



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

**(11) BR 112018003194-1 B1**



**(22) Data do Depósito:** 21/07/2016

**(45) Data de Concessão:** 16/11/2022

**(54) Título:** SISTEMA E MÉTODO PARA ESTENDER A RESPOSTA ESPECTRAL DE QUASE INFRAVERMELHO PARA SISTEMAS DE CRIAÇÃO DE IMAGEM

**(51) Int.Cl.:** H01L 27/146.

**(30) Prioridade Unionista:** 21/08/2015 US 14/832,290.

**(73) Titular(es):** QUALCOMM INCORPORATED.

**(72) Inventor(es):** BIAY-CHENG HSEIH; SERGIU RADU GOMA.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2016043307 de 21/07/2016

**(87) Publicação PCT:** WO 2017/034712 de 02/03/2017

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 19/02/2018

**(57) Resumo:** SISTEMA E MÉTODO PARA ESTENDER A RESPOSTA ESPECTRAL DE QUASE INFRAVERMELHO PARA SISTEMAS DE CRIAÇÃO DE IMAGEM. Uma inovação inclui um sensor de IR (400) possuindo um conjunto de pixels de sensor (401a-d) para converter luz em corrente, cada pixel de sensor do conjunto incluindo uma região de fotodetector (404, 412), uma lente (402) configurada para focar a luz para dentro da região de fotodetector, a lente adjacente à região de fotodetector de modo que a luz se propague através da lente e pra dentro da região de fotodetector, e um substrato (421) disposto com a região de fotodetector entre o substrato e a lente, o substrato possuindo um ou mais transistores (410) formados aqui. O sensor também inclui as estruturas refletoras (408) posicionadas entre pelo menos uma parte do substrato e pelo menos uma parte da região de fotodetector e de modo que pelo menos uma parte da região de fotodetector esteja entre uma ou mais estruturas refletoras e a lente, as uma ou mais estruturas refletoras configuradas para refletir a luz que passou através de pelo menos uma parte da região de fotodetector para dentro da região de fotodetector.

"SISTEMA E MÉTODO PARA ESTENDER A RESPOSTA ESPECTRAL DE QUASE INFRAVERMELHO PARA SISTEMAS DE CRIAÇÃO DE IMAGEM"

Campo

[001] Essa descrição refere-se, geralmente, ao fornecimento de uma resposta espectral aperfeiçoada ou estendida para luz ou sinais quase infravermelhos em dispositivos de captura fotográfica e/ou de captura de outra imagem. Mais especificamente, essa descrição refere-se ao aperfeiçoamento ou extensão das capacidades de um fotodetector ou fotodiodo em detectar ou receber uma luz ou sinal quase de infravermelho em um sensor de imagem.

Descrição da Técnica Relacionada

[002] Várias configurações do equipamento de criação de imagem podem utilizar luz ou sinais de comprimento de onda de infravermelho (NIR) ou maiores para uma variedade de finalidades. Por exemplo, interfaces homem-máquina (HMI) podem utilizar luz ou sinais NIR ou IR para comunicar movimento ou outros comandos, por exemplo, controle de gestos. Os sistemas de "visão" de máquina podem utilizar luz de comprimento de onda NIR ou maior, permitindo que uma máquina ou computador "veja" ou, de outra forma, visualize opticamente uma cena ou evento. Em muitos casos, um ou mais sensores NIR podem perceber os sinais NIR, por exemplo, um sensor iluminado na parte posterior (BSI) capaz de detectar os sinais NIR. À medida que os avanços na tecnologia resultam na redução do tamanho dos computadores e outras máquinas, os sensores NIR utilizados nesses dispositivos também podem se tornar menores. No entanto alguns sensores de imagem podem ser fisicamente incapazes de perceber totalmente um sinal NIR,

por exemplo, devido ao comprimento de onda maior dos sinais NIR. De acordo, os sistemas e métodos para permitir que esses sensores de imagem percebam mais completamente os sinais NIR em um sistema de criação de imagem seria benéfico.

#### Sumário

[003] Os sistemas, métodos e dispositivos da invenção possuem, cada um, vários aspectos, nenhum dos quais é responsável, individualmente, por seus atributos desejáveis. Sem limitação do escopo dessa invenção como expresso pelas reivindicações que seguem, algumas características serão agora discutidas de forma breve. Depois de se considerar essa discussão, e particularmente depois de se ler a seção intitulada "Descrição Detalhada", será possível se compreender como as características de várias modalidades dessa invenção fornecem vantagens.

[004] Um aspecto inovador da presente matéria descrita nessa descrição pode ser implementado em um sensor de infravermelho (IR) para a captura de uma imagem, compreendendo um conjunto de pixels de sensor configurados para converter luz em corrente. Cada pixel de sensor do conjunto de pixels de sensor compreende uma região de fotodetector configurada para converter luz em corrente e uma lente configurada para focar luz, que incide na lente, na região de fotodetector, a lente posicionada de forma adjacente à região de fotodetector de modo que a luz incidente se propague através da lente e entre na região de fotodetector. Cada pixel de sensor compreende adicionalmente um substrato disposto de modo que a região de fotodetector esteja entre o substrato e a lente, o

substrato possuindo um ou mais transistores formados e uma ou mais estruturas refletoras posicionadas entre pelo menos uma parte do substrato e pelo menos uma parte da região de fotodetector e de modo que pelo menos uma parte da região de fotodetector esteja entre uma ou mais estruturas refletoras e a lente, a uma ou mais estruturas refletoras configuradas para refletir a luz que passou através de pelo menos uma parte da região de fotodetector para dentro da região de fotodetector.

[005] Outro aspecto inovador da presente matéria descrita nessa descrição também pode ser implementado em um método de captura de uma imagem através de um sensor IR possuindo um conjunto de pixels de sensor. O método compreende focar a luz, através de uma lente, em uma região de fotodetector de um pixel de conjunto de pixels de sensor e converter a luz em corrente através da região de fotodetector. O método compreende adicionalmente o reflexo da luz que se propaga através de pelo menos uma parte da região de fotodetector na região de fotodetector através de uma ou mais estruturas refletoras, onde o reflexo da luz na região de fotodetector aumenta uma distância pela qual a luz percorre dentro da região de fotodetector.

[006] Outro aspecto inovador da presente matéria descrita nessa descrição também pode ser implementado em um método de fabricação de um sensor de IR para captura de uma imagem, o sensor IR incluindo um conjunto de pixels de sensor. O método compreende a formação de uma região de fotodetector configurada para converter luz em corrente. O método compreende

adicionalmente a formação de uma lente configurada para focar a luz que incide na lente na região de fotodetector, a lente posicionada adjacente à região de fotodetector de modo que a luz incidente se propague através da lente e para dentro da região de fotodetector. O método também compreende a formação de um substrato disposto de modo que a região de fotodetector esteja entre o substrato e a lente, o substrato possuindo um ou mais transistores formados no mesmo. O método também compreende adicionalmente a formação de uma ou mais estruturas refletoras posicionadas entre pelo menos uma parte do substrato e pelo menos uma parte da região de fotodetector e de modo que pelo menos uma parte da região de fotodetector esteja entre uma ou mais estruturas refletoras e a lente, a uma ou mais estruturas refletoras configuradas para refletir a luz que passou através de pelo menos uma parte da região de fotodetector para dentro da região de fotodetector.

#### Breve Descrição dos Desenhos

[007] Os aspectos mencionados acima, além de outras características, aspectos e vantagens da presente tecnologia serão descritos agora com relação às várias modalidades, com referência aos desenhos em anexo. As modalidades ilustradas, no entanto, são meramente exemplos e não devem ser limitadoras. Por todos os desenhos, símbolos similares identificam, tipicamente, componentes similares, a menos que o contexto indique o contrário. Note-se que as dimensões relativas das figuras a seguir podem não estar em escala.

[008] A figura 1 é um diagrama ilustrando uma cena, um dispositivo de captura de imagem, e vários objetos alvo na cena e dentro de um campo de visão do dispositivo de captura de imagem, de acordo com uma implementação ilustrativa;

[009] A figura 2 é um diagrama em bloco ilustrando um exemplo de uma modalidade de um dispositivo de captura de imagem utilizando um sensor NIR;

[0010] As figuras 3A e 3B incluem, cada uma, um gráfico indicando as respostas espectrais de um dispositivo de iluminação de lado dianteiro (FSI) (figura 3A) e um sensor de imagem iluminado no lado traseiro (BSI) (figura 3B), destacando a região de comprimento de onda NIR e a capacidade associada aos dispositivos respectivos de perceber sinais possuindo comprimentos de onda dentro da região NIR;

[0011] A figura 4 ilustra uma modalidade de uma seção transversal de um sensor BSI empilhado 3D (incluindo quatro pixels) incorporando refletores metálicos para fazer com que a luz seja refletida de volta através de uma região de detector e aperfeiçoe a resposta espectral do sensor de imagem BSI;

[0012] A figura 5A é uma ilustração de uma modalidade do sensor BSI empilhado 3D da figura 4 incorporando adicionalmente uma grade refletora para fazer com que a luz seja refletida de volta através da região de fotodetector e aperfeiçoar a resposta espectral do sensor de imagem BSI;

[0013] A figura 5B é uma ilustração de uma modalidade do sensor BSI empilhado 3D da figura 5A incluindo uma grade refletora de período único;

[0014] A figura 5C é uma ilustração de uma modalidade do sensor BSI empilhado 3D da figura 5A incluindo uma grade refletora bi-periódica possuindo um formato diferente;

[0015] A figura 5D é uma ilustração de outra modalidade do sensor BSI empilhado 3D da figura 5A incluindo uma grade refletora bi-periódica possuindo uma apresentação bi-periódica diferente;

[0016] As figuras de 6A a 6D incluem quatro vistas de cima para baixo do sensor BSI de pixels compartilhados das figuras 4 e 5;

[0017] A figura 7 é um fluxograma ilustrando um exemplo de um método de fabricação de um sensor de imagem BSI, de acordo com algumas modalidades;

[0018] A figura 8 é um fluxograma ilustrando um exemplo de um método de captura de uma imagem através de um sensor de IR, de acordo com algumas modalidades.

#### Descrição Detalhada

[0019] Vários aspectos dos sistemas, aparelhos e métodos novos são descritos mais completamente aqui com referência aos desenhos em anexo. Essa descrição pode, no entanto, ser consubstanciada em muitas formas diferentes e não deve ser considerada limitada a qualquer estrutura ou função específica apresentada por toda essa descrição. Em vez disso, esses aspectos são fornecidos de modo que essa descrição possa ser profunda e completa, e possa portar completamente o escopo da descrição aos versados na

técnica. O escopo da descrição deve cobrir os aspectos dos sistemas, aparelhos e métodos descritos aqui, sejam eles implementados independentemente de, ou em combinação com qualquer outro aspecto da invenção. Por exemplo, um aparelho pode ser implementado ou um método pode ser praticado utilizando-se qualquer número de aspectos apresentados aqui. Adicionalmente, o escopo das modalidades da invenção, incluindo as descritas aqui, deve cobrir tal aparelho ou método que seja praticado utilizando-se outra estrutura, funcionalidade, ou estrutura e funcionalidade em adição a outros dos vários aspectos das modalidades apresentadas aqui. Deve-se compreender que qualquer aspecto descrito aqui pode ser consubstanciado por um ou mais elementos de uma reivindicação.

[0020] Apesar de aspectos particulares serem descritos aqui, muitas variações e permutas desses aspectos se encontram dentro do escopo da descrição. Apesar de alguns benefícios e vantagens dos aspectos preferidos serem mencionados, o escopo da descrição não deve ser limitado aos benefícios, usos ou objetivos particulares. Em vez disso, aspectos da descrição devem ser amplamente aplicáveis a várias tecnologias de criação de imagem e fotográficas, configurações de sistema sistemas computacionais, sistemas flash, e sistemas de determinação de exposição. A Descrição Detalhada e os desenhos devem ser ilustrativos da descrição das modalidades da invenção, em vez de limitadores.

[0021] Em algumas modalidades, os sistemas de criação de imagem descritos podem detectar luz dentro da faixa visível ou quase infravermelha ("NIR") ou luz de



comprimento de onda maior (por exemplo, infravermelho ("IR"), etc.). Por motivos de descrição, "luz NIR" fará referência a qualquer luz com um comprimento de onda dentro da faixa NIR ou possuindo um comprimento de onda maior do que a luz NIR.

[0022] A figura 1 é um diagrama ilustrando uma cena, um dispositivo de captura de imagem, e vários objetos alvo na cena e dentro de um campo de visão do dispositivo de captura de imagem, de acordo com uma implementação ilustrativa. Como ilustrado na figura 1, o dispositivo de captura de imagem ("câmera") 102 pode incluir um sensor de quase infravermelho ("NIR") 104 e uma fonte de luz NIR "artificial" ("fonte NIR") 105, por exemplo, uma fonte de luz flash ou outra fonte de luz artificial em ou acoplada à câmera 102. A fonte NIR 105 pode ser referida como uma primeira fonte NIR. O campo de visão ("FOV") da câmera 102 pode incluir objetos alvo 108a-c, incluindo um arbusto 108a, uma pessoa 108b e uma árvore 108c. A cena 100 pode incluir adicionalmente uma fonte NIR externa 110, independente da câmera 102, o exemplo, uma fonte de luz natural (o sol) ou uma fonte de luz artificial não localizada na câmera 102. A luz refletida 106a-c representa percursos de luz NIR refletidos a partir dos objetos alvo 108a-c, respectivamente. A luz emitida 112a representa os percursos da luz NIR emitida a partir da fonte NIR externa 110. A luz emitida 112b representa alguns percursos da luz NIR emitida a partir da fonte NIR 105.

[0023] O sensor NIR 104 pode perceber a luz NIR (ou sinais NIR), por exemplo, através da ótica da câmera 102, não ilustrada nessa figura, e, dessa forma,

captura uma imagem do FOV da câmera 102 com base na luz NIR percebida. A luz NIR percebida pelo sensor NIR 104 pode incluir a luz refletida 106a-c que foi emitida a partir da fonte NIR 105 e refletida a partir dos objetos alvo 108a-c, a luz emitida 112a a partir da fonte NIR externa 110 e/ou luz emitida 112b a partir da fonte NIR 105, ou uma combinação de ambas a luz refletida 106a-c e luz emitida 112a e 112b. Em outras palavras, o sensor NIR 104 pode absorver a luz emitida 112a e 112b emitida a partir da fonte NIR externa 110 e fonte NIR 105 diretamente ou depois de refletir a partir dos objetos alvo 108a-c dentro do FOV da câmera 102. Em algumas modalidades, a luz emitida 112 da fonte NIR 105 pode ser um flash, emitindo uma luz emitida 112a quando a câmera 102 é utilizada para capturar uma imagem utilizando o sensor NIR 104. Em outras modalidades, a fonte NIR 105 pode fornecer iluminação constante pela duração de um período de percepção do sensor NIR 104. Em algumas modalidades, o sensor NIR 104 e a fonte NIR 105 podem ser dois componentes que são configurados para operar juntos ou podem ser integrados em um componente singular. O sensor NIR 104 pode ser configurado para gerar uma imagem do FOV com base na luz absorvida. O sensor NIR 104 pode incluir um ou mais elementos de sensor NIR (que podem ser referidos como pixels aqui) como será descrito em maiores detalhes abaixo.

[0024] Como com a fonte NIR 105, a fonte NIR externa 110 pode funcionar independentemente da câmera 102 (por exemplo, com uma fonte constantemente iluminada, por exemplo, o sol) ou pode funcionar dependendo da câmera 102 (por exemplo, como um flash externo). Por exemplo, a fonte

NIR externa 110 pode compreender uma luz externa que emite constantemente a luz emitida 112 dentro do FOV da câmera 102 ou em uma parte do FOV da câmera 102.

[0025] Em algumas modalidades, a câmera 102 pode incluir um dispositivo capaz de capturar uma imagem estática ou em movimento, independentemente do formato (digital, filme, etc.) ou tipo (câmera de vídeo, câmera estática, câmera de rede, etc.). A câmera 102 pode determinar uma distância até ou profundidade de uma cena alvo ou um objeto alvo (isso é, um objeto na cena alvo) com base em um ou mais sinais recebidos do sensor NIR 104. Por motivos de clareza de descrição, "objeto alvo" fará referência a ambos uma cena alvo e um objeto alvo no contexto de matéria na qual a câmera é focada.

[0026] A luz emitida 112 representa os percursos pelos quais a luz da fonte NIR 105 e fonte NIR externa 110 pode se propagar a partir da fonte NIR 105 e fonte NIR externa 110 para os objetos alvo 108a-c. A modalidade da figura 1 ilustra o sensor NIR 104 recebendo a luz refletida 106a-c a partir dos objetos alvo 108a-c dentro do FOV da câmera 102. Como ilustrado, os objetos alvo 108a-c podem estar em várias profundidades a partir da câmera 102. No entanto, em algumas modalidades, os objetos alvo 108a-c podem estar a uma profundidade singular da câmera 102. Os objetos alvo 108a-c refletem, cada um, a luz refletida 106a-c representando a luz NIR refletindo a partir dos objetos alvo 108a-c.

[0027] A figura 2 é um diagrama em bloco ilustrando um exemplo de uma modalidade de um dispositivo de captura de imagem utilizando um sensor NIR. A figura 2

ilustra um diagrama em bloco de alto nível de um exemplo de algumas modalidades de uma câmera 102 possuindo um conjunto de componentes incluindo um processador de imagem 220 conectado a uma ótica 215, um flash (ou outra fonte de luz) 216, e a módulos para a operação da câmera 102. O processador de imagem 220 também pode estar em comunicação com uma memória de trabalho 205, uma memória 230, e um processador de dispositivo 250, que, por sua vez, pode estar em comunicação com o módulo de armazenamento eletrônico ("armazenamento") 210, e um monitor 225 (por exemplo, um monitor eletrônico ou de tela de toque). Em algumas modalidades, um único processador pode compreender ambos o processador de imagem 220 e o processador de dispositivo 250 em vez de dois processadores separados, como ilustrado na figura 2. Algumas modalidades podem incluir três ou mais processadores. Em algumas modalidades, alguns dos componentes descritos acima podem não estar incluídos na câmera 102 ou componentes adicionais não descritos acima podem ser incluídos na câmera 102. Em algumas modalidades, um ou mais dos componentes descritos acima ou descritos como sendo incluídos na câmera 102 podem ser combinados ou integrados em qualquer outro componente da câmera 102.

[0028] A câmera 102 pode ser, ou pode ser parte de um telefone celular, uma câmera digital, um computador tablet, um assistente digital pessoal, um computador laptop, uma câmera pessoal, uma câmera de ação, uma câmera montada, câmera conectada, dispositivo usável, automóvel, drone ou similar. A câmera 102 também pode ser um dispositivo de computação estacionário ou qualquer

dispositivo no qual o sensor de profundidade seria vantajoso. Uma pluralidade de aplicativos pode estar disponível para o usuário na câmera 102. Esses aplicativos podem incluir aplicativos fotográficos e de vídeo tradicionais, criação de imagem de faixa dinâmica alta, foto e vídeo panorâmico, ou criação de imagem estereoscópica tal como imagens 3D ou vídeo 3D.

[0029] Ainda com referência à figura 2, a câmera 102 inclui ótica/lente ("ótica") 215 para capturar imagens dos objetos alvo e/ou cenas. A ótica 215 pode incluir pelo menos um sensor e pelo menos um componente de criação de imagem ótica que foca a luz recebida a partir do FOV da câmera 102 (por exemplo, FOV da ótica 215) em pelo menos um sensor. Por exemplo, o pelo menos um sensor pode compreender um sensor CMOS ou CCD, tal como o sensor NIR 104 descrito com relação à figura 1. Em algumas modalidades, a câmera 102 pode incluir mais de uma ótica 215 ou mais de um sensor dentro da ótica 215. A ótica 215 pode ser acoplada ao processador de imagem 220 para transmitir uma imagem capturada para o processador de imagem 220. Nessa modalidade, os sinais para e da ótica 215 são comunicados através do processador de imagem 220.

[0030] A câmera 102 pode incluir o flash 216. Em algumas modalidades, a câmera 102 pode incluir pelo menos um flash 216. O flash 216 pode incluir, por exemplo, uma lâmpada de flash, um refletor, um gerador de padrão de luz geométrico, um flash LED, ou uma fonte de luz NIR (tal como fonte NIR 105 como referido na figura 1). O processador de imagem 220 pode ser configurado para receber

sinais de e transmitir sinais para o flash 216 para controlar o flash.

[0031] Como ilustrado na figura 2, o processador de imagem 220 é conectado à memória 230 e à memória de trabalho 205. Na modalidade ilustrada, a memória 230 pode ser configurada para armazenar o módulo de controle de captura 235, o módulo de determinação de profundidade 240, e o sistema operacional 245. Módulos adicionais podem ser incluídos em algumas modalidades, ou menos módulos podem ser incluídos em algumas modalidades. Esses módulos podem incluir as instruções que configuram o processador de imagem 220 para realizar as várias tarefas de processamento de imagem e gerenciamento de dispositivo. A memória de trabalho 205 pode ser utilizada pelo processador de imagem 220 para armazenar um conjunto de trabalho das instruções de processador ou funções contidas em um ou mais dos módulos da memória 230. A memória de trabalho 205 pode ser utilizada pelo processador de imagem 220 para armazenar dados dinâmicos criados durante a operação da câmera 102 (por exemplo, uma ou mais medições de profundidade de objeto alvo, etc.). Enquanto os módulos ou conexões adicionais a dispositivos externos ou hardware podem não ser ilustrados nessa figura, os mesmos podem existir para fornecer outro ajuste de exposição e foco e opções ou ações de estimativa.

[0032] Como mencionado acima, o processador de imagem 220 pode ser configurado por ou pode operar em conjunto com vários módulos armazenados na memória 230. O módulo de controle de captura 235 pode incluir instruções que controlam as funções de captura de imagem, como um

todo, da câmera 102. Por exemplo, o módulo de controle de captura 235 pode incluir instruções que configuram o processador de imagem 220 para capturar dados de imagem brutos do objeto alvo utilizando a ótica 215. O módulo de controle de captura 235 também pode ser configurado para ativar o flash 216 quando da captura dos dados de imagem brutos. Em algumas modalidades, o módulo de controle de captura 235 pode ser configurado para armazenar os dados de imagem brutos capturados no módulo de armazenamento eletrônico 210 ou para exibir os dados de imagem brutos capturados no monitor 225. Em algumas modalidades, o módulo de controle de captura 235 pode direcionar os dados de imagem brutos capturados para serem armazenados na memória de trabalho 205. Em algumas modalidades, o módulo de controle de captura 235 pode solicitar um ou mais dos outros módulos na memória 230, por exemplo, o módulo de determinação de profundidade 240, para realizar uma técnica de determinação de profundidade nas imagens capturadas pela ótica 215 e enviar um mapa de profundidade ou informação de profundidade para o processador de imagem 220.

[0033] O módulo de determinação de profundidade 240 pode compreender instruções que configuram o processador de imagem 220 a realizar as técnicas de determinação de profundidade, combinação de profundidade, ou mapeamento de profundidade nos dados de imagem capturados. Por exemplo, a ótica 215 pode capturar uma vista dos objetos alvo (figura 2). O módulo de determinação de profundidade 240 pode configurar o processador de imagem 220 para realizar uma operação de determinação de profundidade nos objetos alvo 108 do FOV da ótica 215. A

determinação de profundidade pode incluir a combinação de disparidade ou qualquer outra operação de determinação de profundidade.

[0034] Ainda com referência à figura 2, o sistema operacional 245 pode configurar o processador de imagem 220 para gerenciar a memória de trabalho 205 e os recursos de processamento da câmera 102. Por exemplo, o sistema operacional 245 pode incluir acionadores de dispositivo para gerenciar os recursos de hardware tal como ótica 215 e flash 216. Portanto, em algumas modalidades, as instruções contidas nos módulos de processamento discutidos acima e abaixo podem não interagir com esses recursos de hardware diretamente, mas, em vez disso, interagir com esse hardware através de sub-rotinas padrão ou APIs localizadas no sistema operacional 245. As instruções dentro do sistema operacional 245 podem, então, interagir diretamente com esses componentes de hardware. O sistema operacional 245 pode configurar adicionalmente o processador de imagem 220 para compartilhar informação com o processador de dispositivo 250. O sistema operacional 245 também pode incluir instruções permitindo o compartilhamento da informação e recursos entre os vários módulos de processamento da câmera 102.

[0035] O processador do dispositivo 250 pode ser configurado para controlar o monitor 225 para exibir a imagem capturada, ou uma visualização prévia da imagem capturada, para um usuário. O monitor 225 pode ser externo à câmara 102 ou pode ser parte da câmera 102. O monitor 225 também pode ser configurado para fornecer um view finder exibindo uma imagem capturada armazenada na memória ou



recentemente capturada pelo usuário. O monitor 225 pode incluir um monitor tipo painel, por exemplo, uma tela LCD, uma tela LED, ou outras tecnologias de exibição, e pode implementar as tecnologias sensíveis ao toque. O processador de dispositivo 250 também pode ser configurado para receber um registro do usuário. Por exemplo, o monitor 225 também pode ser configurado para ser uma tela de toque, e, dessa forma, pode ser configurado para receber um registro do usuário. O usuário pode utilizar o monitor 225 para registrar informação que o processador de dispositivo 250 pode fornecer para o módulo de determinação de profundidade 240. Por exemplo, o usuário pode utilizar o monitor 225 para selecionar um objeto alvo a partir do FOV ilustrado em ou dentro do monitor 225. O processador de dispositivo 250 pode receber esse registro e fornecer o mesmo para o módulo de determinação de profundidade 240, que pode utilizar o registro para selecionar objetos específicos para as operações de determinação de profundidade.

[0036] Em algumas modalidades, o processador de dispositivo 250 pode ser configurado para controlar um ou mais dos módulos de processamento na memória 230 ou para receber registros de um ou mais dos módulos de processamento na memória 230. O processador de dispositivo 250 pode escrever dados no módulo de armazenamento eletrônico 210, por exemplo, dados representando imagens capturadas. Enquanto o módulo de armazenamento eletrônico 210 é representado graficamente como um dispositivo de disco tradicional, em algumas modalidades, o módulo de armazenamento eletrônico 210 pode ser configurado como

qualquer dispositivo de meio de armazenamento. Por exemplo, o módulo de armazenamento eletrônico 210 pode incluir um acionador de disco, tal como um acionador de disquete, acionador de disco rígido, acionador de disco ótico ou acionador de disco magneto-ótico, ou uma memória em estado sólido, tal como uma memória FLASH, RAM, ROM e/ou EEPROM. O módulo de armazenamento eletrônico 210 também pode incluir múltiplas unidades de memória, e qualquer uma dentre as unidades de memória pode ser configurada para estar dentro da câmera 102, ou pode estar fora da câmera 102. Por exemplo, o módulo de armazenamento eletrônico 210 pode incluir uma memória ROM contendo instruções de programa de sistema armazenadas dentro da câmera 102. O módulo de armazenamento eletrônico 210 também pode incluir cartões de memória ou memórias de alta velocidade configuradas para capturar imagens capturadas que podem ser removíveis da câmera.

[0037] Apesar de a figura 2 apresentar a câmera 102 possuindo componentes separados para incluir o processador de dispositivo 250, o processador de imagem 220, e o módulo de armazenamento eletrônico 210 (entre outros componentes), em algumas modalidades esses componentes separados podem ser combinados em uma variedade de formas para se alcançar os objetivos de desenho em particular. Por exemplo, em uma modalidade alternativa, os componentes de memória (por exemplo, módulo de armazenamento eletrônico 210 ou memória de trabalho 205 ou memória 230) podem ser combinados com componentes de processador (por exemplo, processador de imagem 220 e/ou

processador de dispositivo 250) para economizar custo e aperfeiçoar o desempenho.

[0038] Adicionalmente, apesar de a figura 2 ilustrar vários componentes de memória, incluindo a memória 230 compreendendo vários módulos de processamento e uma memória separada compreendendo uma memória de trabalho 205, em algumas modalidades, diferentes arquiteturas de memória podem ser utilizadas. Por exemplo, um desenho pode utilizar ROM ou memória RAM estática para o armazenamento de instruções de processador implementando os módulos contidos na memória 230. As instruções de processador podem ser carregadas na RAM para facilitar a execução pelo processador de imagem 220. Por exemplo, a memória de trabalho 205 pode compreender memória RAM, com instruções carregadas na memória de trabalho 205 antes da execução pelo processador de imagem 220. Em algumas modalidades, um ou mais dos módulos de processamento podem ser software armazenado na memória 230 ou podem compreender um sistema de hardware combinado com os componentes de software. Adicionalmente, as funções associadas acima com um dentre o processador de imagem 220 e o processador de dispositivo 250 podem ser realizadas por outro dentre o processador de imagem 220 e o processado de dispositivo 250 ou ambos o processador de imagem 220 e o processador de dispositivo 250, apesar de não descrito como tal acima.

[0039] As figuras 3A e 3B incluem, cada uma, um gráfico indicando as respostas espectrais de um dispositivo de iluminação de lado dianteiro (FSI) (figura 3A) e um sensor de imagem iluminada no lado traseiro (BSI) (figura 3B), destacando a região de comprimento de onda NIR

e capacidade associada para os dispositivos respectivos em perceber os sinais possuindo comprimentos de onda dentro da região NIR. As figuras 3A e 3B destacam a região de comprimento de onda NIR e capacidade associada para os dispositivos respectivos em perceber os sinais possuindo comprimentos de onda dentro das regiões NIR 305 e 355, respectivamente. Uma resposta espectral pode ser caracterizada por uma razão de corrente gerada por um fotodiodo em resposta à sua exposição à luz. A resposta espectral pode ser expressa como uma eficiência Quantum, como ilustrado nos gráficos ilustrados nas figuras 3A e 3B ao longo do eixo geométrico y.

[0040] Em particular, a figura 3A é um gráfico 300 ilustrando um exemplo de eficiência Quantum de um dispositivo FSI, para cada luz vermelha 310, luz verde 315, e luz azul 320, com relação ao comprimento de onda recebido. Em várias modalidades, uma espessura do dispositivo FSI pode variar. Ao longo do eixo geométrico x do gráfico 300 está o comprimento de onda do sinal recebido, de 400 nanômetros (nm) a 1100 nm. Ao longo do eixo geométrico y está a eficiência Quantum do sensor do dispositivo FSI na qual a luz recebida é percebida. O termo "percebida" com relação à luz recebida pode corresponder a uma capacidade do sensor em converter a luz recebida em uma corrente correspondente a um comprimento de onda da luz recebida. Por exemplo, se o sensor for incapaz de utilizar todo o comprimento de onda da luz recebida quando da conversão da luz em corrente, o sensor é incapaz de perceber totalmente a luz recebida. O gráfico 300 também ilustra uma janela de aproximadamente 760 nm a

aproximadamente 960 nm, indicando uma região de luz quase infravermelha ("NIR") 305.

[0041] Como ilustrado pelo gráfico 300, a luz é recebida com mais de 50% de eficiência sob 600 nm, mas à medida que o comprimento de onda da luz recebida aumenta (movendo ao longo do eixo geométrico x do gráfico 300 para a direita), a eficiência Quantum dos dispositivos FSI diminui. Como será discutido adicionalmente abaixo, isso pode ser decorrente da espessura de uma região de fotodetector do dispositivo FSI com relação ao comprimento de onda da luz NIR.

[0042] A figura 3B é um gráfico 350 ilustrando um exemplo de eficiência Quantum de um dispositivo iluminado no lado traseiro ("BSI") (ou sensor) para cada luz vermelha 370, luz verde 365 e luz azul 360, com relação ao comprimento de onda recebido. Em várias modalidades, uma espessura do dispositivo BSI pode variar. Ao longo do eixo geométrico x do gráfico 350 encontra-se o comprimento de onda do sinal recebidos, de 400 nm a 1100 nm. Ao longo do eixo geométrico y encontra-se a eficiência Quantum do sensor do sensor BSI no qual a luz recebida é convertida em corrente. O gráfico 350 também ilustra uma janela de aproximadamente 760 nm a aproximadamente 960 nm, indicando a região de luz NIR 355.

[0043] Como ilustrado no gráfico 350, a luz é recebida com mais de 50% de eficiência sob 600 nm, mas à medida que o comprimento de onda da luz recebida aumenta (movendo ao longo do eixo geométrico x do gráfico 350 para a direita), a eficiência Quantum do sensor BSI diminui. Como será discutido adicionalmente abaixo, isso pode ser

decorrente da espessura de uma região de fotodetector do sensor BSI com relação ao comprimento de onda da luz NIR.

[0044] Como pode ser observado pela comparação das figuras 3A e 3B, dentro da região NIR representada pelas regiões NIR 305 e 355, o dispositivo FSI é geralmente mais eficiente para converter a luz recebida em corrente. Dentro da região NIR 305, o dispositivo FSI possui uma eficiência máxima de aproximadamente 30%, enquanto o máximo do sensor BSI é de aproximadamente 20% na região NIR 355. No entanto, enquanto o dispositivo FSI pode fornecer eficiências Quantum NIR mais altas (e comprimento de onda maior) do que o sensor de imagem BSI, o FSI pode não ser compatível com a tecnologia e as práticas do sensor empilhado 3D (e similares), e, dessa forma, pode não ser uma substituição adequada para sensores de imagem BSI em algumas aplicações (por exemplo, devido às restrições de tamanho, etc.). O comportamento dos dispositivos FSI e BSI com relação à sua falta de eficiência na conversão de luz recebida em corrente é independente do tamanho de pixel.

[0045] A figura 4 ilustra uma modalidade de uma seção transversal de um sensor BSI empilhado 3D (incluindo quatro pixels) incorporando refletores metálicos para fazer com que a luz reflita de volta através de uma região de fotodetector e aperfeiçoe a resposta espectral do sensor de imagem BSI. O sensor BSI pode formar um módulo de câmera de sensor de profundidade compacto que funciona efetivamente em aplicações móveis. A seção transversal do sensor BSI 400 ilustra quatro pixels de sensor 401a, 401b, 401c e 401d. Por motivos de clareza, apenas a estrutura de pixel 401a é descrita, cada um dos pixels de sensor 401a-d

possuindo uma estrutura similar. O pixel 401a inclui uma microlente 402 e uma região de fotodetector tipo n (região de fotodetector) 404, um refletor metálico 408, uma porta de transferência 410, uma região de fotodetector tipo p 412, três fileiras de interconexões/camadas metálicas 414, uma região de isolamento de fotodetector 416 configurada para suprimir a interferência de sinal de pixel, e uma parte de substrato 421 dentro da qual a porta de transferência 410 e as interconexões/camadas metálicas 414 e o refletor metálico 408 são dispostos. O sensor BSI inclui um filme de índice de refração alto entre a região de fotodetector 404 e a parte de substrato 421. O filme de alto índice de refração pode ser configurado para evitar que pelo menos uma parte da luz se propague a partir da região de fotodetector 404 para a parte de substrato 421. O sensor BSI também pode incluir uma camada antirreflexo 403 que é configurada para permitir que a luz passe a partir da microlente 402 através da camada antirreflexo 403 e entre na região de fotodetector 404, e impede que pelo menos parte da luz se propague a partir da região de fotodetector 404 para a microlente 402. A região de isolamento de fotodetector 416 suprime a interferência de sinal de pixel. Em algumas modalidades, os pixels vizinhos do sensor BSI 400 podem compartilhar a parte de substrato e um ou mais dentre um transistor de reconfiguração, um transistor de seleção, e um transistor de amplificação (não ilustrados nessa figura). Em algumas modalidades, as interconexões/camadas metálicas 414 e o refletor metálico 408 podem compreender uma ou mais partes dos transistores de reconfiguração, seleção e amplificação. Na figura 4, a

luz 406 (por exemplo, a luz NIR) entra na região de fotodetector 404 a partir do topo da figura.

[0046] Como ilustrado no exemplo do sensor BSI 400 para pixels 401b e 401c, a luz 406 pode atravessar a microlente 402, que foca a luz 406 e direciona a mesma para se propagar através da região de fotodetector 404. A região de fotodetector 404 pode converter pelo menos uma parte da luz 406 em corrente. Para o exemplo do sensor BSI 400 ilustrado, a região de fotodetector 404 de cada pixel pode ser formada a partir de silício e pode ter menos que 3 micrones de espessura. A luz 406, possuindo um comprimento de onda na faixa NIR ou maior, pode ter uma profundidade de penetração que excede a espessura da região de fotodetector 404. Por exemplo, a profundidade de penetração da luz 406 no silício pode ser além de 5 micrones. Dessa forma, quando a região de fotodetector 404 é formada de silício e possui uma espessura de menos de 3 micrones, a região de fotodetector 404 pode não converter efetivamente a luz 406. Por exemplo, a energia total da luz 406 pode não ser convertida em corrente. De acordo, a região de fotodetector 404 pode ser muito fina para converter toda a luz 406 em corrente, visto que uma parte da luz 406 (quando na faixa de comprimento de onda NIR ou superior) pode atravessar a região de fotodetector 404 sem ser convertida em corrente. Dessa forma, uma parte da energia na luz 406 que não é convertida em corrente pode ser perdida visto que pode continuar a penetrar o substrato do sensor BSI sem ser convertida em eletricidade.

[0047] Como ilustrado na figura 4, o sensor BSI do substrato 421 pode incluir múltiplas interconexões



metálicas ou camadas metálicas. Por exemplo, o refletor metálico ("M1") 408 e as interconexões/camadas metálicas ("M2-M4") 414, que podem incluir fiação ou transistores internos ao sensor BSI 400. O refletor metálico 408 e as interconexões/camadas metálicas 414 podem ser localizados em várias profundidades dentro do substrato do sensor BSI 400. As interconexões metálicas ou camadas metálicas podem servir como suprimento de energia, aterramento, relógio, e linhas de sinal de vídeo, etc.

[0048] Como ilustrado na figura 4, o refletor metálico 408 pode ser a camada metálica mais superior (mais próxima da região de fotodetector 404). Em algumas modalidades, o refletor metálico 408 é mais largo do que as interconexões/camadas metálicas M2-M4 414. Isso porque o refletor metálico M1 408 pode ser configurado para refletir a luz 406, que passa através da região de fotodetector 404 sem ser convertida em corrente, de volta através da região de fotodetector 404. O refletor metálico 408 pode ser localizado adjacente à região de fotodetector 404 e pode estar mais perto da região de fotodetector 404 em comparação com outras interconexões/camadas metálicas 414 ilustradas na figura 4. Em algumas modalidades, o refletor metálico 408 inclui uma ou mais camadas metálicas. Podem existir, também, menos componentes entre o refletor metálico 408 e a região de fotodetector 40, em comparação com outras interconexões/camadas metálicas 414. Em algumas modalidades, o refletor metálico 408 é configurado para ser mais largo do que as outras interconexões/camadas metálicas 414 para aumentar a quantidade de luz refletida pelo refletor metálico 408. Isso pode minimizar a quantidade de

luz 406 que é perdida devido ao reflexo a partir de, ou absorção por outros componentes dentro do substrato 421 do sensor BSI.

[0049] Em algumas modalidades (como ilustrado na figura 4), o refletor metálico 408 pode ter a mesma largura que, ou substancialmente, a mesma largura que a região de fotodetector 404 para cada pixel do sensor de imagem BSI. Por exemplo, o refletor metálico 408 pode ser correspondente a 95% ou mais da largura como a região de fotodetector 404 de um pixel. Em algumas modalidades, o refletor metálico 408 pode corresponder a 90% ou mais da largura que a região de fotodetector 404 de um pixel. Em algumas modalidades, o refletor metálico 408 pode corresponder a 85% ou mais da largura que a região de fotodetector 404 de um pixel. Adicionalmente, o refletor metálico 408 pode ser localizado o mais perto da região de fotodetector 404 possível, minimizando, assim, a luz 406 que é perdida dentro do substrato do sensor BSI 400. Em algumas modalidades, quando o substrato do sensor BSI 400 é formado a partir de um material com uma refração baixa (por exemplo, vidro, possuindo um índice de refração de aproximadamente 1,4), a distância entre a região de fotodetector 404 e o refletor metálico 408 pode ser aumentada com penalidade mínima. No entanto, em algumas modalidades, o refletor metálico 408 pode não ser formado dentro da região de fotodetector 404 visto que o refletor metálico 408 possui um ponto de fusão inferior ao do material de silício da região de fotodetector 404. O refletor metálico 408 pode, dessa forma, contaminar a

região de fotodetector 404 se estiver embutido dentro da região de fotodetector 404.

[0050] O reflexo da luz 406 de volta através da região de fotodetector 404 pode permitir que a região de fotodetector 404 aumente a quantidade de luz 406 convertida em energia independentemente do comprimento de onda da luz 406 (por exemplo, onde a luz 406 possui uma profundidade de penetração inferior ao dobro da espessura da região de fotodetector 404 de modo que a luz que atravessa a região de fotodetector uma segunda vez seja absorvida). Dessa forma, onde a luz 406 pode incluir a luz NIR possuindo uma profundidade de penetração nos fotodetectores de silício de 5 micrones, quando o fotodetector de silício possui uma espessura de 3 micrones, o refletor metálico 408 pode refletir a luz NIR de volta através da região de fotodetector 404. Nesse exemplo, esse reflexo da luz 406 de volta através da região de fotodetector 404 pode permitir que a região de fotodetector 404 converta em corrente a quantidade restante de luz 406 que não foi convertida em corrente na primeira passagem através da região de fotodetector 404 quando percorreu uma distância de 2 micrones através da região de fotodetector 404. Dessa forma, o refletor metálico 408 dobra efetivamente a espessura da região de fotodetector 404. A capacidade de a região de fotodetector 404 em converter a luz 406 em corrente aumenta a eficiência de quantum do sensor BSI 400.

[0051] A figura 5A é uma ilustração de uma modalidade do sensor BSI empilhado 3D da figura 4 incorporando, adicionalmente, uma grade refletora para fazer com que a luz seja refletida de volta através da

região de fotodetector e aperfeiçoe a resposta espectral do sensor de imagem BSI. O sensor BSI 500 ilustrado na figura 5A inclui muitos dos mesmos componentes como ilustrado e discutido com reação à figura 4, e tais componentes não precisam ser discutidos novamente aqui. No exemplo ilustrado na figura 5A, as estruturas refletoras são uma "grade" refletora 518 posicionada entre a região de fotodetector 504 adjacente a e em proximidade com um substrato 521 do sensor BSI 500. Em algumas modalidades, a grade 518 pode ser um conjunto de estruturas que são periodicamente dispostas, alguns exemplos das quais são ilustrados nas figuras 5B, 5C e 5D. Em algumas modalidades, as estruturas são dispostas de forma aleatória e tais estruturas podem ter características refletoras diferentes em comparação com as estruturas que são dispostas periodicamente. Em algumas modalidades, as grades 518 são formadas de um material de dióxido de silício. A grade 518 pode refletir a luz 506 dentro da região de fotodetector 504 do sensor BSI 500 sem fazer com que a luz refletida tenha qualquer impacto ou interferência nos pixels vizinhos do sensor BSI 500. Por exemplo, quando a estrutura refletora (refletor metálico 508) é localizada dentro do substrato 521 depois que a luz 506 atravessa e sai da região de fotodetector 504, a luz que reflete a partir do refletor metálico 508 pode refletir para dentro de uma região de fotodetector vizinha 504 devido à falta de barreiras ou divisores físicos entre as regiões de substrato dos pixels vizinhos compartilhados. A divisão ou separação das regiões de fotodetector 504 utilizando regiões de isolamento de fotodetector 516 reduz as chances

de a luz refletida a partir de uma estrutura refletora (por exemplo, a grade 518) localizada dentro de uma primeira região de fotodetector 504a se propagar para uma segunda região de fotodetector 504b adjacente à primeira região de fotodetector 504a.

[0052] Em algumas modalidades, as regiões de isolamento de fotodetector 516 podem compreender os mesmos materiais que as grades refletoras 518, e as grades 518 podem ser formadas a partir de ou revestidas com materiais similares como os refletores metálicos 508 e 514. Por exemplo, a grade 518 pode compreender (por exemplo, ser formada de ou revestida por) um ou mais dentre prata, cobre, ouro, alumínio, platina, ródio e cromo. Cada um desses materiais pode refletir mais de 60% de luz dentro ou acima da faixa de comprimento de onda NIR. Adicionalmente, o processo de fabricação de sensor BSI 500 já pode utilizar esses materiais, de modo que haja apenas um custo mínimo ao processo para adicionar esses materiais na forma de grade 518. De acordo, o processo de fabricação de um sensor BSI pode incorporar a construção de grades 518 em cada região de fotodetector 504. Alternativamente ou adicionalmente, o processo de fabricação de um sensor BSI pode ser modificado para incorporar a construção do refletor metálico 508 em cada região de fotodetector 504 e em cada substrato 521 abaixo da região de fotodetector 504. Em algumas modalidades, a construção do sensor BSI pode ser modificada para incorporar a construção de qualquer uma ou ambas as grades 518 em cada região de fotodetector 504 e a construção do refletor metálico 508 abaixo da região de fotodetector 504 dentro do substrato 521. Tal alavancagem

do processo de construção existente e desenho físico de pixel existente e fabricação pode permitir a modificação do sensor BSI discutida sem quaisquer camadas adicionais (por exemplo, sem camada de máscara adicional) ou etapas, visto que a construção do refletor metálico 408 ou das grades 518 pode ser integrada às etapas de processo de construção existentes.

[0053] Em algumas modalidades, o sensor BSI 500 inclui uma camada antirreflexo 503 ilustrada entre as microlentes 502 e as regiões de fotodetector 504. A camada antirreflexo 503 pode ser formada de modo que a luz possa se propagar através da microlente 502 e através da camada antirreflexo 503, mas a luz não atravessa (ou apenas uma quantidade mínima de luz atravessa) a camada antirreflexo 503 a partir da região de fotodetector 504 para a microlente 502. Tais modificações fornecem um aumento na resolução da eficiência Quantum dos pixels de sensor BSI e aumenta em termos de precisão de codificação de mapa de profundidade, faixa de distância, e não linearidade desses pixels.

[0054] Similar ao refletor metálico 508, as grades 518 podem fazer com que a luz 506 reflita dentro da região de fotodetector 504. A grade 518 pode confinar melhor a luz incidente, especialmente a luz de um comprimento de onda maior (por exemplo, comprimentos de onda superiores a 700 nm), dentro de uma cavidade da grade (uma cavidade formada entre grades adjacentes) de modo a melhorar a eficiência de coleta de carga. De acordo, as grades adjacentes podem fazer com que a luz 506 seja refletida a partir uma da outra dentro da cavidade de

grade, estendendo um percurso de luz 506 dentro da região de fotodetector 504.

[0055] O espaçamento das grades (por exemplo, uma distância entre as grades vizinhas) geralmente segue a Lei de Difração de Bragg,  $n\lambda = 2d \sin\theta$ . Por exemplo, para um sinal de IR possuindo um comprimento de onda de 800 nm, a distância  $d$  entre grades consecutivas pode ser de aproximadamente 0,4 mícron. Adicionalmente, ou alternativamente, um tamanho das grades pode ser ajustado com base, pelo menos em parte, no comprimento de onda de sinal ou luz sendo absorvida pela região de fotodetector. Em algumas modalidades, o espaçamento, tamanho e/ou formato das grades não são consistentes por toda a região de fotodetector. Em algumas modalidades, como ilustrado na figura 5A, as grades 518 podem ser utilizadas em combinação com os refletores metálicos 508. As modalidades ilustradas nas figuras de 5B a 5D ilustram exemplos que incluem um filme de índice de refração alto 524 depositado em cima das grades 518. O filme de índice de refração alto 524 pode servir para aperfeiçoar o aprisionamento da luz dentro das cavidades de grade formadas para as grades vizinhas 518. Em algumas modalidades, o filme de alto índice de refração 524 pode compreender um material possuindo um índice de refração superior ao do vidro (por exemplo, superior a 1,4). Por exemplo, o filme de índice de refração alto 524 pode compreender um dentre  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{HfO}_2$  ou  $\text{Ta}_2\text{O}_5$ , entre outros.

[0056] A figura 5B é uma ilustração de uma modalidade do sensor BSI empilhado 3D da figura 5A incluindo uma grade refletora de período único. A grade

periódica única 518b pode incluir uma ou mais estruturas possuindo uma altura e uma largura, e que se estendem ao longo de um comprimento da região de fotodetector 504. "Período único", nesse exemplo, indica que as grades 518 são periódicas ao longo de um único eixo geométrico da região de fotodetector 504 ao longo da largura da região de fotodetector 504 (Detector Si) na figura 5B. Com a grade periódica singular 518b, espaços 520a entre as grades vizinhas podem existir apenas em um eixo geométrico do plano da grade periódica singular 518b, por exemplo, se estendendo para dentro da página relativa à orientação da figura 5A e 5B. A distância 522a corresponde à largura da grade periódica singular 518b ao longo do eixo geométrico periódico através da largura da região de fotodetector 504. Uma distância 522b corresponde à altura da grade periódica singular 518b ao longo da altura da região de fotodetector 504.

[0057] A figura 5C é uma ilustração de uma modalidade do sensor BSI empilhado 3D da figura 5A incluindo uma grade refletora bi-periódica possuindo um formato diferente. A grade bi-periódica 518c ilustrada na figura 5C pode incluir uma pluralidade de estruturas possuindo uma altura, largura e comprimento que são dispostos em um conjunto dentro de uma região de fotodetector 504. "Bi-periódico" ocorre com referência às grades sendo periódicas ao longo de dois eixos geométricos da região de fotodetector 504 (por exemplo, ao longo da largura e da profundidade da região de fotodetector 504 (detector Si) na figura 5C). Com a grade bi-periódica 518c, os espaços 520a e 520b podem existir em ambos os eixos



geométricos do plano da grade 518, como ilustrado na figura 5C. Por exemplo, os espaços 520a podem incluir os espaços ao longo da largura da região de fotodetector 504 como ilustrado na figura 5C, enquanto que os espaços 520b podem incluir espaços que dividem as grades individuais 518 à medida que se estendem para dentro da página. Os espaços 520a e 520b podem ter a mesma distância e podem ter distâncias diferentes. A figura 5C apresenta a grade bi-periódica 518c como possuindo um formato cilíndrico em vez de um formato retangular ou cúbico como nas figuras 5A, 5B e 5C; no entanto, em alguns exemplos, a grade bi-periódica 518c pode incluir estruturas retangulares, estruturas quadradas ou estruturas de um formato diferente. A distância 522a corresponde à largura da grade bi-periódica 518c ao longo do eixo geométrico periódico através da largura da região de fotodetector 504. Uma distância 522b corresponde à altura da grade bi-periódica 518c ao longo da altura da região de fotodetector 504. Em algumas modalidades, cada uma das estruturas de grade na grade bi-periódica 518c pode ser localizada no mesmo plano dentro da região de fotodetector 504, enquanto que em outras modalidades a grade 518 pode ser localizada em vários planos dentro da região de fotodetector 504 (não ilustrada). Em várias modalidades, a grade bi-periódica 518c pode ter dimensões diferentes ou pode ser feita de materiais refletores diferentes.

[0058] A figura 5D é uma ilustração de outra modalidade do sensor BSI empilhado 3D da figura 5A incluindo uma grade refletora bi-periódica possuindo uma apresentação bi-periódica diferente. A grade bi-periódica

518d pode incluir uma pluralidade de estruturas possuindo uma altura, largura e comprimento que são dispostas em um conjunto dentro da região de fotodetector 504, onde as fileiras alternadas de grades são desviadas para formar uma estrutura tipo "tabuleiro de xadrez". O período duplo pode sugerir que as grades são periódicas ao longo dos dois eixos geométricos da região de fotodetector 504 (ao longo da largura e da profundidade da região de fotodetector 504 (detector Si) na figura 5D). Com a grade bi-periódica 518d, os espaços 520a e 520b podem existir em ambos os eixos geométricos do plano da estrutura de grade refletora 518, como ilustrado na figura 5D. Por exemplo, os espaços 520a podem incluir os espaços ao longo da largura da região de fotodetector 504 como ilustrado na figura 5D, enquanto que os espaços 520b podem incluir os espaços que separam as grades individuais à medida que se estendem para dentro da página. Os espaços 520a e 520b podem ter a mesma distância ou podem ter distâncias diferentes. A distância 522a corresponde à largura de cada grade bi-periódica 518d ao longo do eixo geométrico periódico através da largura da região de fotodetector 504. Uma distância 522b corresponde à altura da grade bi-periódica 518d ao longo da altura da região de fotodetector 504. A figura 5D apresenta também a grade 518 como possuindo um formato cúbico ou retangular como nas figuras 5A e 5B. Em algumas modalidades, cada uma das grades da grade bi-periódica 518d pode ser colocada no mesmo plano dentro da região de fotodetector 504, enquanto que em outras modalidades, as grades da grade bi-periódica 518d podem ser localizadas em vários planos dentro da região de fotodetector 504 (não ilustrada). Em várias

modalidades, a grade bi-periódica 518d pode possuir diferentes dimensões ou pode ser formada a partir de diferentes materiais refletos.

[0059] No processo de fabricação descrito acima, os dispositivos BSI possuindo as estruturas ilustradas nas figuras de 4 a 5D podem ser formados através da extremidade dianteira dos processos em linha (FEOL). Por exemplo, o processo FEOL pode incluir todos os processos de fabricação do dispositivo BSI até (mas não incluindo) a extremidade traseira dos processos em linha (BEOL). Os processos FEOL podem incluir a formação de dispositivos individuais que são formados em ou a partir de um material semicondutor. Por exemplo, a região de fotodetector 404 e 504, as regiões de isolamento de fotodetector 416 e 516, e a grade 518 podem ser formados durante os processos FEOL. A integração da formação da grade 518 com o processo FEOL pode simplificar a formação da grade 518 e reduzir o custo geral de incorporação de tais estruturas nos fotodetectores. Em algumas modalidades, processos de isolamento em trincheira rasa (STI) ou processos similares podem ser utilizados para isolar os dispositivos formados em ou a partir de material semicondutor, tal como regiões de fotodetector 504. Em algumas modalidades, os fotodetectores podem ser isolados utilizando-se o isolamento de implante, por exemplo, utilizando isolamento p+.

[0060] Os processos BEOL podem envolver a conexão das estruturas e dispositivos formados durante os processos FEOL com as camadas de fiação e/ou metal. Por exemplo, como ilustrado nas figuras 4 e 5, os processos

BEOL podem envolver a formação de camadas metálicas M1, M2, M3 e M4 e o substrato circundante onde estão localizadas. Em algumas modalidades, as camadas antirreflexo e de microlente são aplicadas depois de os processos FEOL e BEOL estarem completos. O filme de alto índice de refração 524 pode ser formado durante os processos FEOL ou BEOL, visto que o filme de índice de refração alto 524 pode ser posicionado entre o material do fotodetector 404/504 e o substrato da região de camadas metálicas. Como mencionado acima, a grade 518 utiliza o mesmo procedimento de formação para formar um período singular ou um período duplo.

[0061] As figuras 6A a 6D incluem quatro vistas de cima para baixo do sensor BSI de pixels compartilhados das figuras 4 e 5. As figuras de 6A a 6D como ilustradas, não incluem a microlente 402 (figura 4). Cada uma das figuras de 6A a 6D ilustra um conjunto de 2 x 2 pixels e regiões de transistor compartilhadas associadas. A luz NIR que penetra as regiões de fotodetector de silício (regiões de fotodetector) 604 podem ser eventualmente perdidas ou podem dissipar à medida que continua a penetrar as regiões de fotodetector 604.

[0062] A figura 6A ilustra o conjunto de 2 x 2 pixels sem o refletor metálico 408 (figura 4) ou a grade 518 (figura 5). A figura 6B ilustra o conjunto de 2 x 2 pixels apenas com o refletor metálico 408. A figura 6C ilustra o conjunto de 2 x 2 pixels apenas com a grade 518. A figura 6D ilustra o conjunto de 2 x 2 pixels com ambos o refletor metálico 408 e a grade 518. Cada uma das figuras 6A a 6D também ilustra os amplificadores de fonte/seguidor e reconfiguração compartilhados. Nessas figuras, a luz que

entra no sensor BSI pode ser proveniente de dentro da página.

[0063] A figura 6A ilustra apenas a arquitetura de 2 x 2 pixels incluindo as portas de transferência 610 (correspondendo à porta de transferência 410 da figura 4), as regiões de fotodetector (ou transistor ativo ou de pixel) 604 (correspondendo à região de fotodetector 404 da figura 4), e contatos 620 (ligação de substrato p+ (diamante) para combater o pulso de aterramento (por exemplo, fornecendo um aterramento sólido), enquanto o quadrado é o contato n+). Os contatos 620 podem compreender pontos de contato entre diferentes camadas do sensor de imagem BSI. As regiões horizontais abaixo de cada arquitetura de 2 x 2 pixels compreende os transistores e componentes associados que são compartilhados pela estrutura 2 x 2 acima. A figura 6B ilustra a arquitetura de 2 x 2 pixels da figura 6A com os refletores metálicos adicionados 608 (correspondendo aos refletores metálicos 508) para cada uma das regiões de fotodetector 604. Como discutido acima, os refletores metálicos 608 podem ser formados para terem substancialmente o mesmo tamanho que a região de fotodetector 604. Em outras palavras, os refletores metálicos 608 podem ter a mesma, ou substancialmente a mesma área transversal que um pixel de sensor. De acordo, a área do refletor metálico 608 pode ser menor do que a área da região de fotodetector 604 como observado na figura 6B. Como ilustrado na figura 6B, os refletores metálicos 608 também se sobrepõem às portas de transferência (ou região de múltiplas portas) 610 de cada um dos pixels. No entanto, em algumas modalidades, os

refletores metálicos 608 podem não se sobrepor às portas de transferência 610 de cada um dos pixels.

[0064] A figura 6C inclui a arquitetura de 2 x 2 pixels da figura 6A com o conjunto adicionado de grades 618 (correspondendo à grade 518) para cada uma das regiões de fotodetector 604. Como ilustrado, o conjunto de grades 618 pode ser configurado para cobrir substancialmente todas as partes da região de fotodetector 604. Apesar de não ilustrado aqui, o conjunto de grades 618 pode ser configurado para ter mais ou menos área de região de fotodetector 604 coberta. Em algumas modalidades, o conjunto de graduações 618 pode compreender qualquer outro formato ou pode compreender uma pluralidade de formatos. Adicionalmente, apesar de não ilustrado nessa figura, o conjunto de estruturas de grade refletora pode ser configurado para sobrepor às portas de transferência 610 dos pixels. A figura 6D inclui a arquitetura de 2 x 2 pixels da figura 6A com os refletores metálicos adicionados 608 da figura 6B e o conjunto de grades 618 da figura 6C. Como ilustrado, os refletores metálicos 608 da figura 6B e o conjunto de grades 618 podem ser configurados para cobrir substancialmente toda a região de fotodetector 604 como ilustrado. Apesar de não ilustrado nas figuras 6C e 6D, o filme de alto índice de refração pode se sobrepor às grades 618 e região STI ilustrados pelas regiões de fotodetector 604.

[0065] A figura 7 é um fluxograma ilustrando um exemplo de um método de fabricação de um sensor de imagem BSI, de acordo com algumas modalidades. O método 700 começa no bloco 702 e prossegue para o bloco 704. No bloco

704, o método 700 de fabricação do sensor de imagem BSI forma uma ou mais regiões de fotodetector possuindo uma região ativa. Por exemplo, uma ou mais regiões de fotodetector podem corresponder à região de fotodetector 404 da figura 4. O método 700 então prossegue para o bloco 706, onde forma uma ou mais estruturas refletoras configuradas para confinar a luz dentro das cavidades refletoras. As estruturas refletoras podem compreender uma ou mais estruturas de grade 518 (figura 5), e as cavidades refletoras podem ser os espaços entre as estruturas de grade 518, por exemplo, espaços 520. O método 700, então, prossegue para o bloco 708, onde forma uma ou mais estruturas metálicas configuradas para interconectar os componentes da região de fotodetector. Essas e mais estruturas metálicas podem compreender qualquer um dentre os componentes metálicos que são formados dentro da parte de substrato 421 (figura 4), tal como portas de transferência, as camadas metálicas 414, o refletor metálico 408, etc. Uma vez que essas ou mais estruturas são formadas, o método 700 prossegue para o bloco 710, onde uma ou mais estruturas metálicas são isoladas uma da outra com uma região de material dielétrico, que pode corresponder à parte de substrato 421. O método 700 que progride para o bloco 712, onde uma camada antirreflexo é formada na borda da região de fotodetector oposta às estruturas metálicas. A camada antirreflexo pode corresponder à camada antirreflexo 403 da figura 4. Então, o método 700 prossegue para o bloco 714, onde uma ou mais microlentes são formadas e configuradas para coletar mais luz para dentro de uma ou mais regiões de fotodetector. As microlentes podem

corresponder às microlentes 402 da figura 4. Depois da formação de uma ou mais microlentes, o método 700 termina no bloco 716. Os blocos do método 700 indicados acima podem ser realizados em qualquer ordem. Alternativamente, o método 700 pode incluir blocos adicionais não ilustrados aqui ou podem excluir os blocos ilustrados aqui.

[0066] A figura 8 é um fluxograma ilustrando um exemplo de um método de captura de uma imagem através de um sensor de IR, de acordo com algumas modalidades. O método 800 começa no bloco 802 e prossegue para o bloco 804. No bloco 804, o método 800 foca a luz recebida em uma região de fotodetector de um pixel. A região de fotodetector pode corresponder à região de fotodetector 404 da figura 4 acima, e o pixel pode corresponder a uma estrutura correspondente à região de fotodetector 404 e qualquer substrato e interconexões metálicas associados, isolados das regiões de fotodetector vizinhas 404 e interconexões metálicas vizinhas. Em algumas modalidades, a luz é focada através das microlentes 402 da figura 4. O método 800, então, prossegue para o bloco 806, onde o método 800 converte a luz recebida em corrente através da região de fotodetector. O método 800, então, prossegue para o bloco 808, onde um comprimento de percurso da luz recebida é aumentado através de pelo menos uma parte da região de fotodetector através de um conjunto de uma ou mais estruturas refletoras. Em algumas modalidades, as estruturas refletoras podem corresponder às grades 518 (figura 5). O aumento do comprimento de percurso pode permitir que a região de fotodetector converta uma quantidade maior da luz recebida em corrente. Em algumas



modalidades, as estruturas refletoras podem ser combinadas com o refletor metálico 508. O método 800 então termina no bloco 810.

[0067] Como utilizado aqui, o termo "determinando" engloba uma ampla variedade de ações. Por exemplo, "determinando" pode incluir calculando, computando, processando, derivando, investigando, consultando (por exemplo, consultando uma tabela, uma base de dados ou outra estrutura de dados), avaliando e similares. Além disso, "determinando" pode incluir recebendo (por exemplo, recebendo informação), acessando (por exemplo, acessando dados em uma memória) e similares. Além disso, "determinando" pode incluir resolvendo, selecionando, escolhendo, estabelecendo e similares. Adicionalmente, uma "largura de canal", como utilizado aqui, pode englobar ou pode ser referida também como uma largura de banda em determinados aspectos.

[0068] Como utilizada aqui, uma frase fazendo referência a "pelo menos um dentre" uma lista de itens, se refere a qualquer combinação desses itens, incluindo elementos singulares. Como um exemplo, "pelo menos um dentre a, b ou c" deve cobrir: a, b, c, a-b, a-c, b-c e a-b-c.

[0069] As várias operações dos métodos descritos acima podem ser realizadas por qualquer meio adequado capaz de realizar as operações, tal como vários componentes de hardware e/ou software, circuitos e/ou módulos. Geralmente, quaisquer operações ilustradas nas figuras podem ser realizadas por meios funcionais correspondentes capazes de realizar as operações.

[0070] Como utilizado aqui, o termo interface pode fazer referência a hardware ou software configurado para conectar dois ou mais dispositivos juntos. Por exemplo, uma interface pode ser uma parte de um processador ou um barramento e pode ser configurada para permitir a comunicação de informação ou dados entre os dispositivos. A interface pode ser integrada a um chip ou outro dispositivo. Por exemplo, em algumas modalidades, uma interface pode compreender um receptor configurado para receber informação ou comunicações de um dispositivo em outro dispositivo. A interface (por exemplo, de um processador ou um barramento) pode receber informação ou dados processados por uma extremidade dianteira ou outro dispositivo ou pode processar a informação recebida. Em algumas modalidades, uma interface pode compreender um transmissor configurado para transmitir ou comunicar a informação ou os dados para outro dispositivo. Dessa forma, a interface pode transmitir informação ou dados ou pode preparar informação ou dados para enviar para transmissão (por exemplo, através de um barramento).

[0071] Os vários blocos lógicos, módulos e circuitos ilustrativos descritos com relação à presente descrição podem ser implementados ou realizados com um processador de finalidade geral, um processador de sinal digital (DSP), um circuito integrado específico de aplicativo (ASIC), um sinal de conjunto de porta programável em campo (FPGA) ou outro dispositivo lógico programável (PLD), porta discreta ou lógica de transistor, componentes de hardware discretos ou qualquer combinação dos mesmos projetada para realizar as funções descritas

aqui. Um processador de finalidade geral pode ser um microprocessador, mas, na alternativa, o processador pode ser qualquer processador, controlador, micro controlador ou máquina de estado comercialmente disponível. Um processador também pode ser implementado como uma combinação de dispositivos de computação, por exemplo uma combinação de um DSP e um microprocessador, uma pluralidade de microprocessadores, um ou mais microprocessadores em conjunto com um núcleo DSP, ou qualquer outra configuração similar.

[0072] Em um ou mais aspectos, as funções descritas podem ser implementadas em hardware, software, firmware ou qualquer combinação dos mesmos. Se implementadas em software, as funções podem ser armazenadas em ou transmitidas como uma ou mais instruções ou código em um meio legível por computador. O meio legível por computador inclui ambos o meio de armazenamento em computador e o meio de comunicação incluindo qualquer meio que facilite a transferência de um programa de computador de um lugar para outro. Um meio de armazenamento pode ser qualquer meio disponível que possa ser acessado por um computador. Por meio de exemplo, e não de limitação, tal meio legível por computador pode compreender RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM ou outro armazenamento em disco ótico, armazenamento em disco magnético ou outros dispositivos de armazenamento magnético, ou qualquer outro meio que possa ser utilizado para portar ou armazenar o código de programa desejado na forma de instruções ou estruturas de dados e que possa ser acessado por um computador. Além disso, qualquer conexão é adequadamente chamada de meio legível

por computador. Disquete e disco, como utilizados aqui, incluem disco compacto (CD), disco a laser, disco ótico, disco versátil digital (DVD), disquete e disco Blu-ray, onde disquetes normalmente reproduzem os dados magneticamente, enquanto os discos reproduzem os dados oticamente, com lasers. Dessa forma, em alguns aspectos, o meio legível por computador pode compreender meio legível por computador não transitório (por exemplo, meio tangível).

[0073] Os métodos descritos aqui compreendem uma ou mais etapas ou ações para alcançar o método descrito. As etapas e/ou ações do método podem ser intercambiadas uma com a outra sem se distanciar do escopo das reivindicações. Em outras palavras, a menos que uma ordem específica de etapas ou ações seja especificada, a ordem e/ou utilização de etapas e/ou ações específicas pode ser modificada sem se distanciar do escopo das reivindicações.

[0074] As funções descritas podem ser implementadas em hardware, software, firmware ou qualquer combinação dos mesmos. Se implementadas em software, as funções podem ser armazenadas como uma ou mais instruções em um meio legível por computador. Um meio de armazenamento pode ser qualquer meio disponível que possa ser acessado por um computador. Por meio de exemplo, e não de limitação, tal meio legível por computador pode compreender RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM ou outro armazenamento em disco ótico, armazenamento em disco magnético ou outros dispositivos de armazenamento magnético, ou qualquer outro meio que possa ser utilizado para portar ou armazenar código de programa

desejado na forma de instruções ou estruturas de dados e que possa ser acessado por um computador. Disquete e disco, como utilizados aqui, incluem disco compacto (CD), disco a laser, disco ótico, disco versátil digital (DVD), disquete, e disco Blu-ray®, onde disquetes normalmente reproduzem os dados magneticamente, enquanto os discos reproduzem os dados óticamente, com lasers.

[0075] Dessa forma, determinados aspectos podem compreender um produto de programa de computador para realizar as operações apresentadas aqui. Por exemplo, tal produto de programa de computador pode compreender um meio legível por computador possuindo instruções armazenadas no mesmo (e/ou codificadas), as instruções sendo executáveis por um ou mais processadores para realizar as operações descritas aqui. Para determinados aspectos, o produto de programa de computador pode incluir material de empacotamento.

[0076] Adicionalmente, deve-se apreciar que os módulos e/ou outros meios adequados para a realização dos métodos e técnicas descritos aqui podem ser descarregados e/ou de outra forma obtidos por um terminal de usuário e/ou estação base como aplicável. Por exemplo, tal dispositivo pode ser acoplado a um servidor para facilitar a transferência de meios para a realização dos métodos descritos aqui. Alternativamente, vários métodos descritos aqui podem ser fornecidos através dos meios de armazenamento (por exemplo, RAM ROM, um meio de armazenamento físico tal como um disco compacto (CD) ou disquete, etc.), de modo que um terminal de usuário e/ou estação base possa obter vários métodos mediante o

acoplamento ou fornecimento do meio de armazenamento para o dispositivo. Ademais, qualquer outra técnica adequada para fornecimento dos métodos e técnicas descritos aqui para um dispositivo pode ser utilizada.

[0077] Deve-se compreender que as reivindicações não estão limitadas à configuração e aos componentes precisos ilustrados acima. Várias modificações, mudanças e variações podem ser feitas na disposição, operação e detalhes dos métodos e aparelho descritos acima sem se distanciar do escopo das reivindicações.

[0078] Enquanto o acima exposto é direcionado aos aspectos da presente descrição, outros aspectos ou aspectos adicionais da descrição podem ser vislumbrados sem se distanciar do escopo básico da mesma, e o escopo da mesma é determinado pelas reivindicações que seguem.

### REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho de sensor de IR (500) para captura de uma imagem, compreendendo:

um conjunto de pixels de sensor configurado para converter luz em corrente, cada pixel de sensor do conjunto de pixels de sensor compreendendo:

uma região de fotodetector (504) configurada para converter luz em corrente; e

uma lente (502) configurada para focar a luz (506), que incide na lente, dentro da região de fotodetector, a lente posicionada adjacente à região de fotodetector de modo que a luz incidente se propague através da lente e para dentro da região de fotodetector;

um substrato (521) disposto de modo que a região de fotodetector esteja entre o substrato e a lente, o substrato possuindo um ou mais transistores formados no mesmo;

**caracterizado** pelo fato de que cada pixel de sensor do conjunto de pixels de sensor compreender ainda:

uma ou mais estruturas refletoras (518) posicionadas dentro da região de fotodetector de modo que uma parte da região de fotodetector esteja entre a uma ou mais estruturas refletoras e a lente, a uma ou mais estruturas refletoras configuradas para refletir a luz que atravessou pelo menos a parte da região de fotodetector dentro da região de fotodetector.

2. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a uma ou mais estruturas refletoras (518) compreenderem um conjunto de estruturas refletoras.

3. Aparelho, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado** pelo fato de que o conjunto de estruturas refletoras compreende uma grade possuindo uma pluralidade de superfícies que refletem a luz.

4. Aparelho, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que o conjunto de estruturas refletoras compreende uma pluralidade de estruturas possuindo um comprimento que se estende através da região do fotodetector, o conjunto de estruturas refletoras compreendendo adicionalmente espaços dispostos entre as estruturas refletoras adjacentes.

5. Aparelho, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que o conjunto de estruturas refletoras compreende estruturas dispostas em um conjunto bidimensional bi-periódico.

6. Aparelho, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que o conjunto de estruturas refletoras compreende estruturas dispostas em um conjunto bidimensional periódico.

7. Aparelho, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que o conjunto de estruturas refletoras é posicionado ao longo de uma borda da região de fotodetector adjacente ao substrato.

8. Aparelho, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que cada pixel de sensor do conjunto de pixels de sensor compreende adicionalmente uma camada antirreflexo disposta entre a lente e a região de fotodetector.

9. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que cada pixel de sensor do



conjunto de pixels de sensor compreende ainda um refletor disposto dentro do substrato e possuindo uma superfície alinhada para refletir a luz que se propaga através da região de fotodetector de volta para dentro da região de fotodetector.

10. Aparelho, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente uma camada de refração configurada para refratar a luz que se propaga através da pelo menos uma parte da região de fotodetector de volta através da região de fotodetector através de um filme de refração (524), o filme de refração (524) possuindo um índice maior de refração do que o substrato, em que o filme de refração (524) é posicionado entre o substrato e a uma ou mais estruturas refletoras e em cima das estruturas refletoras.

11. Método de captura de uma imagem com um sensor de IR possuindo um conjunto de pixels de sensor, **caracterizado** pelo fato de que compreende:

focar (804) a luz, através de uma lente, em uma região de fotodetector de um pixel do conjunto de pixels de sensor;

converter (806) a luz em corrente através da região de fotodetector; e

refletir a luz que se propaga através de pelo menos uma parte da região de fotodetector para dentro da região de fotodetector através de uma ou mais estruturas refletoras posicionadas dentro da região de fotodetector do pixel, em que o reflexo da luz para dentro da região de fotodetector aumenta (808) uma distância que a luz percorre dentro da região de fotodetector.

12. Método, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pelo fato de que a uma ou mais estruturas refletoras compreendem um conjunto de estruturas refletoras dispostas dentro da região de fotodetector.

13. Método, de acordo com a reivindicação 12, **caracterizado** pelo fato de que o conjunto de estruturas refletoras compreende uma grade possuindo uma pluralidade de superfícies que refletem a luz.

14. Método, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado** pelo fato de que compreende adicionalmente impedir a luz da região de fotodetector para a lente através de uma camada antirreflexo (503) disposta entre a lente e a região de fotodetector.

15. Método de fabricação de um pixel de sensor de um aparelho de sensor de IR (500) para capturar uma imagem, o aparelho de sensor de IR incluindo um conjunto de pixels de sensor, o método compreendendo:

a formação de uma região de fotodetector (504) configurada para converter luz em corrente;

a formação de uma lente (502) configurada para focar a luz que incide na lente na região de fotodetector, a lente posicionada adjacente à região de fotodetector de modo que a luz incidente se propague através da lente e para dentro da região de fotodetector; e

a formação de um substrato disposto de modo que a região de fotodetector esteja entre o substrato e a lente, o substrato possuindo um ou mais transistores formados no mesmo;

**caracterizado** pelo fato de que compreende ainda:

a formação de uma ou mais estruturas refletoras

(518) posicionadas dentro da região de fotodetector de modo que pelo menos a parte da região de fotodetector esteja entre a uma ou mais estruturas refletoras e a lente, a uma ou mais estruturas refletoras configuradas para refletir luz que passou através da pelo menos a parte da região de fotodetector para dentro da região de fotodetector.

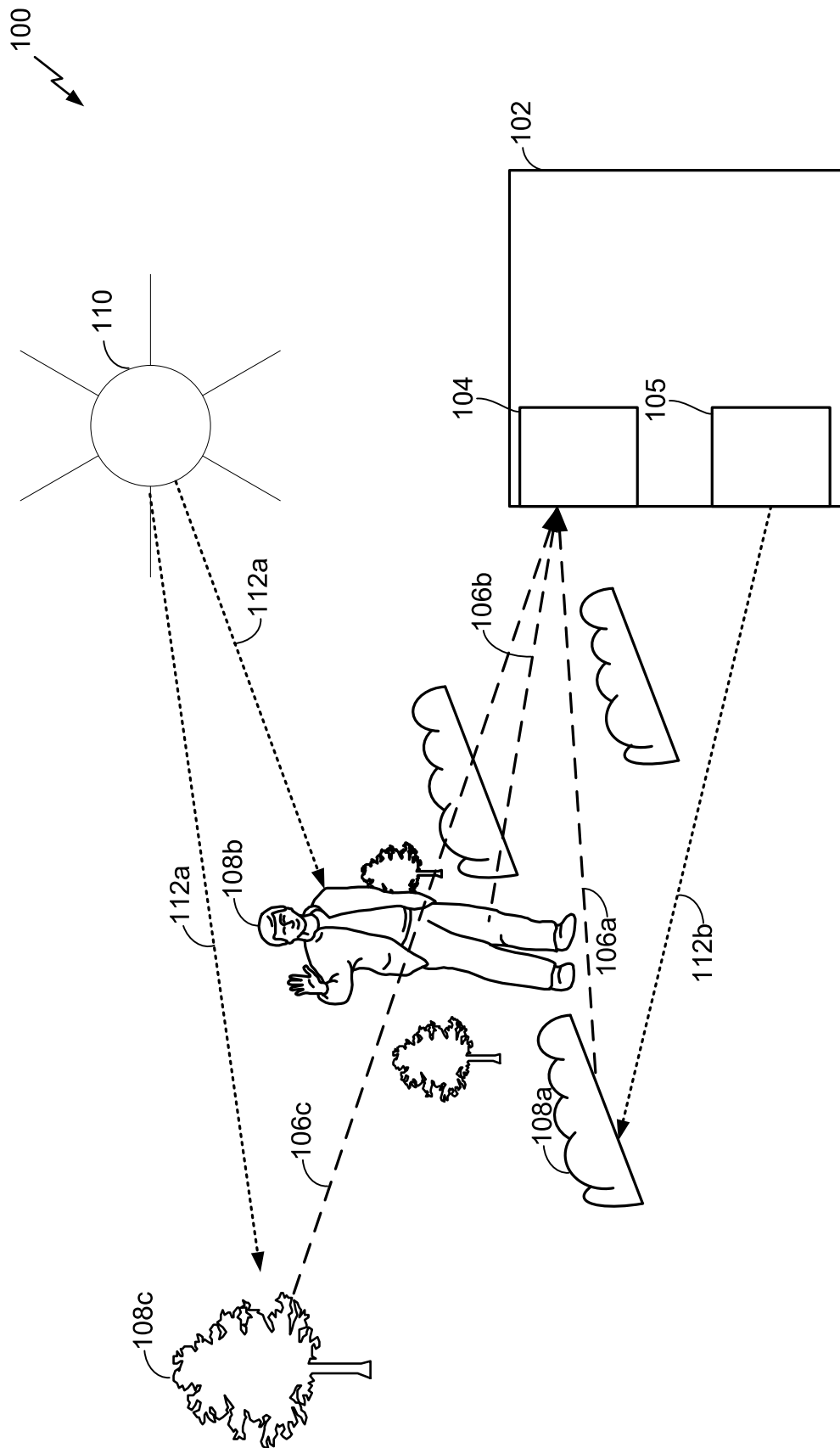
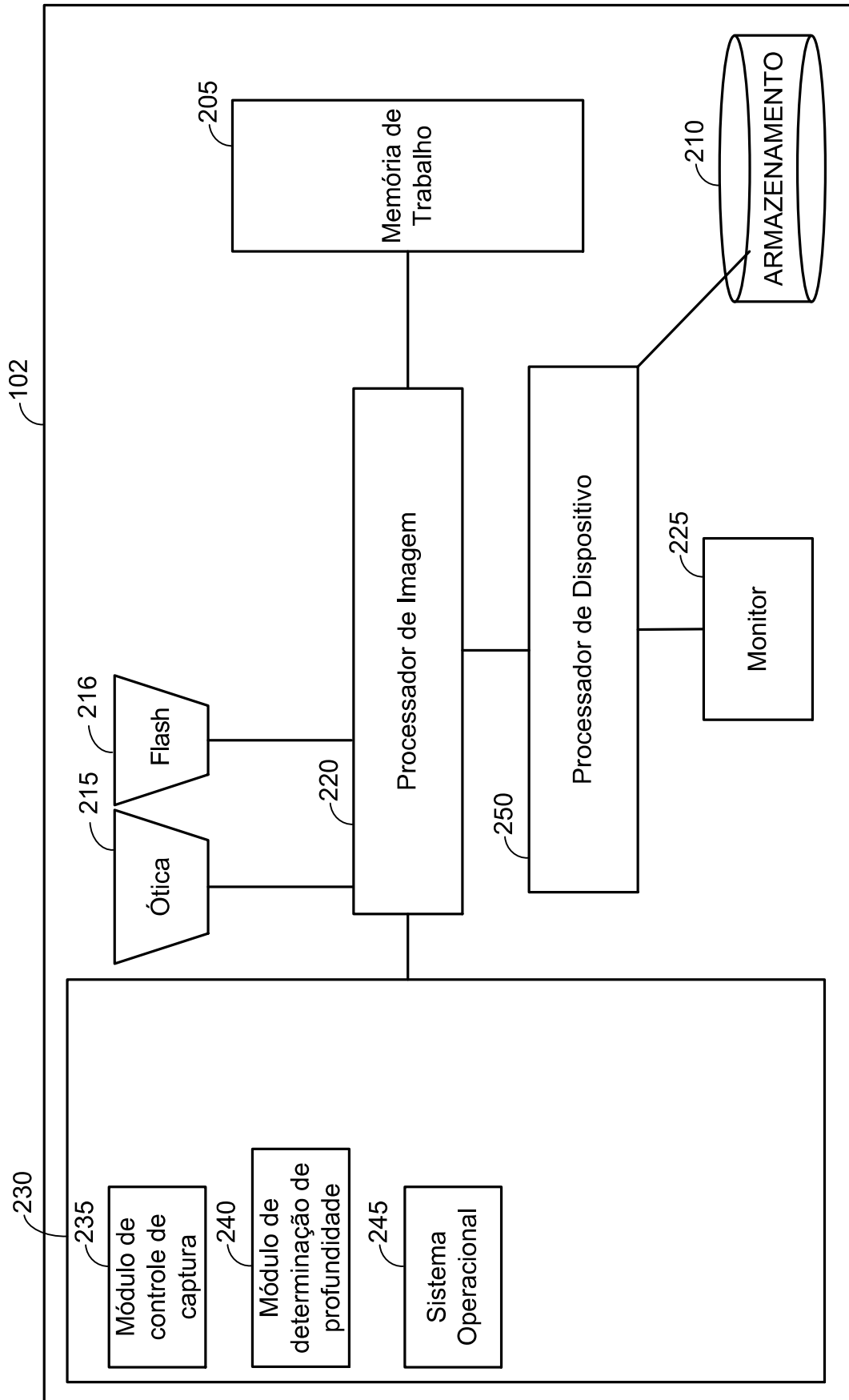


FIG. 1

**FIG. 2**

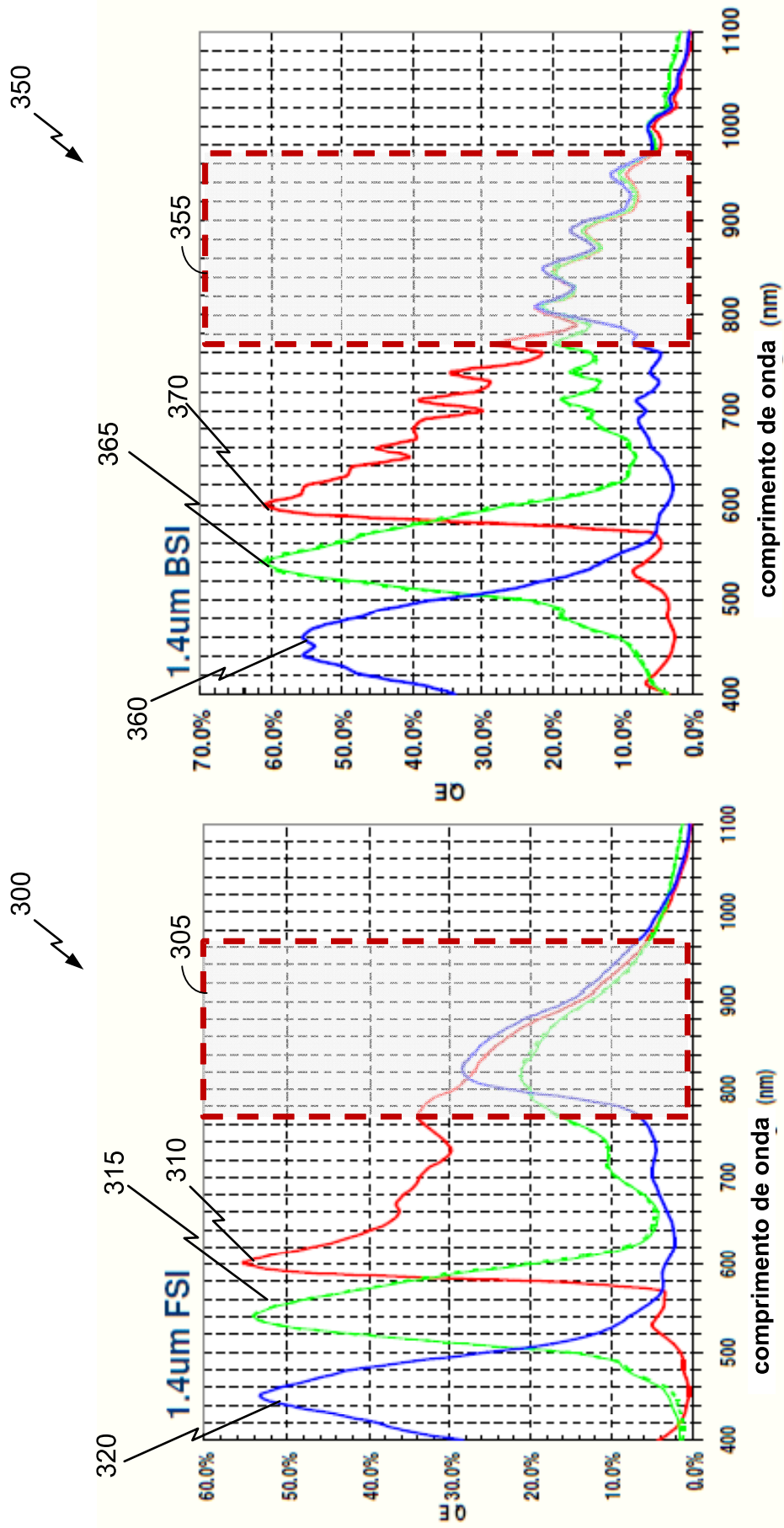
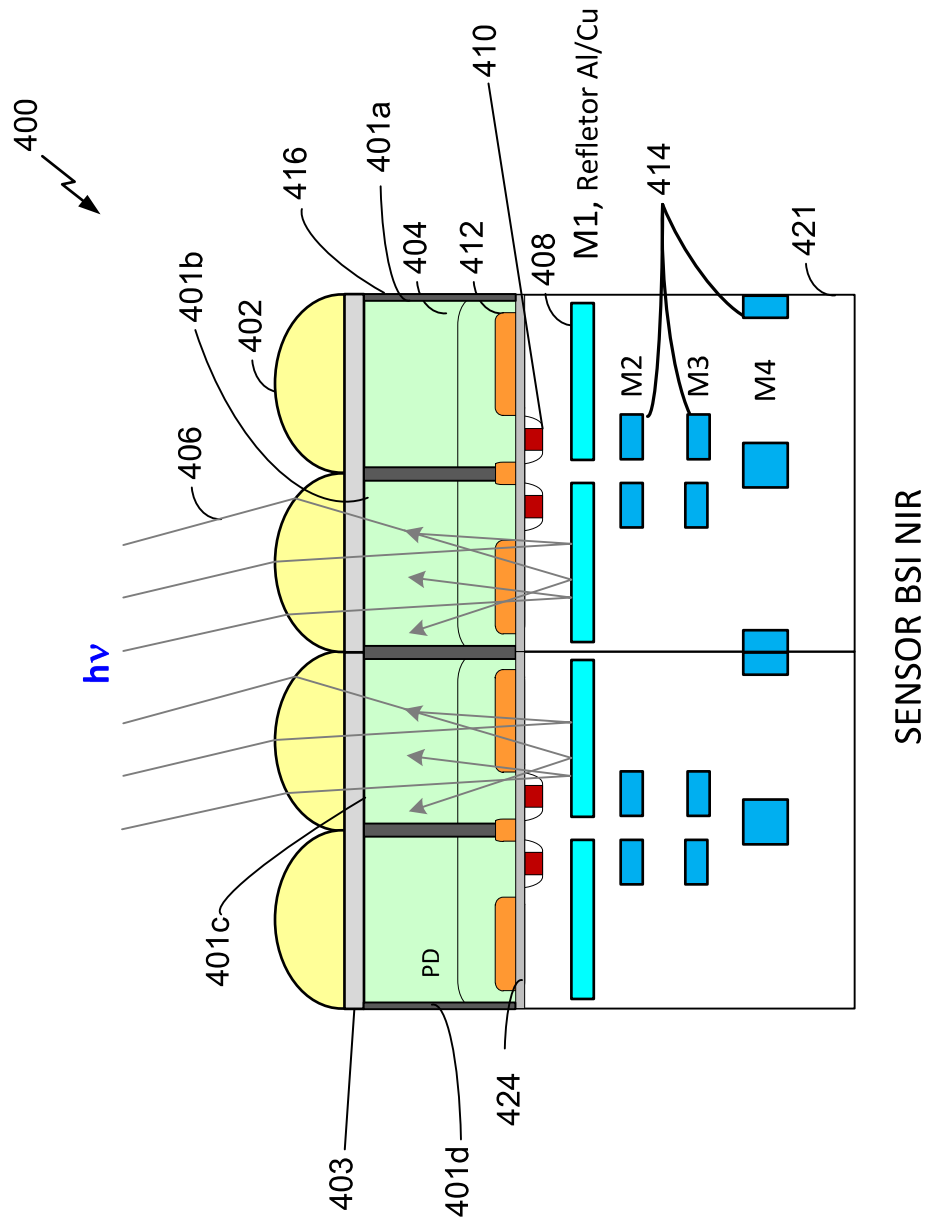
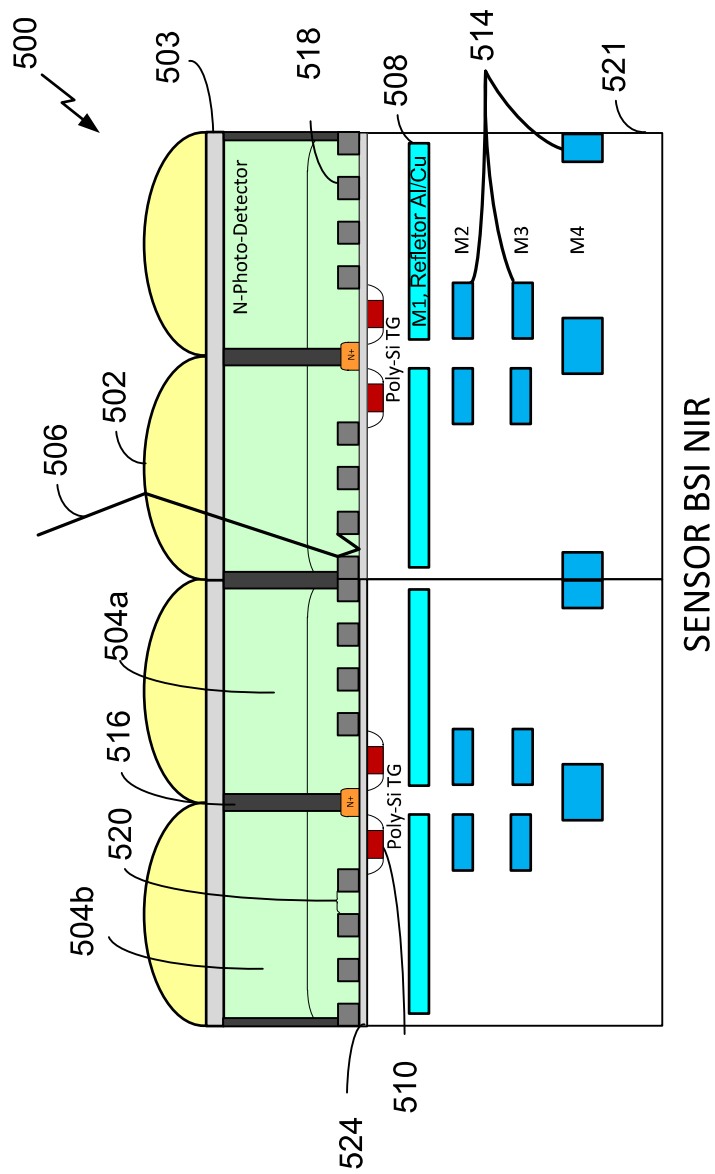


FIG. 3B

FIG. 3A

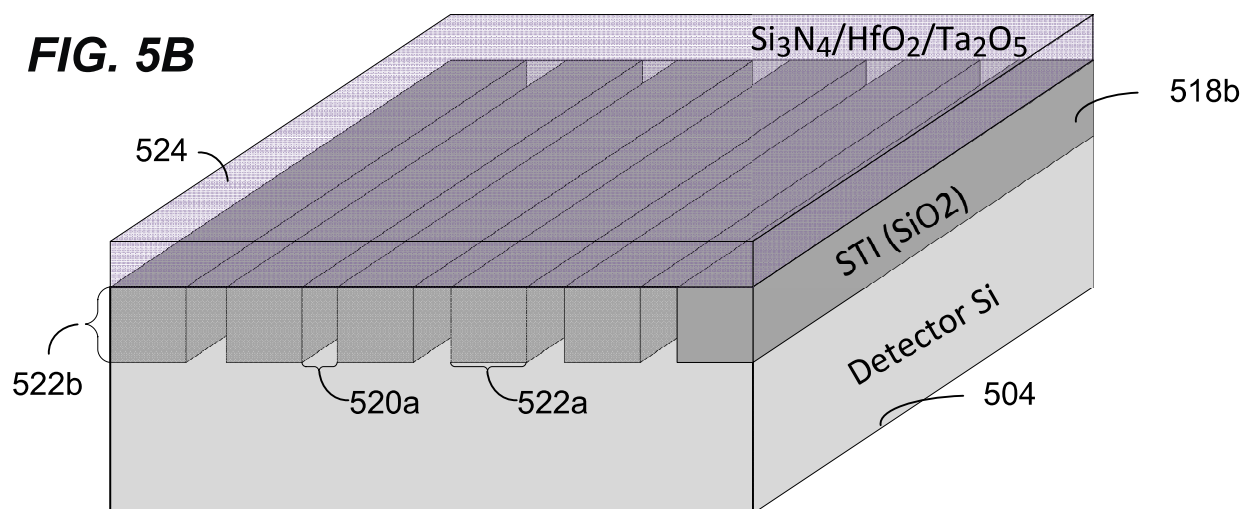
**FIG. 4**



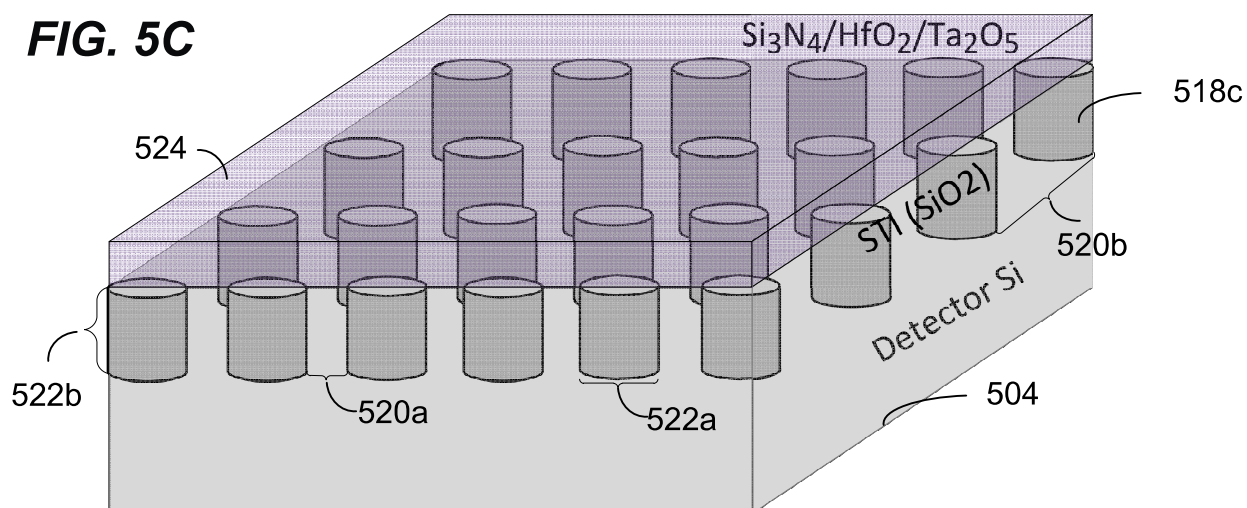
**FIG. 5A**



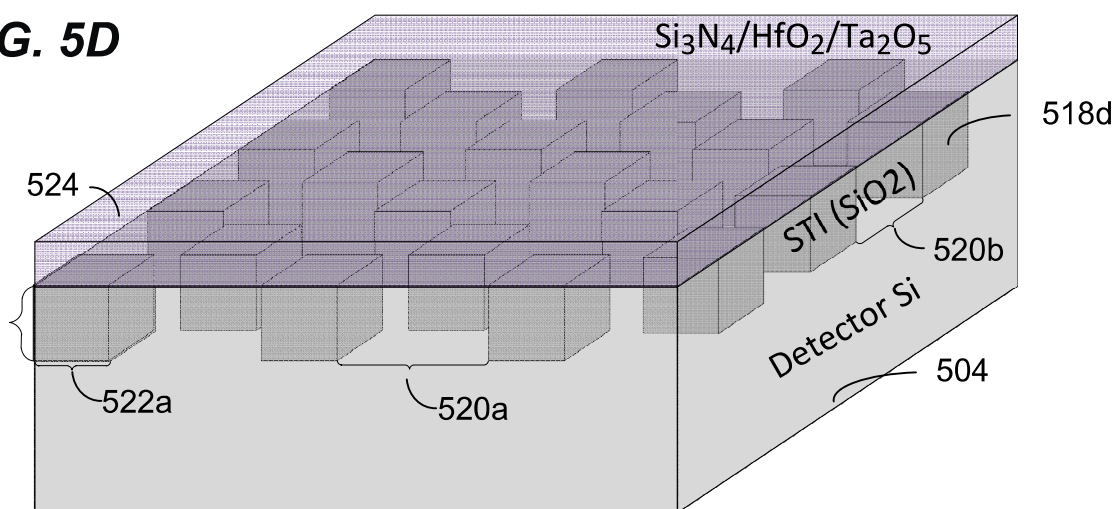
**FIG. 5B**

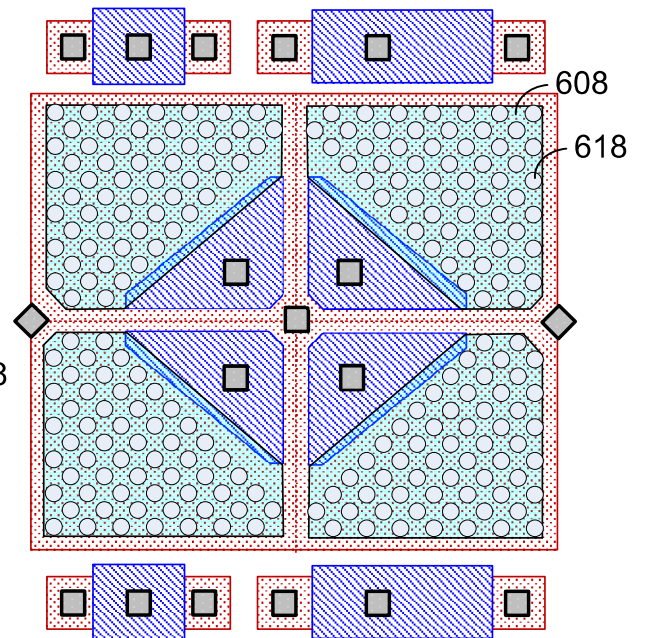
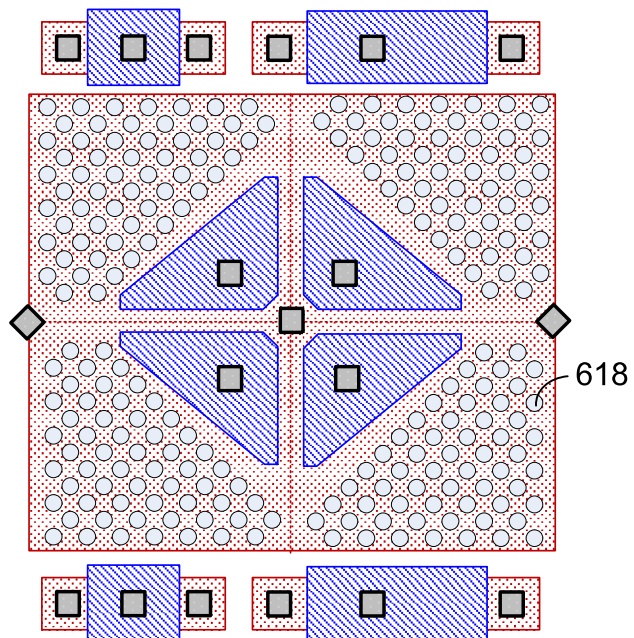
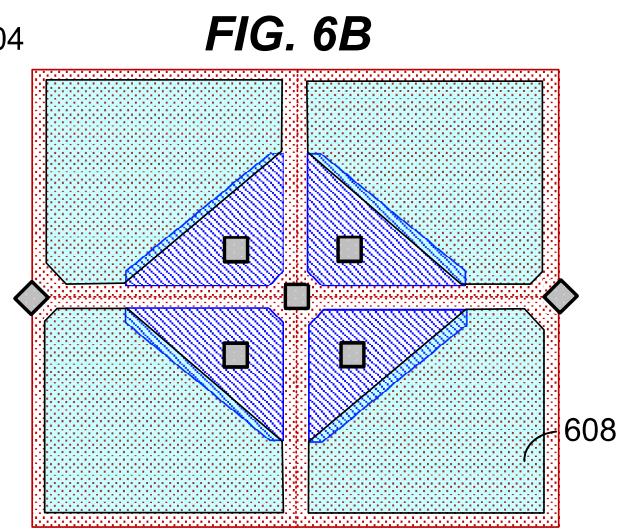
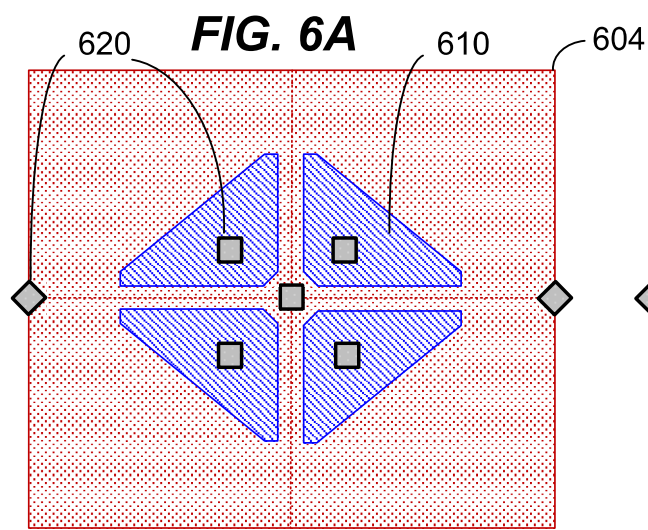


**FIG. 5C**



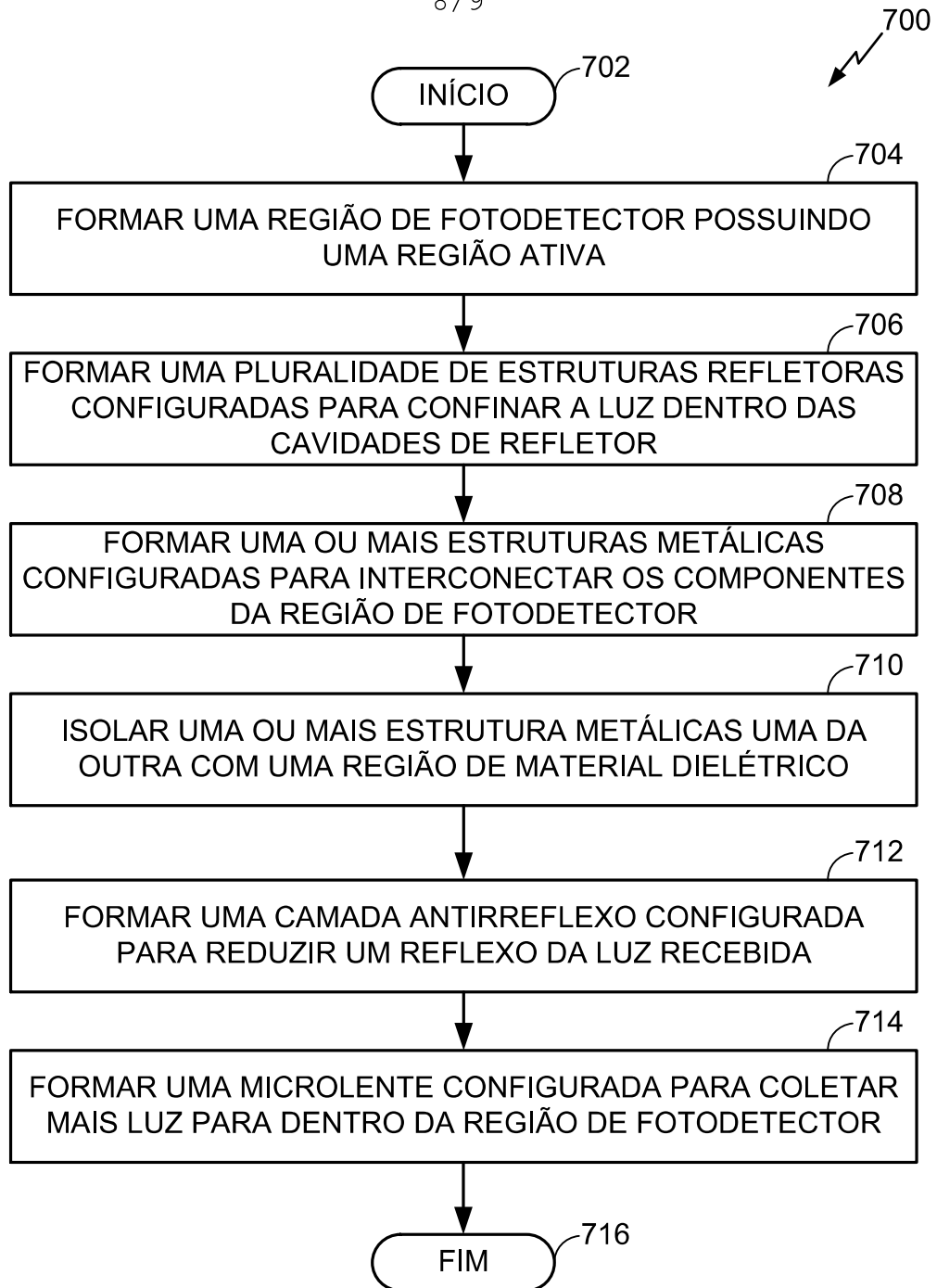
**FIG. 5D**

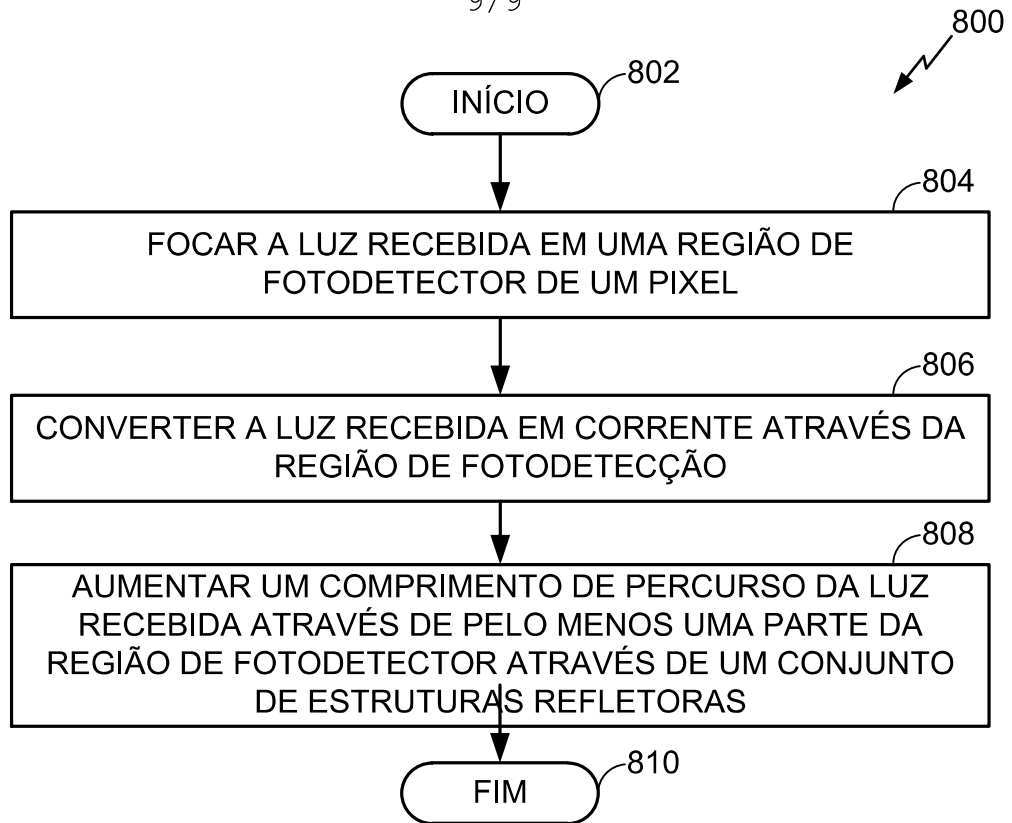




**FIG. 6C**

**FIG. 6D**

**FIG. 7**

**FIG. 8**