



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

(11) BR 112016011399-3 B1



(22) Data do Depósito: 20/12/2013

(45) Data de Concessão: 16/11/2021

(54) Título: DISPOSITIVO E MÉTODO DE COMPUTAÇÃO ÓPTICA

(51) Int.Cl.: G06F 19/00.

(73) Titular(es): HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC..

(72) Inventor(es): NEAL G. SKINNER.

(86) Pedido PCT: PCT US2013077017 de 20/12/2013

(87) Publicação PCT: WO 2015/094351 de 25/06/2015

(85) Data do Início da Fase Nacional: 19/05/2016

(57) Resumo: DISPOSITIVO E MÉTODO DE COMPUTAÇÃO ÓPTICA Os dispositivos de computação óptica incluindo uma fonte de luz que emite uma radiação eletromagnética em um trem óptico que se estende a partir da fonte de luz para um detector, uma substância posicionada no trem óptico e configurada para opticamente interagir com a radiação eletromagnética e produzir radiação interagida com a amostra, uma matriz processadora posicionada no trem óptico e incluindo uma pluralidade de ICE posicionados sobre um substrato e configurados para opticamente interagir com a radiação eletromagnética. O detector recebe a radiação eletromagnética modificada gerada através da interação óptica da radiação eletromagnética com a substância e a matriz processadora. Um dispositivo de ponderação é acoplado a um ou mais do ICE para aplicar opticamente um fator de ponderação para a radiação eletromagnética modificada antes de ser recebido pelo detector, em que o detector gera um sinal de saída indicativo de uma característica da substância com base nos feixes de radiação eletromagnética modificada.

“DISPOSITIVO E MÉTODO DE COMPUTAÇÃO ÓPTICA”

FUNDAMENTOS

[001] A presente divulgação refere-se a dispositivos de computação óptica e, mais particularmente, a dispositivos de computação óptica melhorados que utilizam configurações de elementos de processamento óptico utilizadas para fazer medições paralelas de substâncias de amostra.

[002] Dispositivos de computação ópticos, também referidos comumente como "dispositivos ópticos analíticos", podem ser usados para analisar e monitorar uma substância de amostra em tempo real. Tais dispositivos de computação óptica, muitas vezes, empregam uma fonte de luz que emite radiação eletromagnética que reflete a partir de ou é transmitida através da amostra e interage opticamente com um elemento de processamento óptico para determinar valores quantitativos e/ou qualitativos de uma ou mais propriedades físicas ou químicas da substância. O elemento de processamento óptico pode ser, por exemplo, um Elemento Computacional Integrado (ICE). Um ICE pode ser um dispositivo de interferência de película fina óptico, também conhecido como um elemento óptico multivariado (MOE), o qual pode ser concebido para funcionar ao longo de uma série contínua de comprimentos de onda no espectro eletromagnético, desde o intervalo de ultravioleta ao infravermelho médio (MIR), ou qualquer subconjunto dessa região. Radiação eletromagnética que interage opticamente com a substância de amostra é alterada e filtrada pelo ICE de modo a ser medida por um detector, tal que uma saída do detector possa ser correlacionada com a propriedade física ou química da substância sendo analisada.

[003] Em algumas configurações, vários núcleos de ICE podem ser utilizados num dispositivo de computação óptica para detectar uma característica particular ou analito de interesse. As respostas ópticas de cada núcleo de ICE são sequencialmente medidas por um único detector, e um

processador de sinal associado computacionalmente combina as diversas respostas usando software codificado de tal modo que uma combinação linear das respostas é obtida e correlacionada com o analito de interesse. Computacionalmente combinando as respostas pode incluir a determinação de uma média ponderada das várias respostas, a fim de obter a melhor medição do analito de interesse. Uma vez que estas medições e cálculos são realizados sequencialmente, este processo leva tempo.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[004] As seguintes figuras são incluídas para ilustrar determinados aspectos das modalidades, e não devem ser vistas como modalidades exclusivas. A matéria divulgada é capaz de consideráveis modificações, alterações, combinações e equivalentes em forma e função, como ocorrerá àqueles versados na técnica que venham a ter o benefício desta divulgação.

[005] A FIG. 1 ilustra um elemento de computação integrada exemplar, de acordo com uma ou mais modalidades.

[006] A FIG. 2 ilustra um dispositivo de computação óptico exemplar para analisar uma substância, de acordo com uma ou mais modalidades.

[007] A FIG. 3 ilustra outro dispositivo de computação óptica exemplar para analisar uma substância, de acordo com uma ou mais modalidades.

[008] A FIG. 4A ilustra outro dispositivo de computação óptica exemplar para analisar uma substância, de acordo com uma ou mais modalidades.

[009] A FIG. 4B ilustra outro dispositivo de computação óptica exemplar para analisar uma substância, de acordo com uma ou mais modalidades.

[0010] A FIG. 4C ilustra outro dispositivo de computação óptica exemplar para analisar uma substância, de acordo com uma ou mais

modalidades.

[0011] A FIG. 4D ilustra outro dispositivo de computação óptica exemplar para analisar uma substância, de acordo com uma ou mais modalidades.

[0012] A FIG. 4E ilustra outro dispositivo de computação óptica exemplar para analisar uma substância, de acordo com uma ou mais modalidades.

[0013] A FIG. 4F ilustra outro dispositivo de computação óptica exemplar para analisar uma substância, de acordo com uma ou mais modalidades.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0014] A presente divulgação refere-se a dispositivos de computação óptica e, mais particularmente, a dispositivos de computação óptica melhorados que utilizam configurações de elementos de processamento óptico utilizadas para fazer medições paralelas de substâncias de amostra.

[0015] Os sistemas e métodos exemplares descritos neste documento empregam várias configurações de dispositivos ópticos de computação, também comumente referidos como "dispositivos óptico-analíticos," para o monitoramento em tempo real ou quase real de uma substância de amostra. Os dispositivos de computação óptica opticamente aplicam fatores de ponderação para os sinais de resposta provenientes, em oposição à aplicação dos fatores de ponderação digitalmente utilizando um processador de sinal e aplicações de software associadas. Um dispositivo de computação óptica divulgado inclui uma matriz de filtros de interferência de película fina com vários fatores de ponderação aplicados diretamente aos mesmos. A matriz fornece um detector com um sinal óptico modificado já com fatores de ponderação aplicados aos mesmos. Outro dispositivo de computação óptica revelado inclui uma matriz de elementos computacionais integrados (ICE) e uma matriz dinâmica de dispositivos de ponderação que são capazes de alterar

os fatores de ponderação aplicados a cada ICE em tempo real. Como resultado, uma matriz de ICE é capaz de detectar e analisar de outra forma, múltiplos analitos por meio de alterar os fatores de ponderação da matriz de ponderação dinâmica. Assim, o que foi feito anteriormente em operações de pós-processamento que utilizam aplicações de software no processador de sinal podem agora ser feitos em tempo real, modificando dinamicamente uma matriz de ponderação.

[0016] Os dispositivos de computação óptica aqui descritos podem ser adequados para utilização na indústria de petróleo e gás, uma vez que fornecem um meio de baixo custo, robusto e preciso de monitoramento e detecção de substâncias relacionados ao petróleo/gás, tais como hidrocarbonetos, fluidos de perfuração, ou fluidos de completação. Os versados na técnica, no entanto, prontamente reconhecerão que os sistemas e métodos presentemente descritos podem igualmente ser vantajosos e de outro modo aplicáveis a outras áreas de tecnologia, ou indústrias, incluindo, mas não limitado para, a indústria alimentar, a indústria de tintas, a indústria mineira, a indústria agrícola, a indústria médica e farmacêutica, a indústria de automóvel, indústria de cosméticos, instalações de tratamento de água e qualquer outra área onde ele pode ser desejado para monitorar substâncias em tempo real.

[0017] Como usado aqui, o termo "característica" ou "característica de interesse" refere-se a uma propriedade física, mecânica ou química de uma substância ou uma amostra da substância. A característica de uma substância pode incluir um valor quantitativo ou qualitativo de um ou mais constituintes ou compostos químicos presentes nesta ou qualquer propriedade física associada aos mesmos. Tais componentes e compostos químicos podem ser referidos neste documento como "analitos." Características ilustrativas de uma substância que pode ser detectada com os dispositivos de computação óptica descritos aqui descritos podem incluir, por exemplo, composição

química (*por exemplo*, identidade e concentração total ou de componentes individuais), presença de fase (*por exemplo*, gás, óleo, água, etc.), conteúdo de impureza, pH, alcalinidade, viscosidade, densidade, força iônica, sólidos totais dissolvidos, conteúdo de sal (*por exemplo*, salinidade), porosidade, opacidade, conteúdo de bactérias, dureza total, transmitância, suas combinações, estado da matéria (sólido, líquido, gás, emulsões, suas misturas, etc.) e afins.

[0018] Conforme aqui utilizado, o termo "substância", ou variações do mesmo, refere-se a pelo menos uma parte da matéria ou material de interesse a ser testado ou de outra forma avaliado utilizando os dispositivos de computação ópticos aqui descritos. A substância inclui a característica de interesse, como definido acima. A substância pode ser qualquer substância capaz de fluir, inclusive sólidos em partículas, líquidos, gases (*por exemplo*, ar, nitrogênio, dióxido de carbono, argônio, hélio, metano, etano, butano, e outros gases de hidrocarbonetos, sulfureto de hidrogênio, e suas combinações), pastas, emulsões, pós, lamas, vidros, misturas, suas combinações, e pode incluir, mas não está limitado a, fluidos aquosos (*por exemplo*, água, salmouras, etc.), fluidos não aquosos (*por exemplo*, compostos orgânicos, hidrocarbonetos, óleo, um componente refinado de óleo, produtos petroquímicos, e semelhantes), ácidos, surfactantes, biocidas, alvejantes, inibidores de corrosão, agentes espumantes e de formação de espuma, disjuntores, sequestrantes, estabilizadores, clarificadores, detergentes, fluidos de tratamento, fluidos de fraturamento, fluidos de formação, ou qualquer fluido, substância química, de campos petrolíferos ou uma substância normalmente encontrada na indústria de petróleo e gás. Em alguns casos, a substância também pode se referir a um material sólido, tal como, mas não limitado a, formações de rocha, concreto, superfícies sólidas de poço de exploração, tubos ou linhas de fluxo, e as superfícies sólidas de qualquer ferramenta ou projétil de furo de poço de exploração (*por exemplo*, bolas,

dardos, tampões, etc.).

[0019] Como usado neste documento, o termo "fluido" refere-se a qualquer substância que é capaz de fluir, incluindo sólidos particulados, líquidos, gases, suspensões, emulsões, pós, lamas, misturas, combinações dos mesmos e semelhantes. Em algumas modalidades, o fluido pode ser um fluido de perfuração ou lama de perfuração, incluindo fluidos de perfuração à base de água, fluidos de perfuração à base de petróleo, fluidos de perfuração sintéticos, e semelhantes. Em outras modalidades, o fluido pode ser um fluido de completação ou fluido de limpeza tal como, mas não se limitando a, água doce, água salgada (*por exemplo*, água contendo um ou mais sais dissolvidos nela), salmoura (*por exemplo*, água salgada saturada, sais de cloreto, sais de brometo, combinações dos mesmos, etc.), água do mar, um fluido espaçador, fluidos básicos ou outros fluidos de tratamento conhecidos na técnica.

[0020] Como usado neste documento, o termo "radiação eletromagnética" se refere a ondas de rádio, radiação de micro-ondas, terahertz, radiação infravermelha e de infravermelho próximo, luz visível, luz ultravioleta, radiação de raios-x e radiação de raios gama.

[0021] Conforme aqui utilizado, o termo "opticamente interagir" ou variações do mesmo refere-se à reflexão, transmissão, espalhamento, difração ou absorção de radiação eletromagnética, quer por, através, ou a partir de um ou mais elementos de processamento (*isto é*, um dispositivo de interferência óptica), uma substância que está sendo analisada pelos elementos de processamento, ou um polarizador. Por conseguinte, luz opticamente interagida se refere à radiação eletromagnética que foi refletida, transmitida, espalhada, difratada, ou absorvida por, emitida ou reirradiada, por exemplo, usando um elemento de processamento, mas pode também aplicar-se à interação óptica com uma substância ou um polarizador.

[0022] Como indicado acima, os dispositivos de computação óptica podem empregar elementos de processamento sob a forma de dispositivos de

interferência óptica. Um dispositivo de interferência óptica que pode ser usado é um elemento computacional integrado (ICE), aqui referido como um "núcleo de ICE". Em operação, um núcleo de ICE é capaz de distinguir a radiação eletromagnética relacionada com uma característica de interesse de uma substância a partir de radiação eletromagnética relacionada a outros componentes da substância.

[0023] Referindo-se à FIG. 1, ilustra um núcleo de ICE exemplar 100 que pode ser utilizado nos sistemas aqui descritos. Como ilustrado, o núcleo ICE 100 pode incluir uma pluralidade de camadas de película fina alternadas 102 e 104, tais como silício (Si) e SiO₂ (quartzo), respectivamente. Em geral, essas camadas 102, 104 consistem em materiais cujo índice de refração é alto e baixo, respectivamente. Outros exemplos de materiais poderiam incluir nióbia e nióbio, germânio e germânia, MgF, SiO e outros materiais de índice alto e baixo conhecidos na técnica. As camadas 102, 104 podem ser estrategicamente depositadas sobre um substrato óptico 106. Em algumas modalidades, o substrato óptico 106 é vidro óptico BK-7. Em outras modalidades, o substrato óptico 106 pode ser outro tipo de substrato óptico, tal como outro vidro óptico, sílica, safira, silício, germânio, seleneto de zinco, sulfeto de zinco ou diversos plásticos, tais como polycarbonato, polimetilmetacrilato (PMMA), cloreto de polivinila (PVC), diamante, cerâmica, combinações dos mesmos e semelhantes.

[0024] Na extremidade oposta (*por exemplo*, do lado oposto do substrato óptico 106 na FIG. 1), o núcleo de ICE 100 pode incluir uma camada 108 que está geralmente exposta ao ambiente do dispositivo ou instalação e pode ser capaz de detectar uma substância de amostra. O número de camadas, 102, 104 e a espessura de cada camada, 102, 104 são determinados a partir dos atributos espectrais adquiridos a partir de uma análise espectroscópica de uma característica da substância sendo analisada pelo uso de um instrumento espectroscópico convencional. O espectro de

interesse de uma dada característica geralmente inclui qualquer número de diferentes comprimentos de onda.

[0025] Deve ser compreendido que o núcleo de ICE 100 representado na FIG. 1 na verdade não representa qualquer núcleo de ICE especial configurado para detectar uma característica específica de uma dada substância, mas é provido somente para fins de ilustração. Consequentemente, a quantidade de camadas 102, 104 e suas espessuras relativas, como mostrado na FIG. 1, não têm correlação com qualquer substância particular ou característica das mesmas. Nem as camadas 102, 104 nem suas espessuras relativas estão necessariamente desenhadas em escala e, portanto, não devem ser consideradas limitantes da presente divulgação.

[0026] Em algumas modalidades, o material de cada camada 102, 104 pode ser dopado ou dois ou mais materiais podem ser combinados de maneira a alcançar a característica óptica desejada. Além de sólidos, o núcleo de ICE 100 exemplar também pode conter líquidos e/ou gases, opcionalmente em combinação com sólidos, a fim de produzir uma característica óptica desejada. No caso de gases e líquidos, o núcleo de ICE 100 pode conter um recipiente correspondente (não mostrado), que armazena os gases ou líquidos. Variações exemplares do núcleo de ICE 100 também podem incluir elementos ópticos holográficos, grades, piezoelétricos, tubo de luz e/ou elementos acústico-ópticos, por exemplo, que podem criar propriedades de interesse de transmissão, reflexão e/ou de absorção.

[0027] As múltiplas camadas 102, 104 podem apresentar diferentes índices de refração. Ao selecionar de forma apropriada os materiais das camadas 102, 104 e sua relativa espessura e espaçamento, o núcleo de ICE 100 pode ser configurado para transmitir ou refletir seletivamente frações predeterminadas de radiação eletromagnética em diferentes comprimentos de onda. A cada comprimento de onda é dado um fator de ponderação ou carga predeterminado. A espessura e o espaçamento das camadas 102, 104 podem

ser determinados usando uma variedade de métodos de aproximação a partir do espectro da característica ou analito de interesse. Esses métodos podem incluir transformada de Fourier inversa (IFT) do espectro de transmissão óptico e estruturação do núcleo de ICE 100 como a representação física da IFT. As aproximações convertem a IFT em uma estrutura baseada em materiais conhecidos com índices de refração constantes.

[0028] As ponderações que as camadas, 102, 104 do núcleo de ICE 100 aplicam em cada comprimento de onda podem ser definidas como as ponderações de regressão descritas em relação a uma equação, dados ou assinatura espectral conhecidos. Por exemplo, quando a radiação eletromagnética interage com uma substância, informações exclusivas físicas e químicas sobre a substância são codificadas na radiação eletromagnética que é refletida a partir de, transmitida através de ou irradiada a partir da substância. Esta informação é muitas vezes referida como a "impressão digital" espectral da substância. O núcleo de ICE 100 pode ser configurado para executar o produto escalar da radiação eletromagnética recebida e a função de transmissão dependente do comprimento de onda do núcleo de ICE 100. A função de transmissão dependente do comprimento de onda do núcleo de ICE 100 depende do índice de refração do material de cada camada, do número de camadas, 102, 104, e das espessuras de cada camada 102, 104.

[0029] Um tipo ou variante de núcleo de ICE 100 é um núcleo de ICE de superfície seletiva de frequência (FSS). O núcleo de ICE de FSS é substancialmente similar ao núcleo de ICE 100 descrito acima, mas em vez de ter uma pilha de camadas de películas finas dielétricas 102, 104, um núcleo de ICE de FSS inclui uma camada única de película fina metálica periodicamente modelada. Após interagir opticamente com a radiação eletromagnética, cada núcleo de ICE de FSS gera uma função de processamento óptico que é dependente do formato da estrutura de FSS, o tipo de metal utilizado para a camada de película fina, e a espessura da

camada de metal.

[0030] Referindo-se agora à FIG. 2, é ilustrado um dispositivo de computação óptica exemplar 200 (adiante designado como "dispositivo 200") que pode ser usado na análise de uma substância 202, de acordo com uma ou mais modalidades. O dispositivo 200 pode ser configurado para determinar uma característica de interesse na substância 202, tais como a concentração de um analito nela presente. Em algumas modalidades, a substância 202 pode estar contida numa câmara de amostragem de fluidos ou semelhantes. Em outras modalidades, a substância 202 pode ser um fluido que corre dentro de uma linha de fluxo, um oleoduto, um poço de exploração, um espaço anular definido dentro de um poço de exploração ou quaisquer linhas de fluxo ou oleodutos que se estendem para/a partir de um poço de exploração. Em ainda outras modalidades, a substância 202 pode ser colocada no interior de qualquer outro meio de contenção ou recipiente de armazenamento conhecido pelos versados na técnica da indústria de petróleo e gás. Por conseguinte, é aqui contemplado que o dispositivo 200 pode ser usado no laboratório, bem como condições ou aplicações de campo, sem se afastar do âmbito da divulgação.

[0031] O dispositivo 200 inclui uma fonte de luz 204 configurada para emitir ou de outro modo gerar radiação eletromagnética 206. A fonte de luz 204 pode ser, por exemplo, uma ampola, um díodo emissor de luz (LED), um laser, um corpo negro, um cristal fotônico, uma fonte de Raios-X, uma fonte supercontínua, suas combinações, ou do género. Em algumas modalidades, um primeiro colimador 208 pode ser configurado para recolher ou de outro modo receber a radiação eletromagnética 206 e direcionar um feixe colimado de radiação eletromagnética 206 em direção à substância 202. Em outras modalidades, o primeiro colimador 208 pode ser omitido do dispositivo 200 e ao invés disso, a radiação eletromagnética 206 pode ser direcionada em direção à substância 202 diretamente a partir da fonte de luz

204.

[0032] Na modalidade ilustrada, a radiação eletromagnética 206 é transmitida através da substância 202 onde ela colide e interage opticamente com a substância 202, incluindo os componentes ou analitos presentes no interior da substância 202. Como resultado, a radiação interagida com a amostra 210 é gerada pela substância 202 e transmitida ainda a jusante no interior do trem óptico. Aqueles versados na técnica facilmente reconhecerão que variações alternativas do dispositivo 200 podem permitir que a radiação interagida com a amostra 210 seja gerada ao ser refletida, espalhada, difratada, absorvida, emitida ou reirradiada por e/ou a partir da substância 202, sem se afastar do escopo da divulgação.

[0033] Em pelo menos uma modalidade, a radiação interagida com a amostra 210 é gerada por uma onda evanescente, que pode ser gerada através de técnicas de amostragem da reflectância total atenuada (ATR) conhecidas pelos versados na técnica. Mais particularmente, as ondas evanescentes são formadas quando as ondas de luz ou feixes que se deslocam num meio (*por exemplo*, um cristal ATR ou semelhantes) sofrem reflexão interna total nos limites do meio porque atingem os limites a um ângulo maior que o ângulo "crítico". Uma onda evanescente é subsequentemente produzida a partir do meio e direcionada para uma amostra (*isto é*, a substância 202), e a interação da onda evanescente com a amostra induz a absorção e permite uma interrogação espectroscópica da amostra.

[0034] Em algumas modalidades, a radiação interagida com a amostra 210 gerada pela interação com a substância 202 pode ser direcionada ou recebida de outra forma por um expensor 212, também conhecido como um "expensor de feixe". O expensor 212 pode ser qualquer dispositivo capaz de expandir o tamanho de um feixe de luz, tais como a radiação interagida com a amostra 210. Um segundo colimador 214 pode ser posicionado no interior do trem óptico para receber e colimar a radiação interagida com a amostra 210 a

partir do expansor 212. O segundo colimador 214 pode ser semelhante ao primeiro colimador 208 discutidos acima e, por conseguinte, configurado para produzir um feixe substancialmente colimado ou paralelo de radiação eletromagnética.

[0035] O segundo colimador 214 pode ser configurado para transmitir a radiação interagida com a amostra 210 para uma matriz processadora 216 posicionada no interior do trem óptico. A matriz processadora 216 pode ser configurada para receber e opticamente interagir com a radiação interagida com a amostra 210. A matriz processadora 216 pode incluir vários núcleos de ICE 218 (mostrados como núcleos de ICE 218a, 218b, ... e 218n) estrategicamente e individualmente posicionados sobre um substrato 220. Cada núcleo de ICE 218a-n pode ser um dispositivo de interferência óptica semelhante ao núcleo de ICE 100 acima descrito com referência à FIG. 1. Em outras modalidades, o núcleo de ICE 218a-n pode ser qualquer outro tipo de dispositivo de interferência óptica, tal como um núcleo de ICE de FSS descrito acima, sem se afastar do âmbito da divulgação.

[0036] O substrato 220 pode ser qualquer substrato óptico, incluindo, mas não se limitando para, vidro óptico BK-7, outros tipos de vidro óptico, quartzo, safira, silício, germânio, seleneto de zinco, sulfureto de zinco, ou diversos plásticos, tais como policarbonato, polimetilmetacrilato (PMMA), policloreto de vinil (PVC), diamante, cerâmica, suas combinações, e semelhantes. Conforme representado, a núcleos de ICE 218a-n são separadamente e individualmente posicionados sobre o substrato 220 em um quadrado de quatro linhas por uma matriz de quatro colunas. Um versado na técnica, no entanto, prontamente observará que os núcleos de ICE 218a-n podem ser posicionados em qualquer padrão ou sequência pré-determinada, sem se afastar do âmbito da divulgação. Além disso, a matriz processadora 216 e substrato associado 220 não necessariamente têm de ser quadrados, mas de igual modo podem ser formados em qualquer formato poligonal (*por*

exemplo, retangular, hexagonal, pentagonal, linear, etc.). Em ainda outras modalidades, a matriz processadora 216 e o substrato 220 podem ser circulares, ovais ou ovóides, sem se afastar do âmbito da divulgação. Além disso, embora certo número de núcleos de ICE 218a-n esteja representado na FIG. 2 como sendo posicionados sobre o substrato 220, os versados na técnica reconhecerão prontamente que mais ou menos núcleos de ICE 218a-n do que aqueles apresentados poderão ser utilizados no dispositivo 200.

[0037] Cada núcleo de ICE 218a-n posicionado sobre o substrato 220 pode ser configurado para detectar uma característica particular da substância 202. Em algumas modalidades, dois ou mais dos núcleos de ICE 218a-n podem ser configurados para detectar a mesma característica de interesse. Em outras modalidades, no entanto, cada um dos núcleos de ICE 218a-n pode ser configurado para detectar uma característica de interesse diferente ou distinta da substância 202.

[0038] Além disso, um ou mais dos núcleos de ICE 218a-n têm a ele associado um fator de ponderação e de outro modo constitui parte integrante do mesmo. O fator de ponderação pode ser aplicado ao núcleo de ICE 218a-n, através da utilização de um dispositivo de ponderação, tal como um filtro de densidade neutra, configurado para reduzir a intensidade da radiação interagida com a amostra 210 por uma quantidade pré-determinada ou específica. Como resultado, o correspondente núcleo de ICE 218a-n vai transmitir uma determinada intensidade normalizada da luz que varia de 0 a 1, em que 0 é uma intensidade mínima de luz que passa através do núcleo de ICE 218a-n, e 1 é a intensidade máxima de luz que passa através do núcleo de ICE 218a-n.

[0039] Em outras modalidades, o dispositivo de ponderação pode ser uma íris óptica, um orifício, uma abertura, ou semelhantes posicionados sobre ou de outra forma associados a um ou mais dos núcleos de ICE 218a-n. Dependendo do desenho e da configuração do dispositivo de ponderação, um

fator de ponderação estático particular é aplicado aos núcleos de ICE 218a-n que alteram o sinal de saída dos correspondentes núcleos de ICE 218a-n a uma característica ou analito de interesse particulares ou predeterminados.

[0040] Em operação, os núcleos de ICE 218a-n recebem cada um e opticamente interagem com a radiação interagida com a amostra 210. Esta interação óptica inclui a interação simultânea com os fatores de ponderação específicos aplicados a cada núcleo de ICE correspondente 218a-n. Os feixes correspondentes de radiação eletromagnética modificada 222 (mostradas como radiação eletromagnética modificada 222a, 222b, ... e 222n) são geradas a partir de cada respectivo núcleo de ICE 218a-n na matriz processadora 216. Cada feixe de radiação eletromagnética modificada 222a-n é radiação eletromagnética que interagiu opticamente com o seu correspondente núcleo de ICE 218a-n (e qualquer fator de ponderação aplicado ao mesmo), pelo que uma aproximação do vetor de regressão correspondente à característica da substância 202 associada ao respectivo núcleo de ICE 218a-n é obtida.

[0041] A radiação eletromagnética modificada 222a-n pode então ser direcionada para um elemento de focagem óptica 224 posicionado no interior do trem óptico. O elemento de focagem óptica 224 pode ser qualquer tipo de elemento óptico capaz de focar a radiação eletromagnética modificada 222a-n em direção a um ponto. Por exemplo, o elemento de focagem óptica 224 pode ser semelhante ao expensor 212, exceto utilizado no sentido inverso para reduzir o tamanho de um feixe de luz. O elemento da focagem óptica 224 concentra os feixes de radiação eletromagnética modificada 222a-n em direção a um detector 226 para integrar as várias respostas ópticas de núcleos de ICE 218a-n. O detector 226 pode ser qualquer dispositivo capaz de detectar a radiação eletromagnética, e pode ser geralmente caracterizado como um transdutor óptico. Em algumas modalidades, o detector 226 pode ser, mas não limitado a, um detector térmico, como um detector de termopilha ou fotoacústico, um detector semiconductor, um detector piezoelétrico, um

detector de dispositivo acoplado a carga (CCD), um detector de vídeo ou arranjo, um detector de divisão (*split*), um detector de fótons (tal como um tubo fotomultiplicador), fotodiodos, combinações dos mesmos, semelhantes ou outros detectores conhecidos por aqueles versados na técnica.

[0042] O detector 226 pode ser configurado para produzir um sinal de saída 228 em tempo real ou quase real na forma de uma voltagem (ou corrente) que corresponde à característica de interesse particular na substância 202. A voltagem retornada pelo detector 226 é essencialmente o produto escalar da interação óptica da radiação interagida com a amostra 210 com os respectivos núcleos de ICE 218a-n como uma função da magnitude da característica de interesse da substância 202, tal como concentração. Como tal, o sinal de saída 228 produzido pelo detector 226 e a concentração da característica pode ser diretamente proporcional. Em outras modalidades, no entanto, a relação pode corresponder a uma função polinomial, uma função exponencial, uma função logarítmica ou uma combinação das mesmas.

[0043] O sinal de saída 228 pode ser transmitido para ou de outra forma recebido por um processador de sinal 230 acoplado de forma comunicativa ao detector 226. O processador de sinal 230 pode ser um computador incluindo um processador e um meio de armazenamento legível por máquina com instruções armazenadas ali, o qual, quando executado pelo processador, faz com que o dispositivo 200 desempenhe um número de operações, como determinar uma característica de interesse da substância 202. Por exemplo, a concentração da característica detectada com o dispositivo 200 pode ser alimentada em um algoritmo operado pelo processador de sinal 230. O algoritmo pode ser parte de uma rede neural artificial configurada para usar a concentração da característica detectada a fim de avaliar a qualidade total da substância 202.

[0044] Em tempo real ou em tempo quase real, o processador de sinal 230 pode ser configurado para fornecer um sinal de saída resultante 232

correspondendo à característica de interesse na substância 202 como medido cooperativamente pelos vários núcleos de ICE 218a-n. De um modo vantajoso, já que os fatores de ponderação já são aplicados aos núcleos de ICE 218a-n, o detector 226 recebe automaticamente a média ponderada da radiação eletromagnética modificada 222a-n e o sinal de saída 228 por estas geradas é indicativo da mesma. Conforme resultado, o processador de sinal 230 não é necessário para aplicar digitalmente vários fatores de ponderação para os sinais provenientes de cada núcleo de ICE 218a-n e de outra forma considerar os fatores de ponderação ao computar e gerar o sinal de saída resultante 232. Em vez disso, os fatores de ponderação são opticamente aplicados ao sinal de saída resultante 232 quando a radiação interagida com a amostra 210 opticamente interagiu com a matriz processadora 216 e os seus fatores de ponderação estáticos associados já aplicados ao mesmo.

[0045] Como explicação adicional, em dispositivos de computação óptica anteriores, uma característica da substância 202 seria identificada através da combinação sequencial das saídas de vários núcleos de ICE no processador de sinal 230. As saídas ópticas a partir de cada um dos núcleos de ICE seriam medidas sequencialmente e uma combinação linear destas saídas conforme geradas pelo processador de sinal 230 seria usada para determinar a característica particular da substância 202. Matematicamente, isto pode ser feito usando a seguinte equação:

$$Saída = \sum_{i=1}^n W_i \int A_i(\lambda) I_i(\lambda) d\lambda \quad \text{Equação (1)}$$

[0046] Em que W_i é um fator de ponderação para ser aplicado digitalmente no processador de sinal 230, $A_i(\lambda)$ é a função de transmissão óptica para cada núcleo de ICE, $I_i(\lambda)$ representa o espectro de transmissão de luz que sai da substância 202, e n é o número de núcleos de ICE utilizados no modelo. Nos métodos computacionais tradicionais, os produtos dos pontos individuais da função de transmissão óptica $A_i(\lambda)$ e o espectro de transmissão $I_i(\lambda)$ são geralmente proporcionais à concentração da característica de

interesse, e fatores de ponderação pré-determinados (W_i) são digitalmente aplicados a cada sinal de saída 228 no processador de sinal 230 para se obter um único sinal de saída resultante 232 correspondente a uma única característica de interesse. Mais particularmente, o software utilizado pelo processador de sinal 230 toma os vários sinais de saída 228 a partir do detector 226 e adicioná-los em conjunto, juntamente com os fatores de ponderação pré-determinados para cada sinal de saída 228. Por conseguinte, o sinal de saída resultante 232 fornece uma representação digital dos fatores de ponderação, tal como aplicado aos sinais de saída 228.

[0047] De acordo com a presente divulgação, no entanto, os fatores de ponderação são aplicados opticamente às respostas ópticas para cada núcleo de ICE 218a-n antes de atingir o detector 226, e criando, assim, uma nova função de filtro (F_i). Definindo a nova função de filtro (F_i) como o fator de ponderação (W_i) multiplicado pela função de transmissão óptica para cada núcleo de ICE (A_i), a Equação (1) acima pode ser reescrita como se segue:

$$\text{Saída} = \sum_{i=1}^n \int F_i(\lambda) I_i(\lambda) d\lambda \quad \text{Equação (2)}$$

[0048] em que os fatores de ponderação W_i e as funções de transmissão óptica $A_i(\lambda)$ para cada núcleo de ICE 218a-n são combinados para se obter a nova função de filtro $F_i(\lambda)$. Como resultado, os fatores de ponderação são aplicados opticamente às respostas ópticas geradas por cada núcleo de ICE 218a-n, em vez de forma digital, através da manipulação de software realizada no processador de sinal 230. Por conseguinte, em vez de ser requerido para medir cada núcleo de ICE 218a-n sequencialmente no tempo, e, subsequentemente, aplicar um fator de ponderação do mesmo digitalmente, a presente divulgação proporciona um meio para medir as respostas ópticas de cada núcleo de ICE 218a-n, em vista de um fator de ponderação predeterminado simultaneamente. Além disso, matematicamente, o detector 226 vê as respostas ao mesmo tempo, e não a tempo. Portanto, o sinal medido pelo detector 226 já inclui todos os fatores de ponderação

aplicados aos mesmos, e o processador de sinal 230 não é, portanto, obrigado a aplicar posteriormente aos fatores de ponderação durante a computação.

[0049] Como será observado, isto irá resultar em menores tempos de amostragem ao usar vários modelos multivariados, por exemplo, redes neurais, associados aos vários núcleos de ICE 218a-n. Mais particularmente, quando os modelos multivariados são usados para determinar as propriedades ou características de uma substância 202 através de múltiplos núcleos de ICE 218a-n, apenas uma medição óptica precisa ser feita uma vez que as medições estão sendo feitas em paralelo e não sequencialmente.

[0050] Os versados na técnica irão observar facilmente que várias configurações do dispositivo 200 podem ser utilizadas, sem se afastar do âmbito da divulgação. Por exemplo, enquanto que a FIG. 2 representa a matriz processadora 216, como recebendo a radiação eletromagnética, tal como transmitida através da substância 202, a matriz processadora 216 pode, igualmente, ser colocada em qualquer ponto ao longo do trem óptico do dispositivo 200. Por exemplo, em uma ou mais modalidades, a matriz processadora 216 pode ser posicionada no interior do trem óptico entre a fonte de luz 204 e a substância 202 e igualmente obter substancialmente os mesmos resultados. Além disso, em outras modalidades, a matriz processadora 216 pode gerar a radiação eletromagnética modificada 222 através de reflexão, em vez de transmissão através do mesmo.

[0051] Em ainda outras modalidades, um ou todos do primeiro e segundo colimador 208, 214, o expensor 212, e o elemento de focagem óptica 224 podem ser omitidos do dispositivo 200 ou de outra forma rearranjados para acomodar o posicionamento da matriz processadora 216 no trem óptico. Por exemplo, em pelo menos uma modalidade, o expensor 212 pode ser providenciado antes para a substância 202 no trem óptico de tal modo que a radiação eletromagnética 206 é expandida antes através da transmissão ou reflexão da substância 202.

[0052] Em ainda outras modalidades, um ou mais filtros espaciais (não mostrados) podem ser posicionados em um ou mais locais por todo o trem óptico, tal como antes da matriz processadora 216. A colocação de um filtro espacial, antes da matriz processadora 216 pode resultar em um feixe de luz com uma irradiância mais uniforme em toda a matriz processadora 216. Em outras modalidades, um filtro espacial pode ser sob a forma de um pequeno orifício ou semelhante e localizado dentro do trem óptico entre a fonte de luz 204 e o primeiro colimador 208. A colocação de um filtro espacial naquele local pode fazer a fonte de luz 204 aparecer mais como uma fonte pontual. Os versados na técnica da óptica compreenderão facilmente as várias configurações alternativas que o dispositivo 200 pode apresentar e de outro modo incorporar, sem se afastar do âmbito da divulgação.

[0053] Referindo-se agora à FIG. 3, é ilustrado é outro dispositivo de computação óptica exemplar 300 (adiante designado como "dispositivo 300") que pode ser usado na análise da substância 202, de acordo com uma ou mais modalidades. O dispositivo 300 pode ser semelhante em alguns aspectos ao dispositivo 200 da FIG. 2, e, portanto, pode ser mais bem entendida em referência às mesmas, onde numerais iguais representam componentes iguais não descritos novamente. Tal como acontece com o dispositivo 200 da FIG. 2, o dispositivo 300 pode ser configurado para determinar uma característica de interesse na substância 202, tais como a concentração de um ou mais analitos nela presente. Ao contrário do dispositivo 200, no entanto, onde a matriz processadora 216 (FIG. 2) era capaz de detectar apenas uma única característica ou analito, o dispositivo 300 pode ser configurado para detectar e analisar de outra forma várias características ou analitos.

[0054] Para conseguir isso, o dispositivo 300 inclui uma matriz de filtro 302 que compreende uma matriz de elemento computacional integrado 304 (adiante designada como "matriz de ICE 304") e uma matriz de ponderação 306 posicionadas adjacentes uma à outra no trem óptico. A matriz

de ICE 304 pode incluir vários núcleos de ICE 308 (mostrados como núcleos de ICE 308a, 308b, ... e 308n) estrategicamente e individualmente posicionados sobre um substrato 310. Semelhante aos núcleos de ICE 218a-n da FIG. 2, cada núcleo de ICE 308a-n na FIG. 3 pode ser um dispositivo de interferência óptica semelhante ao núcleo de ICE 100 acima descrito com referência à FIG. 1. Em outras modalidades, entretanto, os núcleos de ICE 308a-n podem ser qualquer outro tipo de dispositivo óptico, tal como núcleos de ICE de FSS, sem se afastar do âmbito da divulgação. O substrato 310 no qual o núcleo de ICE 308a-n está posicionado pode ser semelhante ao substrato 220 (FIG. 2), e, portanto, não será descrito novamente.

[0055] Semelhante à matriz processadora 216 da FIG. 2, os núcleos de ICE 308a-n na matriz de ICE 304 estão posicionados separadamente no substrato 310 num quadrado com quatro linhas por quatro colunas da matriz, mas podem igualmente ser posicionados em qualquer padrão ou sequência pré-determinada, sem se afastar do âmbito da divulgação. Além disso, a matriz de ICE 304 e o seu substrato associado 310 não necessitam ser quadrados, mas também podem ser formados em qualquer formato poligonal (*por exemplo*, retangular, hexagonal, pentagonal, etc.), ou podem ser circulares, ovais ou ovóides, sem se afastar do âmbito da divulgação. Além disso, embora certo número de núcleos de ICE 308a-n esteja representado na FIG. 3 como sendo posicionados sobre o substrato 310, os versados na técnica novamente reconhecerão prontamente que mais ou menos núcleos de ICE 308a-n do que o número daqueles apresentados poderão ser utilizados no dispositivo 300.

[0056] Cada núcleo de ICE 308a-n posicionado sobre o substrato 310 pode ser configurado para detectar uma característica particular da substância 202. Em algumas modalidades, dois ou mais dos núcleos de ICE 308a-n podem ser configurados para detectar a mesma característica de interesse. Em outras modalidades, no entanto, cada um dos núcleos de ICE 308a-n pode ser

configurado para detectar uma característica de interesse diferente ou distinta da substância 202.

[0057] A matriz de ponderação 306 pode incluir uma pluralidade de dispositivos de ponderação 312 (representados como dispositivos de ponderação 312a, 312b, ... 312n) estrategicamente posicionados sobre um substrato de ponderação 314. Semelhante ao substrato 310, o substrato de ponderação 314 poderá ser semelhante ao substrato 220 (FIG. 2), e, portanto, não será descrito novamente. Os dispositivos de ponderação 312a-n podem ser posicionados separadamente e individualmente sobre o substrato de ponderação 314 de tal modo que cada um se alinha axialmente e opticamente com um correspondente dos núcleos de ICE 308a-n. Por conseguinte, na modalidade ilustrada, os dispositivos de ponderação 312a-n estão posicionados sobre o substrato de ponderação 314 em uma matriz quadrada de quatro polegadas por quatro, de tal modo que o primeiro dispositivo de ponderação 312a é opticamente alinhado com o primeiro núcleo de ICE 308a, o segundo dispositivo de ponderação 312b é opticamente alinhado com o segundo núcleo de ICE 308b, e assim por diante até que o enésimo dispositivo de ponderação 312n seja opticamente alinhado com o enésimo núcleo de ICE 308n.

[0058] Como resultado, o número de núcleos de ICE 308a-n pode geralmente ser o mesmo que o número de dispositivos de ponderação 312a-n. Além disso, quaisquer alterações à configuração estrutural da matriz de ICE 304 podem ser substancialmente imitadas pela matriz de ponderação 306 de tal modo que núcleos de ICE axialmente adjacentes 308a-n e dispositivos de ponderação 312a-n permanecem "acoplados opticamente", o que significa que eles permanecem axialmente e opticamente alinhados dentro do trem óptico enquanto a substância 202 está sendo analisada.

[0059] Embora representadas na FIG. 3 como sendo axialmente deslocados um do outro por uma curta distância, a matriz de ICE 304 e a

matriz de ponderação 306 poderão ser colocadas em qualquer distância de desfasamento uma da outra. Como irá ser observado por aqueles versados na técnica, no entanto, pode revelar-se vantajoso arranjar a matriz de ICE 304 e a matriz de ponderação 306 relativamente próximas uma da outra e de outra forma substancialmente adjacentes uma à outra. Fazendo assim, pode ter o efeito de evitar ou de outra forma mitigar conversas cruzadas de núcleos de ICE 308a-n com os dispositivos de ponderação errados (não axialmente adjacentes) 312a-n. Por conseguinte, a vista explodida da matriz de ICE 304 e da matriz de ponderação 306 é representada apenas para fins ilustrativos e, portanto, não é para ser considerado como limitando o âmbito da divulgação.

[0060] Cada dispositivo de ponderação 312a-n atua como um filtro de densidade neutra de banda larga que tem a ele associado um fator de ponderação predeterminado e particular. Por exemplo, em pelo menos uma modalidade, os dispositivos de ponderação 312a-n podem ser cada um, um filtro de densidade neutra, que apresenta um fator de ponderação em particular configurado para reduzir a intensidade normalizada das respostas ópticas de cada núcleo de ICE 308a-n que varia de 0 a 1, em que 0 é um mínimo de intensidade de luz transmitida, e 1 é a intensidade máxima de luz transmitida. Como resultado, a intensidade da resposta óptica de cada núcleo de ICE 308a-n pode ser reduzida e de outro modo afetada pelo dispositivo de ponderação correspondente 312a-n, resultando assim em uma saída ponderada que é direcionada mais para a característica de interesse.

[0061] Em operação, os núcleos de ICE 308a-n cada um recebe e opticamente interage com a radiação interagida com a amostra 210, e assim produz respostas ópticas 316 (mostradas como respostas ópticas 316a, 316b, ... e 316n) correspondentes. Cada resposta óptica 316a-n pode ser recebida por um correspondente dos dispositivos de ponderação 312a-n posicionados sobre a matriz de ponderação 306. Mais particularmente, a primeira resposta óptica 316a pode ser recebida pelo primeiro dispositivo de ponderação 312a, a

segunda resposta óptica 316b pode ser recebida pelo segundo dispositivo de ponderação 312b, e a enésima resposta óptica 316n pode ser recebida pelo enésimo dispositivo de ponderação 312n. Cada dispositivo de ponderação 312a-n opticamente interage com as respostas ópticas 316a-n e gera os feixes de radiação eletromagnética modificada correspondentes 222a-n.

[0062] Semelhante ao dispositivo 200 da FIG. 2, a radiação eletromagnética modificada 222a-n pode então ser transportada para o detector 226 e o processador de sinal 230 para processamento, gerando assim o sinal de saída resultante 232 correspondendo à característica de interesse da substância 202. Além disso, uma vez que os fatores de ponderação são opticamente aplicados às respostas ópticas 316a-n para cada núcleo de ICE 308a-n antes de atingir o detector 226, o processador de sinal 230 mais uma vez não é necessário para aplicar os fatores de ponderação, subsequentemente, durante a computação. Em vez disso, matematicamente, o detector 226 vê as respostas de radiação eletromagnética modificada ponderadas 222a-n simultaneamente, e não a tempo, pelo que apenas uma medição óptica tem de ser realizada uma vez que as medições estão sendo realizadas em paralelo e não sequencialmente.

[0063] Ao contrário do dispositivo 200 da FIG. 2, no entanto, a matriz de filtros 302 é um componente dinâmico do dispositivo 300. Mais particularmente, a matriz de ponderação 306 pode ser móvel e de outro modo dinamicamente variável a fim de variar os fatores de ponderação de cada dispositivo de ponderação 312a-n em tempo real para a determinada matriz de ICE 304. Como resultado, e com referência novamente às Equações (1) e (2) acima, os fatores de ponderação W_i para as funções de transmissão óptica $A_i(\lambda)$ de cada núcleo de ICE 308a-n pode ser variada, resultando assim em uma nova função de filtro $F_i(\lambda)$ para cada mudança dinâmica aplicada à matriz de ponderação 306. Como será observado, variando dinamicamente a matriz de ponderação 306 pode permitir que o dispositivo 300 detecte várias

características de interesse ou analitos com uma única matriz de ICE 304. Por exemplo, com uma determinada matriz de ponderação 306 tendo dispositivos de ponderação 312a-n que cada um exibe um fator de ponderação particular, a matriz de ICE 304 pode ser configurada para detectar a concentração de um primeiro analito. No entanto, com uma segunda matriz de ponderação 306 tendo dispositivos de ponderação 312a-n que cada um exibe um segundo fator de ponderação diferente do que o primeiro fator de ponderação, a matriz de ICE 304 pode ser configurada para detectar a concentração de um segundo analito. Por conseguinte, os fatores de ponderação podem ser alterados dinamicamente na matriz de ponderação 306, a fim de detectar ou caso contrário analisar qualquer número de características da substância 202.

[0064] Em algumas modalidades, os dispositivos de ponderação 312a-n para a matriz de ponderação 306 poderão ser ou de outra forma incorporar a utilização de íris ópticas ajustáveis tendo uma abertura mecânica. Em operação, cada íris óptica pode ser móvel ou variável em tempo real por um operador, alterando assim o diâmetro de cada abertura mecânica correspondente. Cada íris óptica, por exemplo, pode ser operativamente ligada a um dispositivo de acionamento ou semelhante, em que o dispositivo de acionamento é configurado para manipular o tamanho da abertura mecânica. Como pode ser observado, mudando o tamanho das aberturas mecânicas pode resultar numa mudança correspondente à intensidade de luz que é capaz de passar através de cada dispositivo de ponderação 312a-n, e, assim, controlar a intensidade da radiação eletromagnética modificada 222a-n. Como resultado, uma característica de interesse diferente da substância 202 pode ser detectada usando o dispositivo 300.

[0065] Em outras modalidades, a matriz de ponderação 306 pode ser posicionada sobre um conjunto móvel (não mostrado). O conjunto móvel pode ser uma roda configurada para girar em torno de um eixo central e os dispositivos de ponderação 312a-n podem ser filtros de densidade neutra,

orifícios ou aberturas de um determinado tamanho, apresentando fatores de ponderação correspondentes predeterminados. À medida que o conjunto móvel roda, os dispositivos de ponderação 312a-n são capazes de ser opticamente acoplados com diferentes núcleos de ICE 308a-n, e, assim, opticamente interagir com diferentes respostas ópticas 316a-n. Em pelo menos uma modalidade, o conjunto móvel pode mover-se de forma incremental a matriz de ponderação 306 de tal modo que os dispositivos de ponderação individuais 312a-n são capazes de interagir opticamente com mais do que uma resposta óptica 316a-n, dependendo do ângulo de rotação do conjunto móvel. Como um resultado, várias características diferentes de interesse da substância 202 podem ser detectáveis quando o conjunto móvel rodar.

[0066] Em outras modalidades, a matriz de ponderação 306 poderá ser uma primeira matriz de ponderação posicionada no conjunto móvel (não mostrado), e o conjunto móvel pode incluir pelo menos uma segunda matriz de ponderação ou adicional (não mostrada). O conjunto móvel pode ser configurado para mover seletivamente a primeira e a segunda matriz de ponderação para o trem óptico de tal modo que cada matriz de ponderação pode aplicar um diferente conjunto de fatores de ponderação às respostas ópticas 316a-n dos núcleos de ICE 308a-n. Como resultado, a intensidade de cada resposta óptica 316a-n pode ser seletivamente manipulada e de outra forma alterada, permitindo assim que o dispositivo 300 detecte uma característica de interesse adicional ou diferente da substância 202.

[0067] Nestas modalidades, os dispositivos de ponderação 312a-n de cada matriz de ponderação (*por exemplo*, a primeira e a segunda matriz de ponderação) podem ser filtros de densidade neutra que exibem fatores de ponderação correspondentes predeterminados. Do mesmo modo, nestas modalidades, os dispositivos de ponderação 312a-n de cada matriz de ponderação podem ser orifícios ou aberturas correspondentes de um certo

tamanho que apresenta fatores de ponderação predeterminados correspondentes.

[0068] Nas modalidades em que o conjunto móvel é uma roda rotativa, o conjunto móvel pode ser deslocado de tal modo que as várias matrizes de ponderação (*por exemplo*, a primeira e a segunda matriz de ponderação) são capazes de opticamente interagir com as respostas ópticas 316a-n de núcleos de ICE 308a-n em intervalos pré-selecionados. Em outras modalidades, o conjunto móvel pode ser uma matriz linear ou estrutura que tem as várias matrizes de ponderação (*por exemplo*, a primeira e a segunda matriz de ponderação) posicionadas estrategicamente sobre o mesmo. À medida que a estrutura linear oscila em um caminho linear, as diferentes matrizes de ponderação que estão associados às mesmas são capazes de opticamente interagir com as respostas ópticas 316a-n de núcleos de ICE 308a-n em intervalos pré-selecionados.

[0069] Em outras modalidades, a matriz de ponderação 306 poderá ser geralmente estática dentro do trem óptico, mas os dispositivos de ponderação 312a-n a associada à mesma podem ser filtros sintonizáveis e de outra forma variáveis em tempo real pelo operador. Por exemplo, em pelo menos uma modalidade, os dispositivos de ponderação 312a-n podem ser espelhos de sistemas microeletromecânicos (MEMS). Em outras modalidades, os filtros sintonizáveis podem ser outros filtros opto-elétricos, tal como, mas não limitados para, etalons Fabry-Perot sintonizáveis ou cavidades, filtros ópticos sintonizáveis acústicos ou moduladores de niobato de lítio. Em ainda outras modalidades, os dispositivos de ponderação 312a-n podem ser filtros sintonizáveis de cristal líquido, sem se afastar do âmbito da divulgação. Nestas modalidades, os dispositivos de ponderação sintonizáveis 312a-n podem ser seletivamente sintonizados ou alterados pelo operador de tal forma que um fator de ponderação predeterminado é aplicado a cada dispositivo de ponderação 312a-n, e, assim, controlar a intensidade da radiação

eletromagnética modificada 222a-n recebida pelo detector 226.

[0070] Em algumas modalidades, a matriz de ponderação 306 pode ainda incluir uma matriz de filtros de polarização (não mostrados) acoplados a cada dispositivo de ponderação 312a-n ou de outro modo formando uma parte integrante do mesmo. A polarização dos dispositivos de ponderação individuais 312a-n pode ter orientações diferentes. Como resultado, se um polarizador linear (não mostrado) for rodado, quer na frente ou atrás da matriz de ponderação 306 dentro do trem óptico, a intensidade da radiação eletromagnética modificada 222a-n recebida pelo detector 226 através de cada dispositivo de ponderação 312a-n vai depender da deslocação angular relativa da matriz de ponderação 306 e o polarizador linear. Além disso, como será observado, as duas películas de polarização podem atuar como um filtro de densidade neutra cuja intensidade de transmitância altera-se em relação ao ângulo. Além disso, os filtros baseados em FSS podem ser produzidos com os espectros dependentes de polarização. Por exemplo, um núcleo de ICE de FSS pode ser construído de modo a ser sensível a vários analitos, dependendo do estado de polarização da luz incidente.

[0071] Enquanto a(s) matriz(es) de ponderação dinâmica 306 aqui descrita(s) e ilustrada(s) é/são descrita(s) como sendo opticamente acoplada(s) à matriz de ICE 304, será observado que a matriz de ponderação dinâmica 306 pode ser posicionada em qualquer local ao longo do percurso óptico entre a fonte de luz 204 e o detector 226 e igualmente obter os mesmos resultados. Em algumas modalidades, por exemplo, a matriz de ponderação 306 poderá ser colocada entre a fonte de luz 204 e a substância 202. Em outras modalidades, a matriz de ponderação 306 poderá ser colocada entre a substância 202 e a matriz de ICE 304. Os versados na técnica reconhecerão prontamente as várias diferentes configurações e disposições da matriz de ponderação dinâmica 306 dentro do dispositivo 300, sem se afastar do âmbito da divulgação.

[0072] Em outras modalidades, a matriz de ponderação 306 poderá ser uma primeira matriz de ponderação e o dispositivo 300 pode incluir uma ou mais matrizes de ponderação adicionais (não mostradas). As matrizes de ponderação complementares podem ser posicionadas em qualquer local ao longo do trem óptico (*isto é*, entre a fonte de luz 204 e o detector 226) de modo a manipular ainda mais a intensidade da radiação eletromagnética modificada 222a-n recebida pelo detector 226.

[0073] Referindo-se agora às FIGS. 4A-4F, ilustra-se variações e modalidades alternativas para os vários dispositivos de computação óptica aqui descritos. Tal como numerais usados nas Figuras anteriores representam componentes semelhantes que não serão descritos novamente. Com referência particular à FIG. 4A, é ilustrado é outro dispositivo de computação óptica exemplar 400 (adiante designado como "dispositivo 400") que pode ser usado na análise da substância 202, de acordo com uma ou mais modalidades. O dispositivo 400 pode incluir a matriz processadora 216 da FIG. 2, onde os núcleos de ICE 218a-n são organizados individualmente sobre o substrato 220.

[0074] Os núcleos de ICE 218a-n na matriz processadora 216 da FIG. 4A, no entanto, não têm um fator de ponderação integralmente formada com a mesma, geralmente como descrito acima. Em vez disso, a fonte de luz 204 pode fornecer variados fatores de ponderação para os núcleos de ICE 218a-n. Mais particularmente, a fonte de luz 204 pode incluir vários elementos de fonte de luz individuais 402 (mostrados como elementos de fonte de luz 402a, 402b, ... e 402n) configurados para emitir feixes correspondentes de radiação eletromagnética 404 (mostrada como radiação eletromagnética 404a, 404b, ... e 404n). Cada elemento de fonte de luz 402a-n pode ser opticamente acoplado a um correspondente núcleo de ICE 218a-n. Deste modo, o primeiro elemento de fonte de luz 402a pode ser configurado para proporcionar radiação eletromagnética 404a para o primeiro núcleo de ICE 218a, o segundo

elemento de fonte de luz 402b pode ser configurado para proporcionar radiação eletromagnética 404b para o segundo núcleo de ICE 218b, e o enésimo elemento de fonte de luz 402n pode ser configurado para proporcionar a radiação eletromagnética 404n para o enésimo núcleo de ICE 218n.

[0075] Embora representadas na FIG. 4A como sendo axialmente deslocadas uma da outra por uma curta distância, a fonte de luz 204 e a matriz processadora 216 poderão ser colocadas em qualquer distância de desfasamento uma da outra. Como irá ser observado por aqueles versados na técnica, no entanto, pode revelar-se vantajoso arranjar a fonte de luz 204 e a matriz processadora 216 relativamente próximas uma da outra e de uma outra forma substancialmente adjacentes uma à outra. Fazendo assim, pode evitar ou de outra forma mitigar conversas cruzadas de elementos de fonte de luz 402a-n com os núcleos de gelo errados (não axialmente adjacentes) 218a-n. Por conseguinte, a vista explodida da FIG. 4A é descrita meramente a título ilustrativo e, portanto, não é para ser considerado como limitando o âmbito da divulgação.

[0076] Em operação, a intensidade de cada elemento de fonte de luz 402a-n pode ser ajustada de forma dinâmica ou de outro modo manipulada em tempo real por um operador, a fim de alterar os fatores de ponderação correspondentes de cada núcleo de ICE 218a-n. Como resultado, o operador pode ser capaz de sintonizar seletivamente cada elemento de fonte de luz 402a-n tal que um fator de ponderação predeterminado é aplicado a cada núcleo de ICE 218a-n, e, assim, controlar a intensidade da radiação eletromagnética modificada 222a-n que é posteriormente recebida pelo detector 226.

[0077] Referindo-se à FIG. 4B, é ilustrado é outro dispositivo de computação óptica exemplar 410 (adiante designado como "dispositivo 410") que pode ser usado na análise da substância 202, de acordo com uma ou mais

modalidades. O dispositivo 410 pode incluir a matriz processadora 216 da FIG. 2, em que o núcleo de ICE 218a-n é posicionado individualmente sobre o substrato 220 e os fatores de ponderação correspondentes são aplicados aos mesmos e de outro modo formam uma parte integrante de cada núcleo de ICE 218a-n.

[0078] Ao contrário do dispositivo 200 da FIG. 2, no entanto, o segundo colimador 214 (FIG. 2) pode ser omitido do trem óptico. Em vez disso, a radiação eletromagnética 206 pode ser expandida através do expansor 212 até que a mesma incida sobre o elemento de focagem óptica 224. A interação óptica da radiação eletromagnética 206 com a matriz processadora 216 pode ser realizada como descrito acima com referência à FIG. 2, resultando assim nos vários feixes de radiação eletromagnética modificada 222a-n sendo recebidos pelo detector 226.

[0079] Referindo-se à FIG. 4C, é ilustrado outro dispositivo de computação óptica exemplar 416 (adiante designado como "dispositivo 416") que pode ser usado na análise da substância 202, de acordo com uma ou mais modalidades. O dispositivo 416 pode incluir a matriz de filtros 302 da FIG. 3, que compreende a matriz de ICE 304 e a matriz de ponderação dinâmica 306, como geralmente descrito acima. Além disso, semelhante ao dispositivo 400 da FIG. 4A, a fonte de luz 204 pode incluir vários elementos de fonte de luz individuais 402a-n que emitem feixes correspondentes de radiação eletromagnética 404a-n configurados para opticamente interagir com núcleos de ICE axialmente adjacentes, correspondentes 308a-n.

[0080] Mais particularmente, na modalidade ilustrada, cada elemento de fonte de luz 402a-n pode ser opticamente acoplado a um correspondente núcleo de ICE 308a-n da matriz de ICE 304. Deste modo, o primeiro elemento de fonte de luz 402a pode ser configurado para proporcionar radiação eletromagnética 404a para o primeiro núcleo de ICE 308a, o segundo elemento de fonte de luz 402b pode ser configurado para proporcionar

radiação eletromagnética 404b para o segundo núcleo de ICE 308b, e o enésimo elemento de fonte de luz 402n pode ser configurado para proporcionar radiação eletromagnética 404n para o enésimo núcleo de ICE 308n. No entanto, como discutido acima, será observado que a matriz de ponderação 306 poderá ser providenciada antes da matriz de ICE 304 dentro do trem óptico, tal como se interpondo a fonte de luz 204 e a matriz de ICE 304, sem se afastar do âmbito da divulgação.

[0081] Em operação, cada elemento de fonte de luz 402a-n pode funcionar em conjunto com a matriz de ponderação 306 de tal modo que os vários feixes ponderados de radiação eletromagnética modificada 222a-n, eventualmente, são gerados e fornecidos ao detector 226 para quantificação. Em algumas modalidades, por exemplo, um ou mais dos elementos de fonte de luz 402a-n pode ser configurado para aplicar um fator de ponderação predeterminado no seu correspondente feixe de radiação eletromagnética 404a-n. Em outras modalidades, nenhum fator de ponderação determinável é aplicado através dos elementos de fonte de luz 402a-n. Em vez disso, os fatores de ponderação podem ser aplicados, principalmente, por meio da matriz de ponderação 306, como geralmente descrito acima com referência à FIG. 3.

[0082] Referindo-se à FIG. 4D, é ilustrado é outro dispositivo de computação óptica exemplar 420 (adiante designado como "dispositivo 420") que pode ser usado na análise da substância 202, de acordo com uma ou mais modalidades. O dispositivo 420 pode incluir a matriz de filtros 302 da FIG. 3, e assim compreende a matriz de ICE 304 e a matriz de ponderação dinâmica 306, como geralmente descrito acima. Além disso, semelhante ao dispositivo 410 da FIG. 4B, o segundo colimador 214 (FIG. 2) pode ser omitido do trem óptico no dispositivo 420. Em vez disso, a radiação eletromagnética 206 pode ser expandida através do expansor 212 até que eventualmente incida sobre o elemento de focagem óptica 224. A interação óptica da radiação

eletromagnética 206 com a matriz de filtros 302 pode ser realizada como descrito acima com referência à FIG. 3, resultando assim nos vários feixes de radiação eletromagnética modificada 222a-n que são subsequentemente recebidos pelo detector 226.

[0083] Referindo-se à FIG. 4E, é ilustrado é outro dispositivo de computação óptica exemplar 426 (adiante designado como "dispositivo 426") que pode ser usado na análise da substância 202, de acordo com uma ou mais modalidades. O dispositivo 426 pode incluir a matriz processadora 216 da FIG. 2, onde os núcleos de ICE 218a-n são organizados individualmente sobre o substrato 220. Os núcleos de ICE 218a-n na matriz processadora 216 da FIG. 4E, no entanto, não têm um fator de ponderação integralmente formada com a mesma, geralmente como descrito acima.

[0084] Tal como ilustrado, o detector 226 no dispositivo 426 pode incluir uma pluralidade de detectores 428 (mostrados como detectores 428a, 428b, ... e 428n) posicionados para receber os feixes correspondentes de radiação eletromagnética modificada 222a-n gerada pela matriz processadora 216. Mais particularmente, na modalidade ilustrada, cada um dos detectores 428a-n pode ser acoplado opticamente a um feixe correspondente de radiação eletromagnética modificada 222a-n. Por conseguinte, o primeiro detector 428a pode ser configurado para receber o primeiro feixe de radiação eletromagnética modificada 222a, o segundo detector 428b pode ser configurado para receber o segundo feixe de radiação eletromagnética modificada 222b, e o enésimo detector 428n pode ser configurado para receber o enésimo feixe de radiação eletromagnética modificada 222n.

[0085] Em operação exemplificativa, cada um dos detectores 428a-n pode ser configurado para aplicar de forma digital um fator de ponderação correspondente ao seu feixe correspondente de radiação eletromagnética modificada 222a-n. Os sinais de saída resultantes gerados por cada um dos detectores 428a-n podem então ser computacionalmente combinados de tal

forma que a média ponderada é determinada, e a média ponderada pode ser indicativa da característica de interesse da substância 202 que está sendo analisada.

[0086] Referindo-se à FIG. 4F, é ilustrado é outro dispositivo de computação óptica exemplar 432 (adiante designado como "dispositivo 432") que pode ser usado na análise da substância 202, de acordo com uma ou mais modalidades. Semelhante ao dispositivo 400 da FIG. 4A, o dispositivo 432 pode incluir a matriz processadora 216 da FIG. 2, em que o núcleo de ICE 218a-n é posicionado individualmente sobre o substrato 220 e não têm um fator de ponderação com ela formada integralmente. Em vez disso, a fonte de luz 204 inclui os diversos elementos de fontes de luz individuais 402a-n configurados para emitir feixes correspondentes de radiação eletromagnética 404a-n. Como resultado, o primeiro elemento de fonte de luz 402a pode ser configurado para proporcionar radiação eletromagnética 404a para o primeiro núcleo de ICE 218a, o segundo elemento de fonte de luz 402b pode ser configurado para proporcionar radiação eletromagnética 404b para o segundo núcleo de ICE 218b, e o enésimo elemento de fonte de luz 402n pode ser configurado para proporcionar radiação eletromagnética 404n para o enésimo núcleo de ICE 218n. Além disso, semelhante ao dispositivo 432 da FIG. 4F, o detector 226 no dispositivo 426 inclui uma pluralidade de detectores 428a-n arranjados para receber os feixes correspondentes de radiação eletromagnética modificada 222a-n.

[0087] Em operação exemplificativa, a interação óptica da radiação eletromagnética 404a-n com os correspondentes núcleos de ICE 218a-n e a substância 202 resulta na geração dos feixes correspondentes de radiação eletromagnética modificada 222a-n para ser recebida pelos detectores opticamente acoplados 428a-n. Em algumas modalidades, os fatores de ponderação para cada núcleo de ICE 218a-n podem ser aplicados para a radiação eletromagnética modificada 222a-n, ajustando dinamicamente a

intensidade de cada elemento de fonte de luz 402a-n. Como resultado, o operador pode ser capaz de sintonizar seletivamente cada elemento de fonte de luz 402a-n tal que um fator de ponderação predeterminado é aplicado a cada núcleo de ICE 218a-n, e, assim, controlar a intensidade da radiação eletromagnética modificada 222a-n que é posteriormente recebida pelo detector 226.

[0088] Em outras modalidades, os fatores de ponderação para cada núcleo de ICE 218a-n podem ser aplicados para a radiação eletromagnética modificada 222a-n digitalmente em cada detector correspondente 428a-n. Os sinais de saída resultantes gerados por cada um dos detectores 428a-n podem então ser computacionalmente combinados de tal forma que a média ponderada é determinada, e a média ponderada pode ser indicativa da característica de interesse da substância 202 que está sendo analisada.

[0089] Em ainda outras modalidades, uma combinação de ajustar dinamicamente a intensidade de cada elemento de fonte de luz 402a-n e aplicando digitalmente os fatores de ponderação nos detectores 428a-n podem ser utilizados para aplicar corretamente fatores de ponderação para cada núcleo de ICE 218a-n para a radiação eletromagnética modificada 222a-n. Os versados na técnica compreenderão facilmente as várias configurações alternativas que o dispositivo 432 pode assumir, sem se afastar do âmbito da divulgação. Por exemplo, em pelo menos uma modalidade, a matriz processadora 216 pode, alternativamente, interpor a substância 202 e os detectores 428a-n.

[0090] Como usado neste documento, o termo "percurso de fluxo" refere-se a uma rota através da qual um fluido é capaz de ser transportado entre pelo menos dois pontos. Em alguns casos, o percurso de fluxo não precisa ser contínuo ou contíguo entre os dois pontos. Exemplos de percursos de fluxo incluem, mas não são limitados a, uma linha de fluxo, um oleoduto, tubulação de produção, coluna de perfuração, coluna de trabalho, tubo de

revestimento, um furo de poço, um espaço anular definido entre um furo de poço e qualquer tubo arranjado dentro do furo de poço, um tanque de lama, uma formação subterrânea, etc., combinações dos mesmos ou semelhantes. Deve ser notado que o termo "percurso de fluxo" não implica necessariamente que um fluido flua no mesmo, e sim que um fluido é capaz de ser transportado ou então fluível através do mesmo.

[0091] As modalidades divulgadas neste documento incluem:

A. Um dispositivo de computação óptica que inclui uma fonte de luz que emite radiação eletromagnética em um trem óptico que se estende desde a fonte de luz para um detector, uma substância posicionada no trem óptico e configurada para interagir opticamente com a radiação eletromagnética e produzir a radiação interagida com a amostra, uma matriz processadora posicionado no trem óptico e incluindo uma pluralidade de elementos computacionais integrados (ICE) posicionados em um substrato e configurados para opticamente interagirem com a radiação eletromagnética, no qual o detector recebe uma pluralidade de feixes de radiação eletromagnética modificada gerada por meio da interação óptica da radiação eletromagnética com a substância e a matriz processadora, e um dispositivo de ponderação acoplado a um ou mais da pluralidade de ICE para opticamente aplicar um fator de ponderação para a pluralidade de feixes de radiação eletromagnética modificada, antes de ser recebida pelo detector, no qual o detector gera um sinal de saída indicativo de uma característica da substância com base na pluralidade de feixes de radiação eletromagnética modificada.

B. Um método que inclui a geração de radiação eletromagnética com uma fonte de luz, a radiação eletromagnética sendo emitida em um óptico trem que se estende da fonte de luz para um detector, opticamente interagindo uma substância arranjada no trem óptico com a radiação eletromagnética, opticamente interagindo uma matriz processadora arranjada no trem óptico com a radiação eletromagnética, a matriz

processadora, incluindo uma pluralidade de elementos computacionais integrados (ICE), arrançados em um substrato, gerando uma pluralidade de feixes de radiação eletromagnética modificada através da interação óptica da radiação eletromagnética com a substância e a matriz processadora, para opticamente aplicar um fator de ponderação correspondente a cada feixe de radiação eletromagnética modificada com um dispositivo de ponderação acoplado a um ou mais da pluralidade de ICE, no qual o dispositivo de ponderação faz parte integrante do um ou mais da pluralidade de ICE, e recebendo a pluralidade de feixes de radiação eletromagnética modificada com o detector e gerando um sinal de saída indicativo de uma característica da substância com o detector com base na pluralidade de feixes de radiação eletromagnética modificada.

[0092] Cada uma das modalidades A e B pode ter um ou mais dos seguintes elementos adicionais em qualquer combinação: Elemento 1: compreendendo ainda um primeiro colimador posicionado entre a substância e a fonte de luz e configurado para receber a radiação eletromagnética e direcionar um feixe colimado da radiação eletromagnética na direção da substância, um expensor posicionado entre a substância e a matriz processadora, um segundo colimador posicionado entre o expensor e a matriz processadora, e um elemento de focagem óptica posicionado entre a matriz processadora e o detector, o elemento de focagem óptica sendo configurado para focar a pluralidade de feixes de radiação eletromagnética modificada na direção do detector para detecção. Elemento 2: em que a radiação eletromagnética é, pelo menos, uma das transmitida através e refletida da substância. Elemento 3: em que a radiação interagida com a amostra é gerada por uma onda evanescente. Elemento 4: em que um ou mais da pluralidade de ICE é um núcleo de ICE de superfície seletiva de frequência. Elemento 5: em que o dispositivo de ponderação é parte integrante de um ou mais da pluralidade de ICE. Elemento 6: em que o dispositivo de ponderação

compreende, pelo menos, um de um filtro de densidade neutra, uma íris óptica, e uma abertura de orifício. Elemento 7: compreendendo ainda um processador de sinal configurado para receber o sinal de saída do detector e determinar as características da substância, o processador de sinal incluindo um processador e um meio de armazenamento legível por computador tendo instruções armazenadas no mesmo, o qual, quando executado pelo processador, faz com que o processador de sinais determine a característica da substância. Elemento 8: em que a matriz processadora é configurada para receber a radiação interagida com amostra e gerar a pluralidade de feixes de radiação eletromagnética modificada. Elemento 9: em que a fonte de luz compreende uma pluralidade de elementos de fonte de luz. Elemento 10: em que um expensor está posicionado entre a fonte de luz e a substância. Elemento 11: compreendendo ainda um filtro espacial posicionado no trem óptico antes da matriz processadora.

[0093] Elemento 12: compreendendo ainda a colimação da radiação eletromagnética com um colimador posicionado entre a fonte de luz e a matriz processadora, e a focagem da pluralidade de feixes de radiação eletromagnética modificada para o detector com um elemento de focagem óptica posicionado entre a matriz processadora e o detector. Elemento 13: em que a interação óptica da substância com a radiação eletromagnética compreende pelo menos um da transmissão de radiação eletromagnética através da substância e a reflexão da radiação eletromagnética fora da substância. Elemento 14: em que o dispositivo de ponderação compreende, pelo menos, um de um filtro de densidade neutra, uma íris óptica, e uma abertura de orifício. Elemento 15: compreendendo ainda a recepção do sinal de saída do detector com um processador de sinal, o processador de sinal incluindo um processador e um meio de armazenamento legível por computador tendo instruções armazenadas no mesmo, o qual, quando executado pelo processador, faz com que o processador de sinais determine a

característica da substância e determine a característica da substância com o processador de sinal. Elemento 16: compreendendo ainda a geração da radiação interagida com a amostra com a substância ao interagir opticamente com a radiação eletromagnética, recebendo a radiação interagida com a amostra com a matriz processadora, e gerando a pluralidade de feixes de radiação eletromagnética modificada com a matriz processadora. Elemento 17: em que a geração da radiação interagida com a amostra com a substância compreende a geração da radiação interagida com a amostra a partir de uma onda evanescente. Elemento 18: em que a fonte de luz compreende uma pluralidade de elementos de fonte de luz, e em que a geração de radiação eletromagnética com a fonte de luz compreende a geração de uma pluralidade correspondente de feixes de radiação eletromagnética com a pluralidade de elementos de fonte de luz. Elemento 19: compreendendo ainda a expansão da radiação eletromagnética com um expensor posicionado entre a fonte de luz e a substância. Elemento 20: compreendendo ainda a geração de um feixe de radiação eletromagnética com irradiação uniforme em toda a matriz processadora com um filtro espacial posicionado no trem óptico antes da matriz processadora.

[0094] Assim, a presente invenção é devidamente adaptada para corresponder às finalidades e vantagens mencionadas, bem como aquelas que são inerentes à mesma. As modalidades particulares divulgadas acima são meramente ilustrativas, uma vez que a presente invenção pode ser modificada e praticada de maneiras diferentes, porém equivalentes, evidentes àqueles versados na técnica que tiverem o benefício dos ensinamentos neste documento. Além disso, nenhuma limitação aos detalhes de construção ou projeto mostrados neste documento é pretendida, além das descritas nas reivindicações abaixo. Assim, é evidente que as modalidades ilustrativas específicas divulgadas acima podem ser alteradas, combinadas ou modificadas e que todas essas variações são consideradas parte do escopo e

do espírito da presente invenção. A invenção ilustrativamente divulgada neste documento devidamente pode ser praticada na ausência de qualquer elemento que não é especificamente divulgado neste documento e/ou qualquer elemento opcional divulgado neste documento. Embora composições e métodos sejam descritos em termos de “compreendendo”, “contendo” ou “incluindo” vários componentes ou etapas, as composições e os métodos também podem “consistir essencialmente em” ou “consistir em” vários componentes e etapas. Todos os números e faixas divulgados acima podem variar em alguma quantidade. Sempre que uma faixa numérica com um limite inferior e um limite superior for divulgada, qualquer número e qualquer faixa incluída que fique dentro da faixa é especificamente divulgado. Em particular, todas as faixas de valores (da forma, “de cerca de a a cerca de b”, ou, equivalentemente, “de aproximadamente a a b” ou, equivalentemente, “de aproximadamente a-b”) divulgadas neste documento serão compreendidas como estabelecendo todo número e faixas abrangidos dentro da faixa mais ampla de valores. Além disso, os termos nas reivindicações têm seu significado claro e comum, a menos que definido de outra forma explicitamente e claramente pelo titular da patente. Além disso, os artigos indefinidos “um/uma” ou “uns/umas”, como usados nas reivindicações, são definidos neste documento de modo que se refiram a um ou mais dos elementos que introduzem.

REIVINDICAÇÕES

1. Dispositivo de computação óptica, compreendendo:

uma fonte de luz (204) que emite uma radiação eletromagnética em um trem óptico que se estende a partir da fonte de luz (204) para um detector (226), em que a radiação eletromagnética interage opticamente com uma substância (202) posicionada no trem óptico para produzir radiação interagida com a amostra (210);

caracterizado pelo fato de que compreende uma matriz processadora (216) arranjada no trem óptico e incluindo uma pluralidade de elementos computacionais integrados (ICE) arranjos sobre um substrato comum para interagir opticamente com a radiação eletromagnética e gerar uma pluralidade correspondente de feixes de radiação eletromagnética modificada (222a-n), em que um ou mais da pluralidade de ICE compreende camadas alternadas de filme fino de materiais cujo índice de refração é alto e baixo, respectivamente, e em que o detector (226) recebe a pluralidade de feixes de radiação eletromagnética modificada (222a-n); e

uma matriz de ponderação (306) disposta no trem óptico e acoplada opticamente à matriz processadora (216), em que a matriz de ponderação (306) inclui um ou mais dispositivos de ponderação (312) opticamente alinhados a um ou mais da pluralidade de ICE para aplicar opticamente um fator de ponderação para a pluralidade de feixes de radiação eletromagnética modificada (222a-n) antes de ser recebido pelo detector (226), e

em que o detector (226) gera um sinal de saída indicativo de uma característica da substância (202) com base na pluralidade de feixes de radiação eletromagnética modificada (222a-n).

2. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda:

um primeiro colimador (208) posicionado entre a substância

(202) e a fonte de luz (204) e configurado para receber a radiação eletromagnética e direcionar um feixe colimado da radiação eletromagnética na direção da substância (202);

um expensor (212) posicionado entre a substância (202) e a matriz processadora (216);

um segundo colimador (214) posicionado entre o expensor (212) e a matriz processadora (216); e

um elemento de focagem óptica (224) posicionado entre a matriz processadora (216) e o detector (226), o elemento de focagem óptica (224) sendo configurado para focar a pluralidade de feixes de radiação eletromagnética modificada (222a-n) para o detector (226) para detecção.

3. Dispositivo de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a radiação eletromagnética é, pelo menos, uma das transmitida através e refletida da substância (202).

4. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a radiação interagida com a amostra (210) é gerada por uma onda evanescente.

5. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que um ou mais da pluralidade de ICE é um núcleo de ICE de superfície seletiva de frequência.

6. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que um ou mais dos dispositivos de ponderação (312) forma uma parte integrante de um ou mais da pluralidade de ICE.

7. Dispositivo de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que pelo menos um dos dispositivos de ponderação (312) compreende, pelo menos, um de um filtro de densidade neutra, uma íris óptica, e uma abertura de orifício.

8. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda um processador de sinal configurado para

receber o sinal de saída do detector (226) e determinar as características da substância (202), o processador de sinal incluindo um processador e um meio de armazenamento legível por computador tendo instruções armazenadas no mesmo, o qual, quando executado pelo processador, faz com que o processador de sinais determine a característica da substância (202).

9. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a matriz processadora (216) é configurada para receber a radiação interagida com amostra (210) e gerar a pluralidade de feixes de radiação eletromagnética modificada (222a-n).

10. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a fonte de luz (204) compreende uma pluralidade de elementos de fonte de luz (204).

11. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que um expensor (212) está posicionado entre a fonte de luz (204) e a substância (202).

12. Dispositivo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda um filtro espacial posicionado no trem óptico antes da matriz processadora (216).

13. Método de computação óptica, caracterizado pelo fato de que compreende:

a geração de radiação eletromagnética com uma fonte de luz (204), a radiação eletromagnética sendo emitida em um trem óptico que se estende a partir da fonte de luz (204) para um detector (226);

a interação óptica de uma substância (202) posicionada no trem óptico com a radiação eletromagnética;

a interação óptica de uma matriz processadora (216) posicionada no trem óptico com a radiação eletromagnética, a matriz processadora (216) incluindo uma pluralidade de elementos computacionais integrados (ICE) posicionados sobre um substrato comum, em que um ou

mais da pluralidade de ICE compreende camadas alternadas de filme fino de materiais cujo índice de refração é alto e baixo, respectivamente;

a geração de uma pluralidade de feixes de radiação eletromagnética modificada (222a-n) através da interação óptica da radiação eletromagnética com a substância (202) e a matriz processadora (216), em que cada ICE gera um correspondente dos feixes de radiação eletromagnética modificada (222a-n);

a aplicação óptica de um fator de ponderação para cada feixe de radiação eletromagnética modificada com uma matriz de ponderação (306) disposta no trem óptico e acoplada opticamente à matriz de processador, em que a matriz de ponderação (306) inclui um ou mais dispositivos de ponderação (312) opticamente alinhados a um ou mais da pluralidade de ICE; e

a recepção da pluralidade de feixes de radiação eletromagnética modificada (222a-n) com o detector (226) e a geração de um sinal de saída indicativo de uma característica da substância (202) com o detector (226) com base na pluralidade de feixes de radiação eletromagnética modificada (222a-n).

14. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

a colimação da radiação eletromagnética com um colimador posicionado entre a fonte de luz (204) e a matriz processadora (216); e

a focagem da pluralidade de feixes de radiação eletromagnética modificada (222a-n) para o detector (226) com um elemento de focagem óptica (224) posicionado entre a matriz processadora (216) e o detector (226).

15. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a interação óptica da substância (202) com a radiação eletromagnética compreende pelo menos um da transmissão de radiação

eletromagnética através da substância (202) e a reflexão da radiação eletromagnética da substância (202).

16. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a aplicação óptica do fator de ponderação correspondente a cada feixe de radiação eletromagnética modificada com a matriz de ponderação (306) compreende aplicar opticamente o fator de ponderação correspondente a cada feixe de radiação eletromagnética modificada com o um ou mais dispositivos de ponderação (312) que compreende, pelo menos, um de um filtro de densidade neutra, uma íris óptica, e uma abertura de orifício.

17. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

a recepção do sinal de saída do detector (226) com um processador de sinal, o processador de sinal incluindo um processador e um meio de armazenamento legível por computador tendo instruções armazenadas no mesmo, o qual, quando executado pelo processador, faz com que o processador de sinais determine a característica da substância (202); e

a determinação da característica da substância (202) com o processador de sinal.

18. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

a geração da radiação interagida com a amostra (210) com a substância (202) ao interagir opticamente com a radiação eletromagnética;

a recepção da radiação interagida com a amostra (210) com a matriz processadora (216); e

a geração da pluralidade de feixes de radiação eletromagnética modificada (222a-n) com a matriz processadora (216).

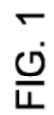
19. Método de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de que a geração da radiação interagida com a amostra (210) com a

substância (202) compreende a geração da radiação interagida com a amostra (210) a partir de uma onda evanescente.

20. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que a fonte de luz (204) compreende uma pluralidade de elementos de fonte de luz (204), e em que a geração de radiação eletromagnética com a fonte de luz (204) compreende a geração de uma pluralidade correspondente de feixes de radiação eletromagnética com a pluralidade de elementos de fonte de luz (204).

21. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que compreende ainda a expansão da radiação eletromagnética com um expensor (212) posicionado entre a fonte de luz (204) e a substância (202).

22. Método de acordo com a reivindicação 13, caracterizado pelo fato de que compreende ainda a geração de um feixe de radiação eletromagnética com irradiação uniforme em toda a matriz processadora (216) com um filtro espacial posicionado no trem óptico antes da matriz processadora.



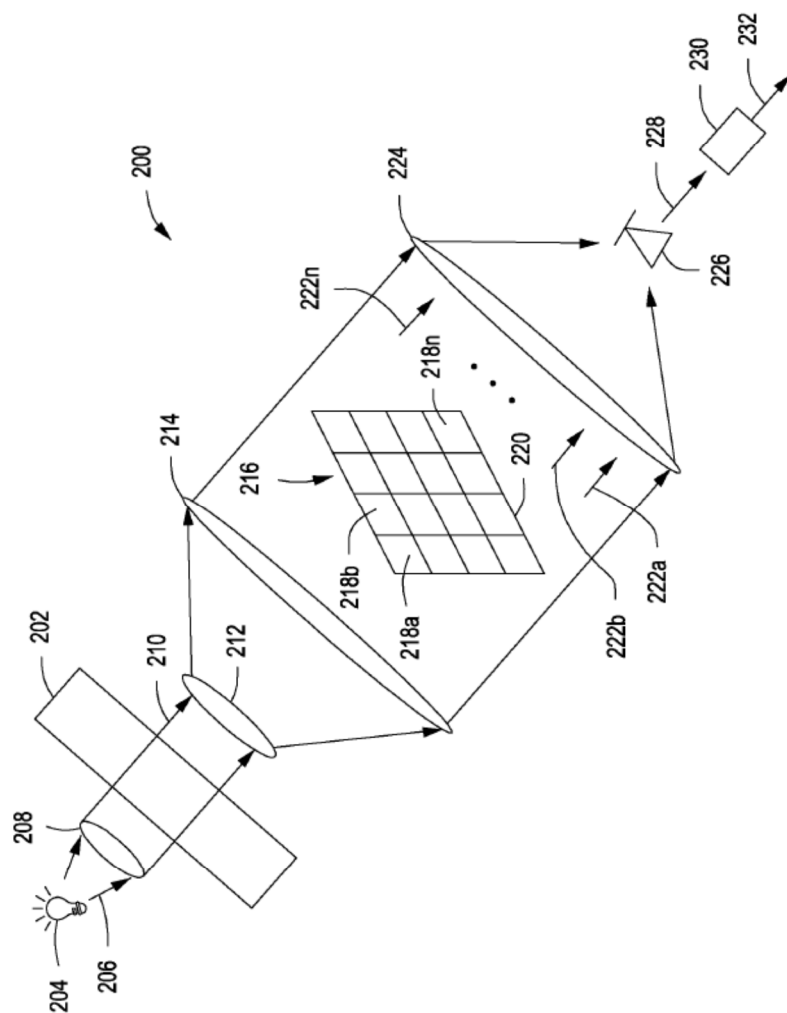


FIG. 2

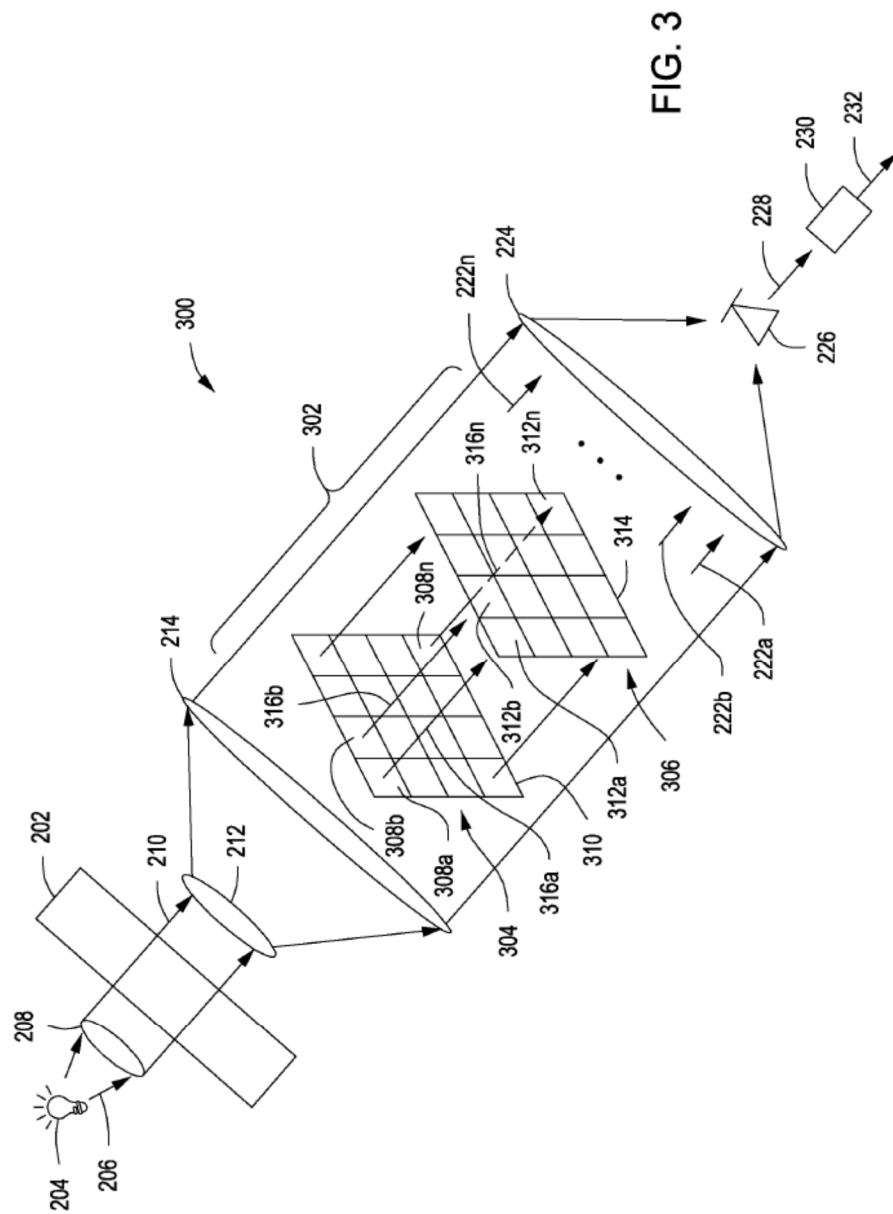


FIG. 3

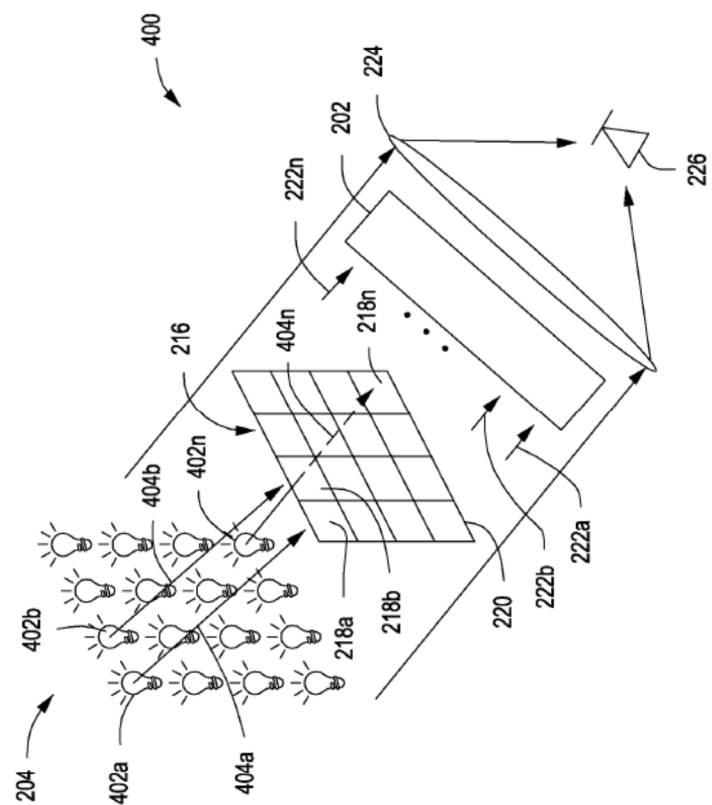


FIG. 4A

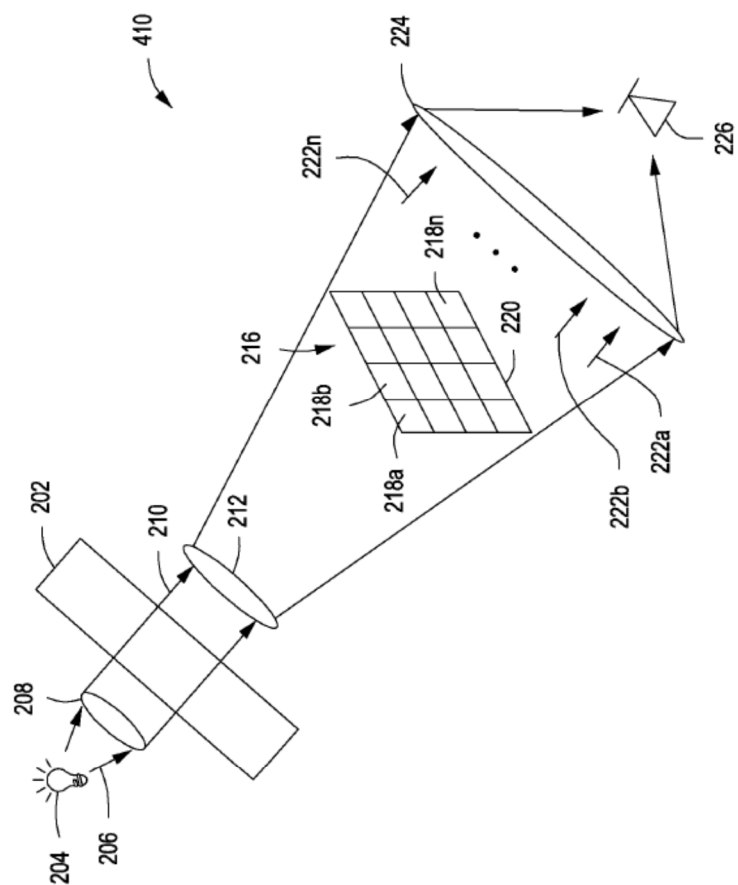


FIG. 4B

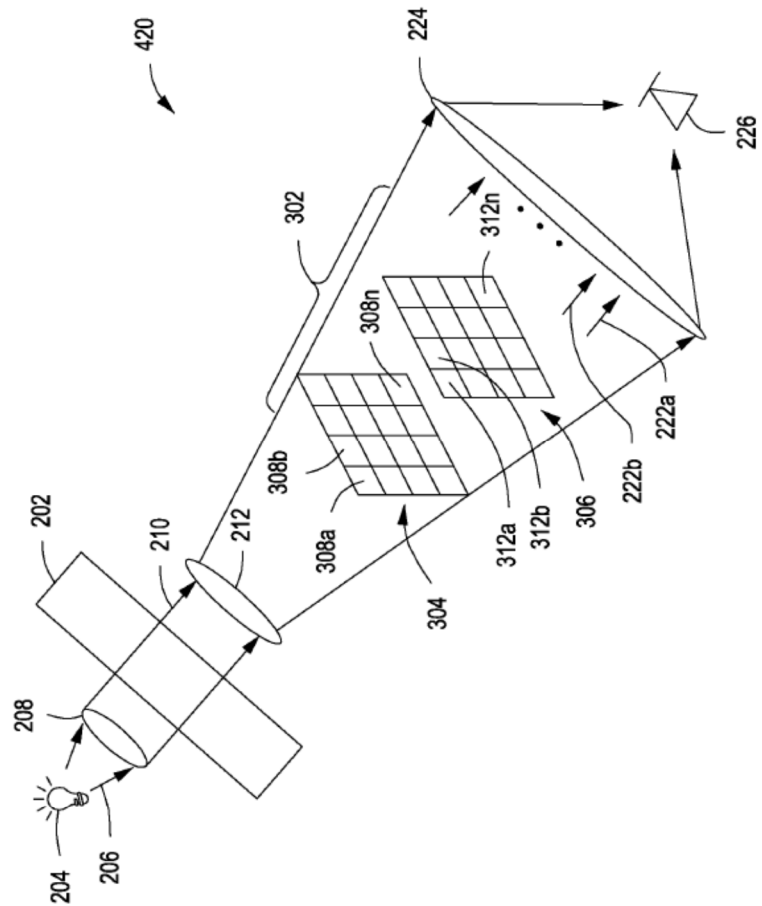


FIG. 4D

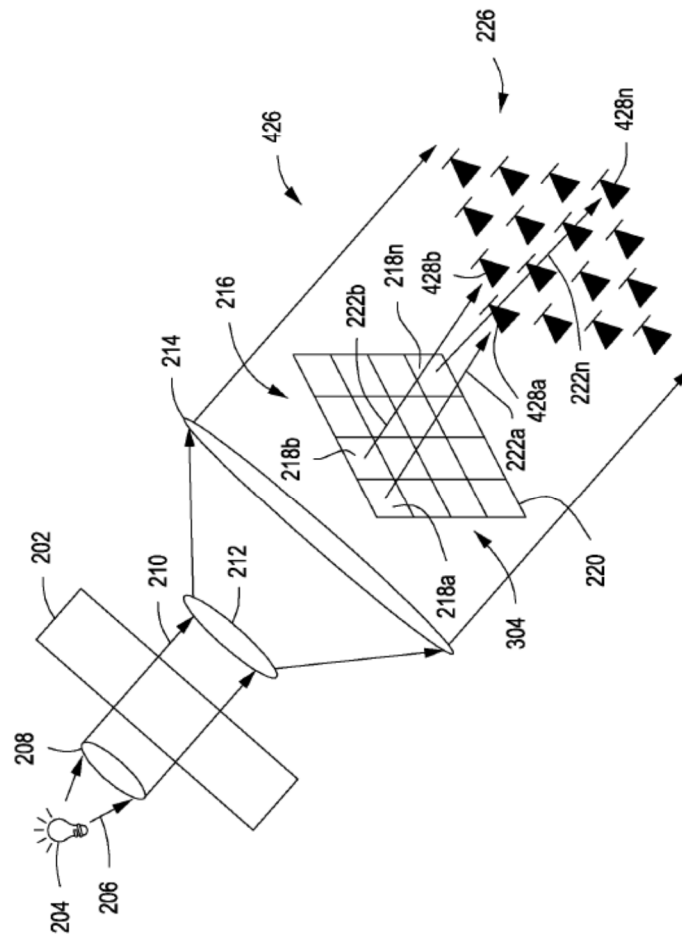


FIG. 4E

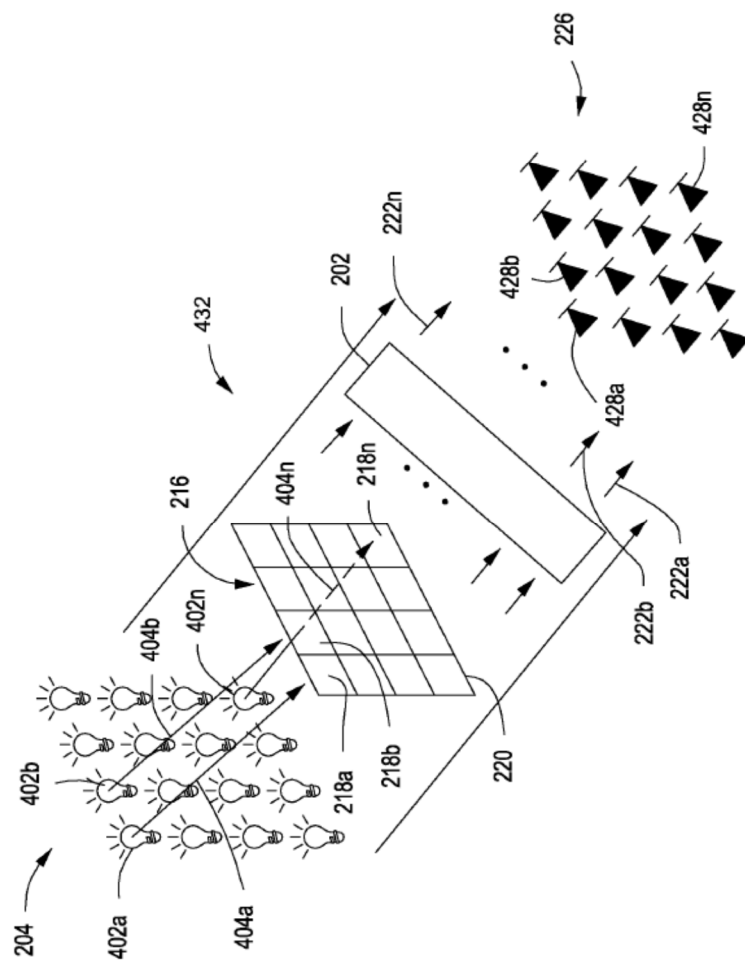


FIG. 4F