



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

(21) BR 102017010780-9 A2

(22) Data do Depósito: 23/05/2017

(43) Data da Publicação: 12/12/2017



* B R 1 0 2 0 1 7 0 1 0 7 8 0 A

(54) **Título:** APARELHO DE CONVERSÃO FOTOELÉTRICA E APARELHO DE LEITURA DE IMAGEM

(51) **Int. Cl.:** H04N 1/028

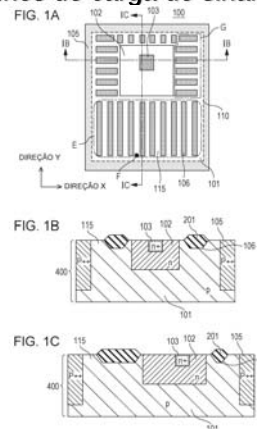
(30) **Prioridade Unionista:** 24/05/2016 JP 2016-103716

(73) **Titular(es):** CANON KABUSHIKI KAISHA

(72) **Inventor(es):** TATSUYA SUZUKI; TORU KOIZUMI; MASANORI OGURA; TAKANORI SUZUKI; JUN IBA

(74) **Procurador(es):** LUIZ LEONARDOS & ADVOGADOS

(57) **Resumo:** APARELHO DE CONVERSÃO FOTOELÉTRICA E APARELHO DE LEITURA DE IMAGEM. Um aparelho de conversão fotoelétrica inclui um substrato semicondutor que tem uma superfície principal incluindo porções rebaixadas, e corpos isolantes nas porções rebaixadas. O substrato semicondutor inclui elementos de conversão fotoelétrica, cada um dos quais inclui uma primeira região semicondutora de um primeiro tipo de condutividade, uma segunda região semicondutora de um segundo tipo de condutividade, e uma terceira região semicondutora do segundo tipo de condutividade que tem pelo menos uma porção disposta mais próxima da superfície principal relativa à segunda região semicondutora. A segunda região semicondutora tem uma polaridade da carga de sinal. A segunda região semicondutora fica em contato com a primeira e terceira regiões semicondutoras. Caminhos de carga de sinal são dispostos entre as porções rebaixadas em uma seção transversal perpendicular à superfície principal. Pelo menos uma da segunda e terceira regiões semicondutoras é posicionada em direções de pelo menos dois dos caminhos de carga de sinal.



“APARELHO DE CONVERSÃO FOTOELÉTRICA E APARELHO DE LEITURA DE IMAGEM”

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

CAMPO DA INVENÇÃO

[0001] A presente invenção diz respeito a um aparelho de conversão fotoelétrica e um aparelho de leitura de imagem.

DESCRIÇÃO DA TÉCNICA RELACIONADA

[0002] Aparelhos de conversão fotoelétrica nos quais um fotodiodo formado pela junção PN de regiões semicondutoras do primeiro e segundo tipo de condutividade é usado como um elemento de conversão fotoelétrica, e aparelho de leitura de imagens usando o aparelho de conversão fotoelétricas têm sido usados. Em geral, aparelhos de leitura de imagem exigem alta sensibilidade e alta qualidade de imagem. Para melhorar a sensibilidade, na Fig. 1 da Patente Japonesa em aberto No. 2004-312039, um aparelho de conversão fotoelétrica, que inclui uma grande região de coleta de carga formada nele com a mesma polaridade da carga a ser coletada, de maneira que a eficiência de coleta de carga é melhorada, foi proposto para abordar a desvantagem do aumento no tamanho de uma área de recepção de luz. Além disso, a provisão de uma oxidação local da região de silício (LOCOS) em uma superfície principal de um elemento de conversão fotoelétrica é descrita em uma Patente Japonesa em aberto No. 2011-124522. Dessa forma, uma configuração de um aparelho de conversão fotoelétrica que reduz a ocorrência de um estado no qual uma característica de saída do aparelho de conversão fotoelétrica corresponde a uma forma de onda (uma ondulação) relativa a um comprimento de onda de luz incidente é proposta na Patente Japonesa em aberto No. 2011-124522.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0003] De acordo com uma modalidade da presente invenção, um aparelho de conversão fotoelétrica inclui um substrato semiconductor configurado para ter uma superfície principal incluindo porções rebaixadas, e corpos isolantes configurados para ser dispostos nas porções rebaixadas. O substrato semiconductor inclui

elementos de conversão fotoelétrica, cada um dos quais inclui uma primeira região semicondutora de um primeiro tipo de condutividade, uma segunda região semicondutora de um segundo tipo de condutividade que é oposto ao primeiro tipo de condutividade, e uma terceira região semicondutora do segundo tipo de condutividade que tem uma concentração de impurezas maior que uma concentração de impurezas da segunda região semicondutora, e que tem pelo menos uma porção disposta mais próxima da superfície principal relativa à segunda região semicondutora. A segunda região semicondutora tem uma polaridade igual a uma polaridade da carga de sinal. A segunda região semicondutora fica em contato com a primeira e terceira regiões semicondutoras. A primeira e segunda regiões semicondutoras formam uma porção da junção PN. Caminhos de carga de sinal são dispostos entre as porções rebaixadas em uma seção transversal perpendicular à superfície principal. Os caminhos de carga de sinal incluem, em uma vista plana da superfície principal, um primeiro caminho de carga de sinal com um comprimento em uma primeira direção maior que um comprimento em uma segunda direção que é diferente da primeira direção, e um segundo caminho de carga de sinal com um comprimento em uma terceira direção, que é diferente da primeira direção, maior que um comprimento em uma quarta direção que é diferente da terceira direção. Pelo menos uma da segunda e terceira regiões semicondutoras inclui uma região que fica em uma linha paralela à primeira direção e que passa pelo primeiro caminho de carga de sinal, e que fica em uma linha paralela à segunda direção e que passa pelo segundo caminho de carga de sinal.

[0004] De acordo com uma outra modalidade da presente invenção, um aparelho de conversão fotoelétrica inclui um substrato semicondutor configurado para ter uma superfície principal incluindo porções rebaixadas, e corpos isolantes configurados para ser dispostos nas porções rebaixadas. O substrato semicondutor inclui elementos de conversão fotoelétrica, cada um dos quais inclui uma primeira região semicondutora de um primeiro tipo de condutividade e uma segunda região semicondutora de um segundo tipo de condutividade que é oposto ao primeiro tipo de condutividade. A segunda região semicondutora tem uma polaridade igual a uma

polaridade da carga de sinal. Cada dos elementos de conversão fotoelétrica inclui adicionalmente uma terceira região semicondutora do segundo tipo de condutividade que tem uma concentração de impurezas mais alta que uma concentração de impurezas da segunda região semicondutora, e que tem pelo menos uma porção dispostas mais próxima da superfície principal relativa à segunda região semicondutora, uma quarta região semicondutora do primeiro tipo de condutividade que é formada entre as porções rebaixadas em uma seção transversal perpendicular à superfície principal, e que tem uma concentração de impurezas mais alta que uma concentração de impurezas da primeira região semicondutora, e uma quinta região semicondutora que é formada em uma direção da profundidade da quarta região semicondutora na seção transversal perpendicular à superfície principal, e que tem uma concentração de impurezas do primeiro tipo de condutividade mais baixo que o da concentração de impurezas da quarta região semicondutora. A segunda região semicondutora fica em contato com a primeira e terceira regiões semicondutoras. A primeira e segunda regiões semicondutoras formam uma porção da junção PN. A quinta região semicondutora é posicionada entre as porções rebaixadas na seção transversal perpendicular à superfície principal. A quinta região semicondutora inclui, em uma vista plana da superfície principal, uma primeira porção com um comprimento em uma primeira direção maior que um comprimento em uma segunda direção que é diferente da primeira direção, e uma segunda porção com um comprimento em uma terceira direção, que é diferente da primeira direção, maior que um comprimento em uma quarta direção que é diferente da terceira direção. Pelo menos uma da segunda e terceira regiões semicondutoras inclui uma região que fica em uma linha paralela à primeira direção e que passa pela primeira porção da quinta região semicondutora e que fica em uma linha paralela à segunda direção que passa pela segunda porção da quinta região semicondutora.

[0005] Recursos adicionais da presente invenção ficarão aparentes a partir da descrição seguinte de modalidades exemplares com referência aos desenhos anexos.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

- [0006]** Fig. 1A é uma vista plana e as Figs. 1B e 1C são vistas seccionais transversais de porções de um aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com uma primeira modalidade.
- [0007]** Fig. 2 é uma vista plana de uma porção do aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com a primeira modalidade.
- [0008]** Figs. 3A a 3D são vistas seccionais transversais de porções do aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com a primeira modalidade.
- [0009]** Fig. 4 é uma vista seccional transversal de uma porção do aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com a primeira modalidade.
- [0010]** Fig. 5 é um diagrama de circuito de uma porção do aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com a primeira modalidade.
- [0011]** Fig. 6 é uma vista seccional transversal esquemática de uma porção rebaixada de acordo com a primeira modalidade.
- [0012]** Figs. 7A e 7B são vistas planas de porções do aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com a primeira modalidade.
- [0013]** Figs. 8A e 8B são vistas planas de um aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com um exemplo comparativo da primeira modalidade.
- [0014]** Fig. 9 é uma vista plana de uma porção de um aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com uma segunda modalidade.
- [0015]** Fig. 10 é uma vista plana de uma porção de um aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com uma terceira modalidade.
- [0016]** Fig. 11 é uma vista seccional transversal de porções rebaixadas de acordo com a terceira modalidade.
- [0017]** Fig. 12 é uma vista plana de uma porção de um aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com uma quarta modalidade.
- [0018]** Fig. 13 é uma vista seccional transversal de uma porção de um aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com uma quinta modalidade.
- [0019]** Figs. 14A e 14B são vistas planas de porções de um aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com uma sexta modalidade.
- [0020]** Fig. 15 é um diagrama ilustrando um aparelho de leitura de imagem de

acordo com uma sétima modalidade.

DESCRIÇÃO DAS MODALIDADES

[0021] A seguir, exemplos de porções de um aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com modalidades serão descritos com referência aos desenhos anexos. Nas modalidades a seguir, é descrito um caso onde elétrons são usados como carga do sinal. Entretanto, se furos forem usados como carga do sinal, uma região semicondutora tipo P é substituída por uma região semicondutora tipo N e uma região semicondutora tipo N é substituída por uma região semicondutora tipo P. Cada das modalidades da presente invenção descritas a seguir pode ser implementada individualmente ou como uma combinação de uma pluralidade das modalidades ou recursos das mesmas onde necessário ou onde a combinação de elementos ou recursos de modalidades individuais em uma única modalidade é benéfica.

[0022] Considera-se aqui que uma região LOCOS é provida para reduzir a ocorrência de uma ondulação como descrito na Patente Japonesa em aberto No. 2011-124522 em um aparelho de conversão fotoelétrica com uma grande região de coleta de carga de uma polaridade igual à da carga a ser coletada descrito na Patente Japonesa em aberto No. 2004-312039. Neste caso, a região LOCOS não serve como um caminho de movimento de carga do sinal (um caminho de carga de sinal), e, portanto, movimento de carga é bloqueado dependendo de uma posição e de uma forma da região LOCOS e a eficiência de coleta de carga é degradada.

[0023] A Fig. 1A é uma vista plana de um exemplo de uma porção de um aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com esta modalidade. As Figs. 1B e 1C são vistas seccionais transversais feitas ao longo de uma linha IB a IB e uma linha IC a IC da Fig. 1A, respectivamente. Um aparelho de conversão fotoelétrica 100 inclui uma pluralidade de elementos de conversão fotoelétrica 110 isolada por uma porção de isolamento de elemento 105.

[0024] Luz entra por uma superfície principal com uma pluralidade de porções rebaixasadas 106 incluída em um substrato semicondutor 400, passa por uma película protetora ou uma película isolante intercamadas, não ilustrada, disposta na

superfície principal do substrato semicondutor 400, e é incidente no substrato semicondutor 400. A luz pode ter características espectrais nas quais uma saída tem uma forma de onda (uma ondulação) relativa a um comprimento de onda por causa das múltiplas reflexões em uma superfície limite entre a superfície principal do substrato semicondutor 400 e a película isolante intercadas, não ilustrada, disposta na superfície principal. Se a planicidade da superfície principal do substrato semicondutor 400 for alta, ocorre uma ondulação na saída.

[0025] Por outro lado, o aparelho de conversão fotoelétrica 100 ilustrado na Fig. 1A inclui o substrato semicondutor 400 com as porções rebaixadas 106 na superfície principal e corpos isolantes 201 dispostos nas porções rebaixadas 106, por exemplo. Com esta configuração, um comprimento do caminho óptico até a reflexão da superfície principal do substrato semicondutor 400 varia dependendo da posição incidente da luz e, portanto, a luz refletida tem uma diferença de fase. Uma vez que a luz refletida e a luz incidente com diferentes fases interferem uma na outra, a ocorrência de uma ondulação nas características de saída do aparelho de conversão fotoelétrica 100 pode ser reduzida. Por exemplo, a pluralidade de porções rebaixadas 106 pode ser formada formando-se a região LOCOS no substrato semicondutor 400.

[0026] O substrato semicondutor 400 (Fig. 1B) inclui o elemento de conversão fotoelétrica 110 incluindo uma primeira região semicondutora 101 de um primeiro tipo de condutividade (tipo P), uma segunda região semicondutora 102 de um tipo de condutividade (tipo N) oposta ao primeiro tipo de condutividade, e uma terceira região semicondutora 103 de um segundo tipo de condutividade. Os tipos de condutividade da segunda região semicondutora 102 e da terceira região semicondutora 103 têm uma polaridade igual à da carga de sinal do elemento de conversão fotoelétrica 110. Uma concentração de impurezas da terceira região semicondutora 103 é maior que da segunda região semicondutora 102, e pelo menos uma porção da terceira região semicondutora 103 é disposta no lado da superfície principal relativo à segunda região semicondutora 102. Note que a concentração de impurezas significa uma concentração de impurezas líquida

compensada com impureza de um tipo de condutividade oposta, ou seja, uma assim chamada concentração NET.

[0027] A segunda região semicondutora 102 fica em contato com a primeira região semicondutora 101 e a terceira região semicondutora 103. No aparelho de conversão fotoelétrica 100, uma vez que a segunda região semicondutora 102 com uma polaridade igual à da carga a ser coletada é formada em contato com a primeira região semicondutora 101 com um tipo de condutividade diferente da carga a ser coletada, a junção PN é gerada. Além disso, a segunda região semicondutora 102 fica em contato com a região semicondutora com o segundo tipo de condutividade (a terceira região semicondutora 103) funcionando como um eletrodo. Dessa forma, carga pode ser coletada na terceira região semicondutora 103 através da segunda região semicondutora 102 usando um fenômeno de arrasto.

[0028] Dessa forma, uma vez que o aparelho de conversão fotoelétrica 100 inclui a segunda região semicondutora 102, carga pode ser mais eficientemente coletada quando comparada com um caso onde o aparelho de conversão fotoelétrica 100 não inclui a segunda região semicondutora 102 e a carga é coletada na terceira região semicondutora 103 por difusão da carga incluída na primeira região semicondutora 101.

[0029] Entretanto, quando o substrato semicondutor 400 inclui uma pluralidade de porções rebaixadas 106 na superfície principal, os corpos isolantes 201 dispostos nas porções rebaixadas 106 não funcionam como caminhos de movimento de carga do sinal. Dessa forma, carga em uma região no lado da superfície principal do substrato semicondutor 400 move em regiões entre a pluralidade de porções rebaixadas 106 do substrato semicondutor 400. Especificamente, o aparelho de conversão fotoelétrica 100 tem uma pluralidade de caminhos de carga de sinal entre a pluralidade de porções rebaixadas 106 do substrato semicondutor 400.

[0030] Considera-se aqui que, na vista plana da superfície principal, uma direção de extensão de um primeiro caminho de carga de sinal posicionada entre um par das porções rebaixadas 106 é determinada como uma primeira direção, e uma direção de extensão de um segundo caminho de carga de sinal entre um outro par

das porções rebaixadas 106 é determinada como uma segunda direção. A segunda direção intercepta a primeira direção. Considera-se adicionalmente aqui que, neste estado, pelo menos uma da segunda região semicondutora 102 e da terceira região semicondutora 103 é disposta em uma região na primeira direção do primeiro caminho de carga de sinal, e na segunda direção do segundo caminho de carga de sinal. Portanto, pelo menos uma da segunda região semicondutora 102 e da terceira região semicondutora 103 inclui uma região que fica em uma linha paralela à primeira direção e que passa pelo primeiro caminho de carga de sinal, e que fica em uma linha paralela à segunda direção e que passa pelo segundo caminho de carga de sinal. Com esta configuração do aparelho de conversão fotoelétrica 100, pelo menos a carga do sinal no primeiro e segundo caminhos de carga de sinal que movem para a segunda região semicondutora 102 ou para a terceira região semicondutora 103 não pode ser bloqueada pelas porções rebaixadas 106. Além disso, com esta configuração, a eficiência de coleta de carga do sinal pode ser melhorada, quando comparada com um caso onde a segunda região semicondutora 102 e a terceira região semicondutora 103 são dispostas somente em uma das direções de extensão dos caminhos de carga de sinal entre a pluralidade de porções rebaixadas 106.

[0031] Por exemplo, em uma região E da Fig. 1A, o primeiro caminho de carga de sinal entre as porções rebaixadas 106 em uma primeira direção (uma direção Y) é maior que em uma segunda direção (uma direção X) que é diferente da primeira direção. Além disso, em uma região G, o segundo caminho de carga de sinal entre as porções rebaixadas 106 em uma terceira direção (a direção X aqui) é maior que em uma quarta direção (a direção Y). Aqui, embora um caso onde a primeira e terceira direções são ortogonais entre si é descrito nesta modalidade, as direções não são limitadas a isto, desde que a primeira e terceira direções sejam diferentes (se interceptem) uma da outra. No aparelho de conversão fotoelétrica 100 supradescrito, pelo menos uma da segunda região semicondutora 102 e da terceira região semicondutora 103 é disposta em uma região na primeira direção do primeiro caminho de carga de sinal e na segunda direção do segundo caminho de carga de

sinal.

[0032] Com esta configuração, a primeira carga do sinal no primeiro caminho de carga de sinal e a segunda carga de sinal no segundo caminho de carga de sinal podem mover suavemente para a segunda região semicondutora 102 ou para a terceira região semicondutora 103.

[0033] Por outro lado, um caso onde, como com o caso da região E, os caminhos de carga de sinal entre a pluralidade de porções rebaixadas 106 na primeira direção (a direção Y) são maiores que aqueles na segunda direção (a direção X) em uma região G serão considerados como um exemplo. Neste caso, a carga do sinal pode não mover para a segunda região semicondutora 102 ou para a terceira região semicondutora 103, mesmo se a carga do sinal mover nos caminhos de carga de sinal, ou a carga do sinal precisar desviar. Especificamente, neste caso, as porções rebaixadas 106 são formadas através dos caminhos de movimento da carga nos quais a carga do sinal nos caminhos de carga de sinal move para a segunda região semicondutora 102 e, portanto, o movimento de carga de sinal para a segunda região semicondutora 102 ou para a terceira região semicondutora 103 é bloqueado.

[0034] Dessa forma, com esta configuração do aparelho de conversão fotoelétrica 100 nesta especificação, a ocorrência de uma ondulação pode ser abordada enquanto a eficiência de coleta de carga é melhorada.

[0035] Considerando que uma região na qual a pluralidade de caminhos de carga de sinal entre a pluralidade de porções rebaixadas 106 é disposta é determinada como uma quinta região semicondutora 115, regiões entre a pluralidade de porções rebaixadas 106 na primeira região semicondutora 101 são a quinta região semicondutora 115 no aparelho de conversão fotoelétrica 100 ilustrados nas Figs. 1A a 1C.

[0036] Além disso, como ilustrado na Fig. 2 e Figs. 3A a 3D, o aparelho de conversão fotoelétrica 100 pode incluir uma quarta região semicondutora 104 do primeiro tipo de condutividade no lado da superfície principal que tem a pluralidade de porções rebaixadas 106 do substrato semicondutor 400. A quarta região

semicondutora 104 é disposta entre a pluralidade de porções rebaixadas 106 em uma vista seccional transversal da superfície principal, e a pluralidade de porções rebaixadas 106 é individualmente circundada pela quarta região semicondutora 104.

[0037] A quarta região semicondutora 104 tem uma concentração de impurezas mais alta que a da primeira região semicondutora 101. Neste caso, a quinta região semicondutora 115 é disposta oposta à superfície principal da quarta região semicondutora 104 e tem uma concentração de impurezas do primeiro tipo de condutividade mais baixo que o da quarta região semicondutora 104. Portanto, a quinta região semicondutora 115 pode ser vista como caminhos de carga de sinal entre a pluralidade de porções rebaixadas 106.

[0038] A quinta região semicondutora 115 pode ser o primeiro tipo de condutividade ou o segundo tipo de condutividade, desde que a quinta região semicondutora 115 tenha a concentração de impurezas do primeiro tipo de condutividade mais baixo que o da quarta região semicondutora 104. Na Fig. 2 e Figs. 3A a 3D, um caso onde a quinta região semicondutora 115 tem o primeiro tipo de condutividade e é uma porção da primeira região semicondutora 101 é ilustrado.

[0039] A quinta região semicondutora 115 é posicionada entre a pluralidade de porções rebaixada 106 na vista seccional transversal que é perpendicular à superfície principal que tem a pluralidade de porções rebaixadas 106. A quinta região semicondutora 115 tem uma primeira porção com um comprimento na primeira direção que é maior que na segunda direção na vista plana de uma superfície principal. A primeira direção é diferente da segunda direção. Além disso, a quinta região semicondutora 115 tem uma segunda porção com um comprimento na terceira direção que é maior que na quarta direção na vista plana da superfície principal. A terceira direção é diferente da quarta direção. Por exemplo, na Fig. 2, a primeira, segunda, terceira e quarta direções correspondem às direções Y, X, X, e Y, respectivamente.

[0040] Pelo menos uma da segunda região semicondutora 102 e da terceira região semicondutora 103 é disposta em uma posição na primeira direção da primeira porção da quinta região semicondutora 115 e na segunda direção da

segunda porção da quinta região semicondutora 115. Ou seja, pelo menos uma da segunda região semicondutora 102 e da terceira região semicondutora 103 inclui uma região que fica em uma linha paralela à primeira direção e que passa pela primeira porção da quinta região semicondutora 115, e que fica em uma linha paralela à segunda direção e que passa pela segunda porção da quinta região semicondutora 115. Note que não é necessariamente o caso que a primeira e terceira direções são perpendiculares entre si, e a primeira e a segunda e terceira direções são apenas diferentes (se interceptam) uma da outra.

[0041] Uma configuração do aparelho de conversão fotoelétrica 100 será descrita com detalhes nas modalidades a seguir.

Primeira Modalidade

[0042] As Figs. 1A e 2 são vistas planas de uma porção de um aparelho de conversão fotoelétrica 100 de acordo com uma primeira modalidade. As Figs. 1B e 1C são vistas seccionais transversais esquemáticas feitas ao longo das linhas IB a IB e IC a IC da Fig. 1A, respectivamente. As Figs. 3A a 3D são vistas seccionais transversais esquemáticas feitas ao longo das linhas IIIA a IIIA, IIIB a IIIB, IIIC a IIIC e IIID a IIID da Fig. 2, respectivamente. A Fig. 4 é uma vista plana esquemática de uma porção do aparelho de conversão fotoelétrica 100 de acordo com esta modalidade. A Fig. 5 é um diagrama de circuito de uma porção do aparelho de conversão fotoelétrica 100 de acordo com esta modalidade, e a Fig. 6 é uma vista seccional transversal esquemática de uma das porções rebaixadas do aparelho de conversão fotoelétrica 100 de acordo com esta modalidade. As Figs. 7A e 7B são vistas planas de porções do aparelho de conversão fotoelétrica 100 de acordo com esta modalidade, e as Figs. 8A e 8B são vistas planas de um aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com um exemplo comparativo desta modalidade.

[0043] Note que os mesmos componentes nas Figs. 1A a 1C, Fig. 2, Figs. 3A a 3D, Figs. 4 a 6, Figs. 7A e 7B, e as Figs. 8A e 8B são denotadas pelos mesmos números de referência.

[0044] A Fig. 1A é uma vista plana esquemática de um exemplo de uma porção do aparelho de conversão fotoelétrica 100 de acordo com esta modalidade. As Figs.

1B e 1C são vistas seccionais transversais esquemáticas feitas ao longo de uma linha IB a IB e uma linha IC a IC na Fig. 1A, respectivamente.

[0045] O aparelho de conversão fotoelétrica 100 inclui um substrato semicondutor 400 com uma pluralidade de porções rebaixadas 106 em uma superfície principal e corpos isolantes 201 dispostos nas porções rebaixadas 106. No aparelho de conversão fotoelétrica 100 ilustrado nas Figs. 1A a 1C, o substrato semicondutor 400 inclui primeira a terceira regiões semicondutoras 101 a 103. No aparelho de conversão fotoelétrica 100 ilustrado na Fig. 2 e nas Figs. 3A a 3D, o substrato semicondutor 400 inclui a primeira a terceira regiões semicondutoras 101 a 103 e quarta e quinta regiões semicondutoras 104 e 115. A quinta região semicondutora 115 é uma porção da primeira região semicondutora 101.

[0046] A primeira região semicondutora 101 pode ser qualquer de um tipo N e de um tipo P. Nesta modalidade, um caso onde a primeira região semicondutora 101 é uma região semicondutora tipo P será descrito. Um substrato semicondutor que serve como um substrato de material pode ser usado como a primeira região semicondutora 101, e um substrato de silício é usado nesta modalidade, por exemplo.

[0047] A segunda região semicondutora 102 é incluída na primeira região semicondutora 101 e é uma região semicondutora tipo N. A segunda região semicondutora 102 forma junção PN com a primeira região semicondutora 101.

[0048] A terceira região semicondutora 103 tem uma concentração de impurezas mais alta que a da segunda região semicondutora 102 e é uma região semicondutora tipo N. No substrato semicondutor 400, pelo menos uma porção da terceira região semicondutora 103 é disposta no lado da superfície principal relativa à segunda região semicondutora 102. Além disso, em uma primeira seção transversal (Figs. 1B, 1C, 3A e 3C) que é perpendicular à superfície principal do substrato semicondutor 400, a terceira região semicondutora 103 é disposta entre a primeira e segunda porções rebaixadas 106. Uma porção da segunda região semicondutora 102 é localizada entre a primeira região semicondutora 101 e a terceira região semicondutora 103 em uma direção da profundidade (uma direção

perpendicular à superfície principal na primeira seção transversal) do substrato semicondutor 400.

[0049] A terceira região semicondutora 103 coleta elétrons que servem como carga do sinal que é uma maioria portadora. Além disso, a terceira região semicondutora 103 é eletricamente conectada a um circuito de leitura. Especificamente, a terceira região semicondutora 103 é conectada ao circuito de leitura através de uma camada condutora disposta em uma abertura de uma película isolante no substrato semicondutor 400. Óxido de silício, nitreto de silício, ou similares podem ser usados para a película isolante no substrato semicondutor 400.

[0050] Como ilustrado na Fig. 4, o circuito de leitura inclui um transistor de amplificação 121, um transistor de reinicialização 122 e um transistor de seleção (não ilustrado), por exemplo. O transistor de amplificação 121 e o transistor de reinicialização 122 são conectados entre si por meio da terceira região semicondutora 103 e uma linha condutora 123. Transistores MOS podem ser usados como o transistor de amplificação 121, o transistor de reinicialização 122 e o transistor de seleção, por exemplo.

[0051] Note que, como ilustrado na Fig. 4, o aparelho de conversão fotoelétrica 100 inclui uma pluralidade de elementos de conversão fotoelétrica 110 que são adjacentes entre si com uma porção de isolamento de elemento 105 disposta entre eles. Embora um dos elementos de conversão fotoelétrica 110 e a porção de isolamento de elemento 105 que envolve o elemento de conversão fotoelétrica 110 estejam descritos com detalhes nesta modalidade, as outras porções têm a mesma configuração. Portanto, circuitos de leitura e linhas conectadas aos circuitos de leitura de elementos de conversão fotoelétrica 110 dispostos horizontalmente adjacentes ao elemento alvo de conversão fotoelétrica 110 são omitidos na Fig. 4.

[0052] A Fig. 5 é um diagrama de circuito ilustrando uma porção do aparelho de conversão fotoelétrica 100 de acordo com esta modalidade. Uma porta do transistor de amplificação 121 e um terminal do transistor de reinicialização 122 são conectados à terceira região semicondutora 103 em um elemento de conversão fotoelétrica D1 através de um corpo condutor. O outro terminal do transistor de

reinicialização 122 é conectado a uma linha VR usada para aplicar uma tensão de referência de reinicialização. O transistor de amplificação 121 tem um terminal conectado a uma linha VDD usada para aplicar uma tensão da fonte de alimentação, e o outro terminal conectado a um terminal de uma carga 124 constituído por um transistor MOS e uma linha de saída de sinal Vout. A carga 124 tem o outro terminal conectado à terra. A carga 124 pode ser usada como uma chave de seleção.

[0053] Como ilustrado nas Figs. 1A e 2, pelo menos uma da pluralidade de porções rebaixadas 106 se estende em uma primeira direção (uma direção Y) em uma vista plana da superfície principal incluindo a pluralidade de porções rebaixadas 106 no substrato semiconductor 400. Além disso, pelo menos uma outra da pluralidade de porções rebaixadas 106 se estende em uma segunda direção (uma direção X) na vista plana. Pelo menos uma da segunda região semicondutora 102 e da terceira região semicondutora 103 é posicionada em uma região na primeira direção de pelo menos uma das porções rebaixadas 106 e na segunda direção de pelo menos a outra das porções rebaixadas 106.

[0054] Uma vez que o aparelho de conversão fotoelétrica 100 tem a configuração supradescrita, o aparelho de conversão fotoelétrica 100 pode ter a seguinte configuração. Especificamente, o substrato semiconductor 400 incluindo a pluralidade de porções rebaixadas 106 na superfície principal da mesma inclui caminhos de carga de sinal (caminhos da portadora) entre a pluralidade de porções rebaixadas 106. Os caminhos de carga de sinal incluem primeiro e segundo caminhos de carga de sinal na vista plana da superfície principal. Os primeiros caminhos de carga de sinal são dispostos em uma região E da Fig. 1A, por exemplo, e têm um comprimento na primeira direção (a direção Y) maior que na segunda direção (a direção X) que é diferente da primeira direção. Os segundos caminhos de carga de sinal são dispostos em uma região G da Fig. 1A, por exemplo, e têm um comprimento em uma terceira direção (a direção X) que é maior que em uma quarta direção (a direção Y). A terceira direção é diferente da primeira direção e a quarta direção é diferente da terceira direção.

[0055] Na Fig. 1A, a segunda região semicondutora 102 e a terceira região

semicondutora 103 são dispostas em uma região na primeira direção do primeiro caminhos de carga de sinal e na segunda direção do segundo caminhos de carga de sinal. Entretanto, a configuração não está limitada a isto, desde que pelo menos uma da segunda região semicondutora 102 e da terceira região semicondutora 103 fique localizada na primeira direção dos primeiros caminhos de carga de sinal e na segunda direção dos segundos caminhos de carga de sinal. No aparelho de conversão fotoelétrica 100 ilustrado nas Figs. 1A a 1C, a quinta região semicondutora 115 que serve como uma pluralidade de caminhos de movimento de carga posicionada entre a pluralidade de porções rebaixasadas 106 é uma porção da primeira região semicondutora 101.

[0056] Com a configuração supradescrita, a eficiência de coleta de carga é melhorada, quando comparada com um caso onde a segunda e terceira regiões semicondutoras 102 e 103 são formadas em uma de uma região localizada em uma direção na qual os primeiros caminhos de carga de sinal se estendem e uma região localizada em uma direção na qual os segundos caminhos de sinal se estendem. Além disso, com a configuração supradescrita, a eficiência de coleta de carga é melhorada, quando comparada com um caso onde a segunda e terceira regiões semicondutoras 102 e 103 não são formadas na região localizada na direção na qual os primeiros caminhos de carga de sinal se estendem ou na região localizada na direção na qual os segundos caminhos de sinal se estendem.

[0057] Além disso, o aparelho de conversão fotoelétrica 100 desta modalidade pode incluir a quarta região semicondutora 104 entre a pluralidade de porções rebaixasadas 106 na superfície principal do substrato semicondutor 400 como ilustrado na Fig. 2 e nas Figs. 3A a 3D. A quarta região semicondutora 104 tem uma concentração de impurezas mais alta que a da primeira região semicondutora 101 e é uma região de impurezas tipo P. A quarta região semicondutora 104 inclui inúmeras porções rebaixasadas 106.

[0058] A quarta região semicondutora 104 funciona como uma região de supressão de corrente escura que suprime corrente escura, separando uma superfície de junção PN gerada entre a primeira região semicondutora 101 e a

segunda região semicondutora 102 da superfície principal do substrato semicondutor 400. A quarta região semicondutora 104 se estende até a terceira região semicondutora 103 a partir de diversas porções rebaixadas 106 que são localizadas mais próximas da terceira região semicondutora 103 na superfície principal do substrato semicondutor 400. Dessa forma, uma porção da segunda região semicondutora 102 é localizada entre a primeira região semicondutora 101 e a quarta região semicondutora 104 na direção da profundidade (uma direção perpendicular à superfície principal que tem a pluralidade de porções rebaixadas 106) do substrato semicondutor 400.

[0059] Com a configuração supradescrita, a quinta região semicondutora 115 é disposta em um lado da quarta região semicondutora 104 oposta ao lado da superfície principal, tem uma concentração de impurezas do primeiro tipo de condutividade mais baixo que o da quarta região semicondutora 104, e é uma porção da primeira região semicondutora 101. Especificamente, a quinta região semicondutora 115 é localizada entre a pluralidade de porções rebaixadas 106 na vista plana da superfície principal incluindo a pluralidade de porções rebaixadas 106 do substrato semicondutor 400 na primeira região semicondutora 101. Além disso, a quinta região semicondutora 115 é localizada entre a pluralidade de porções rebaixadas 106 na porção na primeira região semicondutora 101 supradescrita em uma vista seccional transversal vertical da superfície principal.

[0060] A porção de isolamento de elemento 105 é uma região semicondutora e pode ser formada de uma região semicondutora tipo P, por exemplo. A região semicondutora da porção de isolamento de elemento 105 tem uma concentração de impurezas mais alta que a da quarta região semicondutora 104, separa os elementos de conversão fotoelétrica adjacentes 110 um do outro, e funciona como uma camada de barreira que impede que a carga do sinal saia.

[0061] A porção de isolamento de elemento 105 pode circundar totalmente os elementos de conversão fotoelétrica 110 na vista plana da superfície principal do substrato semicondutor 400. Especificamente, a pluralidade de porções rebaixadas 106 e a quarta região semicondutora 104 podem ser circundadas pela porção de

isolamento de elemento 105. Uma vez que a porção de isolamento de elemento 105 envolve totalmente os elementos de conversão fotoelétrica 110, impede-se suficientemente a fuga de carga gerada nos elementos de conversão fotoelétrica 110.

[0062] A segunda região semicondutora 102 funciona de maneira tal que a segunda região semicondutora 102 é levada para um estado de depleção quando um potencial de reinicialização é aplicado através da terceira região semicondutora 103 e coleta carga ao mesmo tempo suprimindo o aumento na capacitância. Note que, quando uma tensão de reinicialização é aplicada na terceira região semicondutora 103, a primeira região semicondutora 101 não é totalmente levada para um estado de depleção, mas inclui uma região neutra (uma região que não é em um estado de depleção).

[0063] A segunda região semicondutora 102 é disposta, como ilustrado nas Figs. 1A a 1C, Fig. 2, e nas Figs. 3A a 3D, em contato com a primeira região semicondutora 101 na seção transversal perpendicular à superfície principal incluindo a pluralidade de porções rebaixadas 106 do substrato semicondutor 400. Portanto, carga gerada na primeira região semicondutora 101 que é separada da segunda região semicondutora 102 na seção transversal move na primeira região semicondutora 101 para a segunda região semicondutora 102 antes de passar pela segunda região semicondutora 102 e de ser coletada pela terceira região semicondutora 103. O fluxo da carga gerada na primeira região semicondutora 101 para pixels adjacentes é suprimido pela porção de isolamento de elemento 105, e a carga move ainda se difundindo para a segunda região semicondutora 102.

[0064] Quando a carga que difunde na primeira região semicondutora 101 atinge uma porção nas proximidades da junção PN entre a primeira região semicondutora 101 e a segunda região semicondutora 102, a carga move para a terceira região semicondutora 103 por causa de um fenômeno de arrasto causado por um campo elétrico da junção PN. Se pelo menos uma porção da segunda região semicondutora 102 e uma porção da primeira região semicondutora 101 estiverem em contato uma com a outra, o efeito supradescrito pode ser obtido. Além disso, quando uma

configuração na qual a segunda região semicondutora 102 é circundada pela primeira região semicondutora 101 é empregada, uma maior quantidade de carga pode ser coletada pela segunda região semicondutora 102 usando o fenômeno de arrasto, quando comparado com um caso onde a primeira região semicondutora 101 e a segunda região semicondutora 102 estão em contato uma com a outra em uma direção.

[0065] Quando uma concentração de impurezas da segunda região semicondutora 102 é maior que da primeira região semicondutora 101, uma região da camada de depleção se expande da segunda região semicondutora 102 para a primeira região semicondutora 101 e, portanto, a eficiência de coleta de carga pode ser melhorada. Dessa forma, a concentração de impurezas da segunda região semicondutora 102 é preferivelmente mais alta que da primeira região semicondutora 101. Quando a eficiência de coleta de carga é melhorada, a sensibilidade do aparelho de conversão fotoelétrica 100 é melhorada. Além disso, a segunda região semicondutora 102 pode incluir uma pluralidade de regiões de impureza tipo N com diferentes concentrações.

[0066] Por exemplo, a segunda região semicondutora 102 pode incluir uma primeira região semicondutora tipo N que fica em contato com a primeira região semicondutora 101 e uma segunda região semicondutora tipo N que fica em contato com a terceira região semicondutora 103. Neste caso, uma concentração de impurezas da segunda região semicondutora tipo N é maior que da primeira região semicondutora tipo N.

[0067] Além disso, quando uma concentração de impurezas da quarta região semicondutora 104 é mais baixa que a da segunda região semicondutora 102 e uma camada de depleção se expanda até a quarta região semicondutora 104, o efeito de supressão de corrente escura é reduzido. Dessa forma, a quarta região semicondutora 104 preferivelmente tem uma concentração de impurezas mais alta que a da segunda região semicondutora 102.

[0068] Além disso, espessuras e concentrações de impurezas da primeira região semicondutora 101, da segunda região semicondutora 102, da terceira região

semicondutora 103, da quarta região semicondutora 104, e da porção de isolamento de elemento 105 em uma direção perpendicular à superfície principal incluindo a pluralidade de porções rebaixadas 106 no elemento de conversão fotoelétrica 110 pode ser individualmente selecionada das faixas seguintes. Note que uma profundidade da junção de uma superfície sem ser as superfícies da pluralidade de porções rebaixadas 106 do substrato semicondutor 400 é usada como um parâmetro de espessura.

[0069] A primeira região semicondutora 101 pode ter uma concentração de impurezas em uma faixa de $1,0 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ inclusive a $1,0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ inclusive, ou mais preferivelmente uma faixa de $1,0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ inclusive a $1,0 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ inclusive. Além disso, uma profundidade da junção pode ser em uma faixa de 0,1 μm inclusive a 1000 μm inclusive. A segunda região semicondutora 102 pode ter uma concentração de impurezas em uma faixa de $1,0 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ inclusive a $1,0 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ inclusive, ou mais preferivelmente uma faixa de $1,0 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ inclusive a $1,0 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ inclusive. Além disso, uma profundidade da junção pode ser em uma faixa de 0,2 μm inclusive a 3 μm inclusive.

[0070] A terceira região semicondutora 103 pode ter uma concentração de impurezas em uma faixa de $1,0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ inclusive a $1,0 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ inclusive, ou mais preferivelmente uma faixa de $1,0 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ inclusive a $1,0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ inclusive. Além disso, uma profundidade da junção pode ser em uma faixa de 0,1 μm inclusive a 0,3 μm inclusive.

[0071] A quarta região semicondutora 104 pode ter uma concentração de impurezas em uma faixa de $1,0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ inclusive a $1,0 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ inclusive, ou mais preferivelmente uma faixa de $1,0 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ inclusive a $1,0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ inclusive. Além disso, uma profundidade da junção pode ser em uma faixa de 0,1 μm inclusive a 0,5 μm inclusive. A região semicondutora da porção de isolamento de elemento 105 pode ter uma concentração de impurezas em uma faixa de $1,0 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ inclusive a $1,0 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ inclusive, ou mais preferivelmente uma faixa de $1,0 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ inclusive a $1,0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ inclusive. Além disso, uma profundidade da junção pode ser em uma faixa de 0,1 μm inclusive a 10 μm

inclusive.

[0072] A pluralidade de porções rebaixadas 106 é disposta na superfície principal (uma superfície de recepção de luz) do substrato semicondutor 400. A pluralidade de porções rebaixadas 106 pode ser formada realizando ataque químico no substrato semicondutor 400 ou realizando oxidação térmica no substrato semicondutor 400 por um método de oxidação local de silício (LOCOS). Os corpos isolantes 201 de óxido de silício ou similares são formados nas porções rebaixadas 106 quando o método LOCOS ou um método de isolamento de trincheira rasa (STI) é usado ou quando uma película isolante intercamadas é formada no substrato semicondutor 400.

[0073] Nesta modalidade, um caso onde o aparelho de conversão fotoelétrica 100 tem regiões LOCOS formadas pelo método LOCOS como os corpos isolantes 201 é descrito como um exemplo. Nas Figs. 3A e 3C, a quarta região semicondutora 104 é disposta em uma posição mais rasa que porções inferiores das porções rebaixadas 106, e os corpos isolantes 201 nas porções rebaixadas 106 estão em contato com a primeira região semicondutora 101. Dessa forma, os corpos isolantes 201 incluídos nas porções rebaixadas 106 penetram na quarta região semicondutora 104 e atingem um interior da primeira região semicondutora 101.

[0074] Aqui, em um caso onde elétrons que são carga do sinal na quinta região semicondutora 115 movem para a segunda região semicondutora 102, se as porções rebaixadas 106 forem dispostas através dos caminhos do movimento para a segunda região semicondutora 102, o movimento dos elétrons é bloqueado. Entretanto, com a configuração do aparelho de conversão fotoelétrica 100 desta modalidade, o movimento dos elétrons para a segunda região semicondutora 102 não é bloqueado pelo menos em duas direções. Dessa forma, a eficiência de coleta de carga pode ser melhorada quando comparada com um caso onde os caminhos de carga do sinal que passam por pelo menos uma da segunda região semicondutora 102 e da terceira região semicondutora 103 se estendem em uma direção entre a pluralidade de porções rebaixadas 106 como ilustrado na Fig. 8A.

[0075] A pluralidade de porções rebaixadas 106 ilustrada na Fig. 2 será descrita

com detalhes com referência às Figs. 7A, 7B, 8A e 8B. Como ilustrado na Fig. 7A, a primeira região semicondutora 101 inclui uma pluralidade de segmentos 107 e uma pluralidade de segmentos 108 incluindo as porções rebaixadas 106. As Figs. 8A e 8B são diagramas ilustrando porções de um aparelho de conversão fotoelétrica geral. Como ilustrado na Fig. 8A, uma primeira região semicondutora inclui segmentos 107' e 108' incluindo a pluralidade de porções rebaixadas 106. As Figs. 7B e 8B são diagramas ilustrando um dos segmentos 107 da Fig. 7A e um dos segmentos 107' da Fig. 8A, respectivamente, em detalhes.

[0076] Na Fig. 7A, a segunda região semicondutora 102 tem uma forma de retângulo em uma vista plana, por exemplo. Caminhos de carga de sinal entre as porções rebaixadas 106 se estendem na primeira direção (a direção Y) nos segmentos 108, e caminhos de carga de sinal entre as porções rebaixadas 106 se estendem na segunda direção (a direção X) nos segmentos 107. Note que, nesta especificação, uma direção de extensão de uma porção A corresponde a uma direção na qual um comprimento da porção A na direção de extensão é maior que um comprimento da porção A em uma direção diferente (se interceptando) da direção de extensão. Ou seja, a direção de extensão da porção A significa uma direção do maior comprimento da porção A, por exemplo.

[0077] Portanto, movimento de carga do sinal em uma posição P incluída na quinta região semicondutora 115 em um dos segmentos 107 dificilmente é bloqueado pelas porções rebaixadas 106 nos caminhos de movimento para a segunda região semicondutora 102 e a terceira região semicondutora 103. Além disso, movimento de carga do sinal em uma posição Q incluída na quinta região semicondutora 115 em um dos segmentos 108 dificilmente é bloqueado pelas porções rebaixadas 106 nos caminhos de movimento para a segunda região semicondutora 102 e a terceira região semicondutora 103. Dessa forma, as porções rebaixadas 106 não são dispostas através dos caminhos de movimento na quinta região semicondutora 115 para a segunda região semicondutora 102 em pelo menos duas direções. Portanto, o movimento da carga não pode ser bloqueado e a eficiência de coleta de carga pode ser melhorada.

[0078] Uma região incluindo a pluralidade de porções rebaixadas 106 em um dos elementos de conversão fotoelétrica 110 do aparelho de conversão fotoelétrica 100 na Fig. 7A inclui os segmentos 107 e 108. Portanto, a pluralidade de porções rebaixadas 106 disposta na superfície principal do substrato semicondutor 400 se estende na primeira direção ou na segunda direção. Dessa forma, movimento de uma grande quantidade de carga do sinal na quinta região semicondutora 115 para a segunda região semicondutora 102 e a terceira região semicondutora 103 dificilmente é bloqueado, e, conseqüentemente, o aparelho de conversão fotoelétrica 100 que coleta eficientemente carga do sinal pode ser provido.

[0079] No aparelho de conversão fotoelétrica na Fig. 8A, caminhos de carga entre as porções rebaixadas 106 em uma quinta região semicondutora no segmento 108' se estendem em uma direção Y. Além disso, caminhos de carga entre as porções rebaixadas 106 em uma quinta região semicondutora no segmento 107' também se estendem na direção Y. Portanto, em um caminho de movimento de carga do sinal em uma posição P' na quinta região semicondutora 115 incluída no segmento 107' para uma terceira região semicondutora 103, as porções rebaixadas 106 se estendem em uma direção perpendicular à direção da terceira região semicondutora 103. Dessa forma, a carga do sinal na posição P' pode não se mover diretamente para a terceira região semicondutora 103, mas move para a terceira região semicondutora 103 depois de mover na direção Y ou através de uma região nas porções rebaixadas 106 que é oposta à superfície principal de um substrato semicondutor 400. Conseqüentemente, a eficiência de coleta de carga é menor que a do aparelho de conversão fotoelétrica 100 ilustrado na Fig. 7A.

[0080] Além disso, em uma vista plana da superfície principal incluindo a pluralidade de porções rebaixadas 106 no substrato semicondutor 400, a quarta região semicondutora 104 é disposta na primeira região semicondutora 101 no lado da superfície principal em uma região que não inclui porções rebaixadas 106 em uma seção transversal perpendicular à superfície principal. Por outro lado, em uma região que inclui as porções rebaixadas 106 dispostas nela, os corpos isolantes 201 incluídos nas porções rebaixadas 106 ficam em contato com a primeira região

semicondutora 101 na vista seccional transversal, e diferenças potenciais são formadas na região incluindo as porções rebaixadas 106.

[0081] Dessa forma, quando as porções rebaixadas 106 são posicionadas através dos caminhos de movimento de carga, como ilustrado na Fig. 8A, o movimento de carga é bloqueado e a eficiência de coleta de carga na quarta região semicondutora 104 é degradada.

[0082] Por outro lado, nos segmentos 107 na Fig. 7A, a segunda região semicondutora 102 e a terceira região semicondutora 103 são dispostas em uma região em uma direção na qual os caminhos de carga de sinal entre as porções rebaixadas 106 se estendem. Portanto, as diferenças potenciais formadas entre a primeira região semicondutora 101 e as porções rebaixadas 106 não são geradas nos caminhos de movimento da carga posicionada no ponto P para a segunda região semicondutora 102. Com esta configuração, não somente o movimento da carga posicionada no ponto Q, mas também o movimento da carga posicionada no ponto P para a segunda região semicondutora 102 não é bloqueado, e a eficiência de coleta de carga pode ser melhorada.

[0083] Em seguida, uma operação de redução de uma ondulação pela pluralidade de porções rebaixadas 106 será descrita com referência à Fig. 6.

[0084] A Fig. 6 é uma vista seccional transversal esquemática de uma porção onde um dos corpos isolantes 201 é formado em uma correspondente das porções rebaixadas 106. Luz incidente no substrato semicondutor 400 é denotada pelas marcas de seta 150 a 152. A luz incidente inclui um feixe de luz incidente 150 refletido em uma região na qual a porção rebaixada 106 não é formada, um feixe de luz incidente 151 refletido por uma parede lateral da porção rebaixada 106, e um feixe de luz incidente 152 refletido por uma superfície inferior da porção rebaixada 106.

[0085] Uma vez que a porção rebaixada 106 é formada, diferentes comprimentos de caminho óptico podem ser obtidos quando a luz incidente atinge as regiões semicondutoras 101, 102, 103 e 104, e as diferenças de fase podem ser obtidas entre feixes de luz refletida refletidos pelas superfícies limites entre as regiões

semicondutoras 101, 102, 103 e 104 e o corpo isolante 201. Dessa forma, mesmo se as características de saída do aparelho de conversão fotoelétrica 100 não forem uniformes e tiverem uma forma de onda, a não uniformidade pode ser reduzida pela interferência entre a luz incidente e a luz refletida. Ou seja, uma ondulação de saída do aparelho de conversão fotoelétrica 100 pode ser reduzida por um efeito da interferência.

[0086] Quando uma profundidade da porção rebaixada 106 é denotada por d , um comprimento de onda da luz incidente é denotado por λ , e um índice de refração do corpo isolante 201 é denotado por n , a expressão seguinte é preferivelmente satisfeita.

$$d = \lambda / 4n \quad \text{Expressão 1}$$

[0087] Aqui, uma superfície da região que não inclui as porções rebaixadas 106 no substrato semiconductor 400 (uma superfície sem ser a pluralidade de porções rebaixadas 106 na superfície principal no substrato semiconductor 400) é usada como uma referência da profundidade d .

[0088] Além disso, quando uma razão de uma área das porções rebaixadas 106 para uma área de uma região sem ser as porções rebaixadas 106 no elemento de conversão fotoelétrica 110 é 1:1 em uma superfície que é paralela a uma superfície formada pela região que não inclui as porções rebaixadas 106 do elemento de conversão fotoelétrica 110, uma razão entre componentes de interferência é também 1:1. Dessa forma, um maior efeito de redução de uma ondulação pode ser obtido. Conseqüentemente, as porções rebaixadas 106 são preferivelmente formadas de maneira tal que uma razão da área das porções rebaixadas 106 para a área da região sem ser as porções rebaixadas 106 no substrato semiconductor 400 é 1:1 na superfície que é paralela à superfície formada pela região que não inclui as porções rebaixadas 106. Além disso, as porções rebaixadas 106 são preferivelmente dispostas em uma pluralidade de posições.

[0089] De acordo com a Fig. 7B, nos segmentos 107, uma razão da área da região sem ser as porções rebaixadas 106 para a área das porções rebaixadas 106 na superfície principal do elemento de conversão fotoelétrica 110 é 88:100 em uma

superfície que é paralela a uma superfície da região que não inclui as porções rebaixadas 106 e que inclui a superfície no elemento de conversão fotoelétrica 110. Por outro lado, no aparelho de conversão fotoelétrica 100 ilustrado na Fig. 8B, uma razão de uma área de uma região sem ser as porções rebaixadas 106 para uma área das porções rebaixadas 106 é 313:100 em uma superfície que não inclui as porções rebaixadas 106 no elemento de conversão fotoelétrica 110.

[0090] Uma vez que as porções rebaixadas 106 no segmento 107 são dispostas como ilustrado nesta modalidade, a razão da área das porções rebaixadas 106 para a área da região sem ser as porções rebaixadas 106 na superfície principal de cada dos elementos de conversão fotoelétrica 110 pode ficar mais próxima de 1:1. Dessa forma, a ocorrência de uma ondulação na saída do aparelho de conversão fotoelétrica 100 pode ser efetivamente reduzida.

[0091] Por outro lado, se as porções rebaixadas 106 para reduzir a ocorrência da ondulação forem formadas na segunda região semicondutora 102, carga é capturada em uma porção na qual os corpos isolantes 201 formados nas porções rebaixadas 106 ficam em contato com a segunda região semicondutora 102, tal como a região LOCOS ou uma película intercamadas e, portanto, movimento da carga é bloqueado. Dessa forma, a segunda região semicondutora 102 ilustrada na Fig. 2, Figs. 3A a 3D, Figs. 4 a 6, e nas Figs. 7A e 7B não inclui as porções rebaixadas 106. As porções rebaixadas 106 são formadas somente na primeira região semicondutora 101 formada em contato com a segunda região semicondutora 102 e a quarta região semicondutora 104 que é formada na primeira região semicondutora 101 e que tem o primeiro tipo de condutividade. Por meio disto, influência da captura da carga no movimento da carga pode ser reduzida, e a eficiência de coleta de carga pode ser ainda mais melhorada.

[0092] Por exemplo, na vista plana da superfície principal incluindo as porções rebaixadas 106 no substrato semicondutor 400, a segunda região semicondutora 102 é formada de maneira a não se sobrepor com a região incluindo a pluralidade de porções rebaixadas 106. Especificamente, na primeira vista seccional transversal da primeira superfície principal do substrato semicondutor 400 (Fig. 1B), uma primeira

porção rebaixada 106 e uma segunda porção rebaixada 106 na pluralidade de porções rebaixadas 106 são dispostas adjacentes uma à outra com a terceira região semicondutora 103 disposta entre elas em uma direção paralela à superfície principal. Além disso, na primeira vista seccional transversal, a segunda região semicondutora 102 é formada entre a primeira porção rebaixada 106 e a segunda porção rebaixada 106.

[0093] Além disso, a porção da junção PN formada quando a primeira região semicondutora 101 e a segunda região semicondutora 102 estão em contato uma com a outra é posicionada entre a primeira porção rebaixada 106 e a segunda porção rebaixada 106 na direção paralela à superfície principal na primeira vista seccional transversal.

[0094] Dessa forma, carga pode ser coletada pela difusão de carga na primeira região semicondutora 101 que não está no estado de depleção e carga é coletada pelo fenômeno de arrasto na segunda região semicondutora 102 de forma que a eficiência de coleta de carga é melhorada. Além disso, ocorrência de uma ondulação pode ser abordada quando a pluralidade de porções rebaixadas 106 é formada na região que envolve a segunda região semicondutora 102. Note que a terceira região semicondutora 103 tem a função de suprimir corrente escura em uma superfície do substrato semicondutor 400.

[0095] Uma vez que as porções rebaixadas 106 não são dispostas na segunda região semicondutora 102, mas dispostas somente na região que envolve a segunda região semicondutora 102, pode-se impedir que a corrente escura causada pelo contato entre os corpos isolantes 201 nas porções rebaixadas 106 e na segunda região semicondutora 102 seja gerada.

[0096] Dessa forma, um aparelho de conversão fotoelétrica capaz de melhorar a eficiência de coleta de carga, ainda reduzindo a ocorrência de uma ondulação das características de saída, pode ser provido de acordo com esta modalidade.

Segunda Modalidade

[0097] A Fig. 9 é uma vista plana ilustrando esquematicamente um aparelho de conversão fotoelétrica 100 de acordo com uma segunda modalidade. As vistas

seccionais transversais ilustradas nas Figs. 3A a 3D são empregadas. Porções com funções iguais às da primeira modalidade são denotadas por números de referência iguais àqueles na primeira modalidade e descrições detalhadas das mesmas são omitidas.

[0098] O aparelho de conversão fotoelétrica 100 de acordo com esta modalidade inclui segmentos 207 incluindo caminhos de carga de sinal que são dispostos entre uma pluralidade de porções rebaixadas 106 e que se estende em uma direção X, e segmentos 208 que incluem caminhos de carga de sinal que são dispostos entre uma pluralidade de porções rebaixadas 106 e que se estende em uma direção Y. O aparelho de conversão fotoelétrica 100 desta modalidade inclui adicionalmente, além dos segmentos 207 e 208, segmentos 209 com caminhos de carga de sinal que são dispostos entre uma pluralidade de porções rebaixadas 106 e que se estendem em uma direção que intercepta a direção X e a direção Y.

[0099] Como ilustrado na Fig. 9, uma segunda região semicondutora 102 e uma terceira região semicondutora 103 são incluídas em uma região posicionada em uma direção na qual os caminhos de carga de sinal incluídos nos segmentos 209 se estendem.

[00100] Com esta configuração, a carga em um ponto B ilustrado na Fig. 9 pode mover para a segunda região semicondutora 102, ainda evitando diferenças potenciais formadas entre a primeira região semicondutora 101 e as porções rebaixadas 106 e, dessa forma, a eficiência de coleta de carga do aparelho de conversão fotoelétrica 100 é melhorada.

[00101] Ou seja, na segunda modalidade, a carga posicionada no ponto B na primeira região semicondutora 101 pode mover para a região de coleta de carga mais rapidamente que no caso da primeira modalidade, e a eficiência de coleta de carga é melhorada ainda mais.

Terceira Modalidade

[00102] A Fig. 10 é uma vista plana ilustrando esquematicamente uma porção de um aparelho de conversão fotoelétrica 100 de acordo com uma terceira modalidade. Vistas seccionais transversais iguais às das Figs. 3A a 3D são empregadas, exceto

que cada uma das porções rebaixadas 106 nas Figs. 3A e 3C é denotada por uma pluralidade de porções rebaixadas 606. Porções que têm funções e configurações iguais às da primeira modalidade são denotadas por números de referência iguais aos da primeira modalidade e descrições detalhadas das mesmas são omitidas.

[00103] No aparelho de conversão fotoelétrica 100 desta modalidade, uma região 506 correspondente a cada das porções rebaixadas 106 não é formada por uma porção rebaixada, mas formado por uma pluralidade de porções rebaixadas 606. Nesta modalidade, a pluralidade de porções rebaixadas 606 pode ter um comprimento em uma direção longitudinal (uma direção de extensão) menor ou igual ao dobro do comprimento em uma menor direção, por exemplo, em uma vista plana de uma superfície principal que tem as porções rebaixadas 606 em um substrato semiconductor 400, por exemplo. Além disso, as porções rebaixadas 606 podem ter formas nas quais um maior diâmetro é menor ou igual ao dobro de um menor diâmetro, por exemplo, na vista plana da superfície principal incluindo as porções rebaixadas 606 no substrato semiconductor 400.

[00104] Na vista plana, as porções rebaixadas 606 têm primeiros caminhos de carga de sinal 131 com um comprimento em uma primeira direção (uma direção Y) maior que um comprimento em uma segunda direção (uma direção X) e segundos caminhos de carga de sinal 132 com um comprimento em uma terceira direção (a direção X) maior que um comprimento em uma quarta direção (a direção Y).

[00105] As porções rebaixadas 606 incluem primeiro par de porções rebaixadas 606a e 606b que são dispostas adjacentes uma à outra na segunda direção (a direção X) com o primeiro caminho de carga de sinal 131 disposto entre elas, e um segundo par de porções rebaixadas 606c e 606d dispostas adjacentes uma à outra na segunda direção com o primeiro caminho de carga de sinal 131 disposto entre elas. Especificamente, a pluralidade de porções rebaixadas 606 inclui primeiro par de porções rebaixadas 606a e 606b que é disposto adjacentes uma à outra na segunda direção com uma primeira porção de uma quinta região semicondutora 115 disposta entre elas na vista plana. Além disso, a pluralidade de porções rebaixadas 606 inclui segundo par de porções rebaixadas 606c e 606d que são dispostas

adjacentes uma à outra na segunda direção com uma segunda porção da quinta região semicondutora 115 disposta entre elas na vista plana.

[00106] Dessa forma, na vista plana, as porções rebaixadas 606a e 606c são dispostas em um lado do caminho de carga de sinal 131, e as porções rebaixadas 606b e 606d são dispostas no outro lado do caminho de carga de sinal 131.

[00107] As porções rebaixadas 606a e 606c são dispostas adjacentes uma à outra na primeira direção com uma terceira porção da quinta região semicondutora 115 disposta entre elas, e as porções rebaixadas 606b e 606d são dispostas adjacente uma à outra na primeira direção com uma quarta porção da quinta região semicondutora 115 disposta entre elas.

[00108] Similarmente, uma pluralidade de porções rebaixadas 606 é disposta em ambos os lados do segundo caminho de carga de sinal 132 na vista plana, e as porções rebaixadas 606 em cada dos lados são dispostas adjacentes uma à outra com uma porção da quinta região semicondutora 115 disposta entre elas.

[00109] Também com esta configuração, a carga do sinal na quinta região semicondutora 115 que serve como os caminhos de carga de sinal entre a pluralidade de porções rebaixadas 606 movendo para a segunda região semicondutora 102 ou a terceira região semicondutora 103 não pode ser bloqueada pelas porções rebaixadas 606. Dessa forma, a eficiência de coleta de carga pode ser melhorada.

[00110] O relacionamento entre uma largura e uma espessura das porções rebaixadas 606 no exemplo da porção do aparelho de conversão fotoelétrica 100 da Fig. 10 é ilustrado na Fig. 11.

[00111] As formas das porções rebaixadas 106, 406 e 606 em uma região de pixel variam dependendo das larguras das porções rebaixadas 106, 406 e 606. Como ilustrado na Fig. 11, uma porção plana de uma região ativa é denotada por "a", uma porção plana em uma região da porção rebaixada é denotada por "b", porções ligeiramente inclinadas que são referidas como um "bico de pássaro" são denotadas por "c", e uma profundidade (uma espessura) usando uma região que não inclui uma porção rebaixada como uma referência é denotada por "d". Neste caso, inúmeros

componentes de interferência gerados na região a e na região b podem ser controlados pela profundidade (a espessura) d e uma razão de área. Nas porções rebaixadas 406 e 606, a ocorrência de uma ondulação pode ser reduzida mudando vários parâmetros dependendo das formas das porções rebaixadas 406 e 606.

[00112] Nesta modalidade, quando comparada com a primeira e segunda modalidades, rugosidade fina pode ser formada na superfície principal do elemento de conversão fotoelétrica 110. Dessa forma, a eficiência de coleta de carga pode ser melhorada enquanto a flexibilidade para disposição das porções rebaixadas para reduzir ocorrência de uma ondulação em uma saída do aparelho de conversão fotoelétrica 100 é melhorada.

Quarta Modalidade

[00113] A Fig. 12 é uma vista plana esquemática de um exemplo de uma porção de um aparelho de conversão fotoelétrica 100 de acordo com uma quarta modalidade. Porções com funções e configurações iguais às das primeiras modalidades são denotadas por números de referência iguais aos da primeira modalidade e descrições detalhadas das mesmas são omitidas. Nesta modalidade, o aparelho de conversão fotoelétrica 100 pode não incluir porções rebaixadas 106 em uma região, em um lado próximo a uma região na qual um elemento de um circuito de leitura é formado, em uma primeira região semicondutora 101 que envolve uma segunda região semicondutora 102 em uma vista plana. Portanto, no aparelho de conversão fotoelétrica 100 desta modalidade, uma distância entre uma terceira região semicondutora 103 para produzir carga para o circuito de leitura e o elemento do circuito de leitura é menor que uma distância entre o elemento do circuito de leitura no aparelho de conversão fotoelétrica 100 e a terceira região semicondutora 103 de acordo com a primeira modalidade.

[00114] Uma quarta região semicondutora 104 é conectada a um transistor de amplificação 121 e a um transistor de reinicialização 122 do circuito de leitura através de uma linha 123. Um comprimento da linha 123 pode ser reduzido quando uma posição da quarta região semicondutora 104 é mais próxima do elemento do circuito de leitura e, dessa forma, a capacitância parasita formada pela linha 123,

outras linhas incluindo uma linha de terra, e uma película isolante disposta entre a linha 123 e a outra linha pode ser reduzida.

Quinta Modalidade

[00115] Uma porção de um aparelho de conversão fotoelétrica 100 de acordo com uma quinta modalidade será descrito com referência à Fig. 13. A Fig. 13 é uma vista seccional transversal ilustrando esquematicamente uma porção do aparelho de conversão fotoelétrica 100 de acordo com esta modalidade. A vista plana da primeira modalidade ilustrada na Fig. 2 pode ser empregada. O aparelho de conversão fotoelétrica 100 da Fig. 13 é diferente daquele nas Figs. 3A a 3D em que uma região semicondutora de um segundo tipo de condutividade é formada em um lado oposto a uma superfície principal de uma quarta região semicondutora 104 em uma vista seccional transversal da superfície principal incluindo uma pluralidade de porções rebaixadas 106 em um substrato semicondutor 400. Especificamente, nesta modalidade, a região semicondutora corresponde a uma quinta região semicondutora 115.

[00116] Uma concentração de impurezas da quinta região semicondutora 115 é menor ou igual à da segunda região semicondutora 102 e menor que a da terceira região semicondutora 103. Dessa forma, a carga do sinal gerada na quinta região semicondutora 115 é coletada pela segunda região semicondutora 102. Também, nesta modalidade, quando uma direção de extensão da quinta região semicondutora 115 que serve como caminhos de carga de sinal e o relacionamento posicional entre a segunda região semicondutora 102 e a terceira região semicondutora 103 são estabelecidos iguais aos da primeira modalidade, a eficiência de coleta de carga pode ser melhorada.

[00117] Note que uma configuração do aparelho de conversão fotoelétrica 100 desta modalidade não está limitada à configuração supradescrita, e o aparelho de conversão fotoelétrica 100 da Fig. 1 e qualquer dos elementos de conversão fotoelétrica de acordo com a segunda à quarta modalidades podem ser combinados entre si.

Sexta Modalidade

[00118] Uma porção de um aparelho de conversão fotoelétrica 100 de acordo com uma sexta modalidade será descrita com referência às Figs. 14A e 14B. A Fig. 14A é uma vista plana de um exemplo de uma porção do aparelho de conversão fotoelétrica 100 desta modalidade, e a Fig. 14B é uma vista seccional transversal esquemática de um exemplo de uma porção do aparelho de conversão fotoelétrica 100 feita ao longo da uma linha XIVB a XIVB na Fig. 14A. O aparelho de conversão fotoelétrica 100 desta modalidade é diferente daquele da primeira modalidade em que uma quinta região semicondutora 115 é uma porção de uma segunda região semicondutora 102, e as sextas regiões semicondutoras 116 são formadas em regiões nas quais os corpos isolantes 201 incluídos em uma pluralidade de porções rebaixadas 106 de um substrato semicondutor 400 estão em contato com a segunda região semicondutora 102. As sextas regiões semicondutoras 116 preferivelmente têm um primeiro tipo de condutividade e preferivelmente têm uma concentração de impurezas mais alta que aquelas de uma primeira região semicondutora 101, da segunda região semicondutora 102, e da quinta região semicondutora 115. Aqui, um caso onde porções da quarta região semicondutora 104 formadas ao longo das porções rebaixadas 106 correspondem às sextas regiões semicondutoras 116 será descrito.

[00119] Se os corpos isolantes 201 incluídos na pluralidade de porções rebaixadas 106 estiverem em contato com a segunda região semicondutora 102, corrente escura que causa defeitos de contorno nos corpos isolantes 201 pode ser gerada. Uma vez que a quarta região semicondutora 104 é disposta entre os corpos isolantes 201 e a segunda região semicondutora 102 no aparelho de conversão fotoelétrica 100 desta modalidade, mesmo se carga de um segundo tipo de condutividade com uma polaridade igual à da carga de sinal for gerada, a corrente escura pode ser suprimida pela recombinação na quarta região semicondutora 104.

[00120] Dessa forma, em uma vista plana de uma superfície principal incluindo a pluralidade de porções rebaixadas 106 no substrato semicondutor 400, a segunda região semicondutora 102 pode se estender de uma porção em contato com a terceira região semicondutora 103 até uma região na qual a segunda região

semicondutora 102 se sobrepõe a pelo menos parte da pluralidade de porções rebaixadas 106. A eficiência de coleta atual pode ser melhorada ainda mais aumentando uma região da segunda região semicondutora 102.

[00121] Por outro lado, mesmo que as sextas regiões semicondutoras 116 sejam dispostas, uma região com uma baixa concentração de impurezas pode ser gerada nas proximidades das porções rebaixadas 106. Um potencial de carga do sinal é baixo na região com uma baixa concentração de impurezas, e, portanto, uma constante de tempo fica maior quando a carga acumulada é descarregada, que causa um fenômeno de atraso de imagem. Se uma desvantagem como esta for esperada, a segunda região semicondutora 102 é disposta mais próxima da terceira região semicondutora 103 relativa a uma das porções rebaixadas 106 que está mais próxima da terceira região semicondutora 103 na vista plana as ilustrada nas outras modalidades. Dessa forma, na vista plana, a segunda região semicondutora 102 não se sobrepõe à pluralidade de porções rebaixadas 106. Com esta configuração, geração do fenômeno de atraso de imagem pode ser suprimida.

[00122] Note que uma configuração do aparelho de conversão fotoelétrica 100 desta modalidade não está limitada à configuração supradescrita, e o aparelho de conversão fotoelétrica 100 da Fig. 1 pode ser combinado com qualquer um dos elementos de conversão fotoelétrica 110 de acordo com a segunda à quarta modalidades.

Sétima Modalidade

[00123] Uma configuração de um aparelho de leitura de imagem 800 de acordo com uma sétima modalidade da presente invenção será descrita com referência a um diagrama de blocos da Fig. 15. O aparelho de leitura de imagem 800 pode ser um periférico multifuncional (MFP), um escâner, ou uma copiadora, por exemplo. O aparelho de leitura de imagem 800 pode incluir um circuito de conversão de relógio 900, uma unidade de leitura 810, um circuito de oscilação 820 e um processador de imagem 830.

[00124] A unidade de leitura 810 gera dados de imagem lendo um documento. A unidade de leitura 810 pode incluir uma fonte de luz, uma parte óptica de tamanho

reduzido, um licenciador, um conversor analógico/digital e um controlador. Um dos aparelhos de conversão fotoelétrica 100 de acordo com a primeira à sexta modalidades pode ser usado como o licenciador. O circuito de oscilação 820 supre um relógio de referência gerado à unidade de leitura 810 e o circuito de conversão de relógio 900. A unidade de leitura 810 opera de acordo com o relógio de referência suprido. Uma frequência do relógio de referência pode ser centenas de MHz, por exemplo.

[00125] O circuito de conversão do relógio 900 recebe os dados de imagem da unidade de leitura 810 de acordo com o relógio de referência como anteriormente descrito e supre os dados de imagem ao processador de imagem 830 de acordo com um relógio de difusão do espectro. O processador de imagem 830 processa os dados de imagem supridos. Dessa forma, o processador de imagem 830 processa dados com base nos dados de imagem produzidos pela unidade de leitura 810.

[00126] A unidade de leitura 810, o circuito de oscilação 820 e o circuito de conversão do relógio 900 podem ser dispostos em uma porção móvel do aparelho de leitura de imagem 800, e o processador de imagem 830 pode ser disposto em uma porção do corpo do aparelho de leitura de imagem 800. O circuito de conversão do relógio 900 e o processador de imagem 830 podem ser conectados entre si por meio de um chicote de fios de dezenas de centímetros, por exemplo.

[00127] Embora a presente invenção tenha sido descrita com referência a modalidades exemplares, deve-se entender que a invenção não está limitada às modalidades exemplares descritas. O escopo das reivindicações seguintes deve ser acordado com a interpretação mais ampla de maneira a englobar todas tais modificações e estruturas e funções equivalentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho de conversão fotoelétrica, caracterizado pelo fato de que compreende:

um substrato semiconductor configurado para ter uma superfície principal incluindo porções rebaixadas; e

corpos isolantes configurados para ficar dispostos nas porções rebaixadas,

em que o substrato semiconductor inclui elementos de conversão fotoelétrica, cada um dos quais inclui uma primeira região semicondutora de um primeiro tipo de condutividade, uma segunda região semicondutora de um segundo tipo de condutividade que é oposto ao primeiro tipo de condutividade, e uma terceira região semicondutora do segundo tipo de condutividade que tem uma concentração de impurezas maior que uma concentração de impurezas da segunda região semicondutora, e que tem pelo menos uma porção disposta mais próxima da superfície principal em relação à segunda região semicondutora, a segunda região semicondutora tendo uma polaridade igual a uma polaridade da carga de sinal,

em que:

a segunda região semicondutora fica em contato com a primeira e terceira regiões semicondutoras,

a primeira e segunda regiões semicondutoras formam uma porção da junção PN,

caminhos de carga de sinal são dispostos entre as porções rebaixadas em uma seção transversal perpendicular à superfície principal,

os caminhos de carga de sinal incluem, em uma vista plana da superfície principal,

um primeiro caminho de carga de sinal com um comprimento em uma primeira direção maior que um comprimento em uma segunda direção que é diferente da primeira direção, e

um segundo caminho de carga de sinal com um comprimento em uma terceira direção, que é diferente da primeira direção, maior que um comprimento em

uma quarta direção que é diferente da terceira direção, e

pelo menos uma da segunda e terceira regiões semicondutoras inclui uma região que fica em uma linha paralela à primeira direção e que passa pelo primeiro caminho de carga de sinal, e que fica em uma linha paralela à segunda direção e que passa pelo segundo caminho de carga de sinal.

2. Aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o substrato semiconductor inclui adicionalmente:

uma quarta região semicondutora do primeiro tipo de condutividade que é disposta em uma região mais próxima à superfície principal em relação à primeira região semicondutora no substrato semiconductor em uma seção transversal perpendicular à superfície principal, e que envolve as segunda e terceira regiões semicondutoras na vista plana da superfície principal,

em que:

uma concentração de impurezas da quarta região semicondutora é maior que uma concentração de impurezas da primeira região semicondutora, e

as porções rebaixadas são circundadas pela quarta região semicondutora na vista plana da superfície principal.

3. Aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que

a primeira região semicondutora se sobrepõe à segunda região semicondutora e as porções rebaixadas na vista plana da superfície principal, e

os corpos isolantes incluídos nas porções rebaixadas têm uma profundidade até as bases a partir da superfície principal do substrato semiconductor que é maior que uma profundidade da quarta região semicondutora.

4. Aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que as porções rebaixadas incluem:

um primeiro par das porções rebaixadas que são dispostas adjacentes uma à outra na segunda direção e que intercalam o primeiro caminho de carga de sinal; e

um segundo par das porções rebaixadas que são dispostas adjacentes

uma à outra na segunda direção e que intercalam o primeiro caminho de carga de sinal.

5. Aparelho de conversão fotoelétrica, caracterizado pelo fato de que compreende:

um substrato semiconductor configurado para ter uma superfície principal incluindo porções rebaixadas; e

corpos isolantes configurados para serem dispostos nas porções rebaixadas,

em que o substrato semiconductor inclui elementos de conversão fotoelétrica, cada um dos quais inclui:

uma primeira região semicondutora de um primeiro tipo de condutividade;

uma segunda região semicondutora de um segundo tipo de condutividade que é oposto ao primeiro tipo de condutividade, a segunda região semicondutora tendo uma polaridade igual à de uma polaridade da carga de sinal;

uma terceira região semicondutora do segundo tipo de condutividade que tem uma concentração de impurezas maior que uma concentração de impurezas da segunda região semicondutora, e que tem pelo menos uma porção disposta mais próxima da superfície principal em relação à segunda região semicondutora;

uma quarta região semicondutora do primeiro tipo de condutividade que é formada entre as porções rebaixadas em uma seção transversal perpendicular à superfície principal, e que tem uma concentração de impurezas maior que uma concentração de impurezas da primeira região semicondutora; e

uma quinta região semicondutora que é formada em uma direção da profundidade da quarta região semicondutora na seção transversal perpendicular à superfície principal, e que tem uma concentração de impurezas do primeiro tipo de condutividade menor que a concentração de impurezas da quarta região semicondutora,

em que:

a segunda região semicondutora fica em contato com as primeira e terceira regiões semicondutoras,

as primeira e segunda regiões semicondutoras formam uma porção da junção PN,

a quinta região semicondutora é posicionada entre as porções rebaixadas na seção transversal perpendicular à superfície principal,

a quinta região semicondutora inclui, em uma vista plana da superfície principal,

uma primeira porção tendo um comprimento em uma primeira direção maior que um comprimento em uma segunda direção que é diferente da primeira direção, e

uma segunda porção tendo um comprimento em uma terceira direção, que é diferente da primeira direção, maior que um comprimento em uma quarta direção que é diferente da terceira direção, e

pelo menos uma das segunda e terceira regiões semicondutoras inclui uma região que fica em uma linha paralela à primeira direção e que passa pela primeira porção da quinta região semicondutora e que fica em uma linha paralela à segunda direção que passa pela segunda porção da quinta região semicondutora.

6. Aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que

a primeira região semicondutora se sobrepõe à segunda região semicondutora e às porções rebaixadas na vista plana da superfície principal, e

a quinta região semicondutora é uma porção da primeira região semicondutora.

7. Aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a quinta região semicondutora do segundo tipo de condutividade tem uma concentração de impurezas menor que uma concentração de impurezas da terceira região semicondutora.

8. Aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que a quinta região semicondutora é uma porção da segunda região semicondutora, e a segunda região semicondutora se sobrepõe a pelo menos algumas das porções rebaixadas em uma vista plana da superfície

principal.

9. Aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 8, caracterizado pelo fato de que as porções rebaixadas incluem um primeiro par de porções rebaixadas que são dispostas adjacentes uma à outra de maneira a intercalar a primeira porção da quinta região semicondutora na segunda direção, e

um segundo par de porções rebaixadas que são dispostas adjacentes uma à outra de maneira a intercalar a segunda porção da quinta região semicondutora na segunda direção.

10. Aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com qualquer uma das reivindicações 2, 3, 5, 6, 7, 8 e 9, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente:

uma porção de isolamento de elemento disposta para circundar a quarta região semicondutora na vista plana da superfície principal,

em que as porções rebaixadas são circundadas pela porção de isolamento de elemento.

11. Aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com qualquer uma das reivindicações 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9 e 10, caracterizado pelo fato de que uma porção da segunda região semicondutora é localizada entre as primeira e quarta regiões semicondutoras em uma direção perpendicular à superfície principal.

12. Aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com qualquer uma das reivindicações 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11, caracterizado pelo fato de que uma concentração de impurezas da quarta região semicondutora é maior que uma concentração de impurezas da segunda região semicondutora.

13. Aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a segunda região semicondutora se sobrepõe às porções rebaixadas na vista plana da superfície principal.

14. Aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 13, caracterizado pelo fato de que:

primeira e segunda porções rebaixadas nas porções rebaixadas são

dispostas adjacentes uma à outra de maneira a intercalar as segunda e terceira regiões semicondutoras em uma primeira seção transversal perpendicular à superfície principal,

a segunda região semicondutora fica em contato com a primeira região semicondutora na primeira seção transversal, e

a porção da junção PN formada pelas primeira e segunda regiões semicondutoras é posicionada entre as primeira e segunda porções rebaixadas na primeira seção transversal.

15. Aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, caracterizado pelo fato de que:

terceira e quarta porções rebaixadas nas porções rebaixadas são dispostas adjacentes uma à outra de maneira a intercalar a terceira região semicondutora em uma segunda seção transversal que intercepta a primeira seção transversal perpendicular à superfície principal, e

a segunda região semicondutora é formada entre a terceira e quarta porções rebaixadas na segunda seção transversal e a porção da junção PN formada pela a primeira e segunda regiões semicondutoras é posicionada entre a terceira e quarta porções rebaixadas na segunda seção transversal.

16. Aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 15, caracterizado pelo fato de que as porções rebaixadas se sobrepõem à primeira região semicondutora na vista plana da superfície principal.

17. Aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 16, caracterizado pelo fato de que a terceira região semicondutora é circundada pela segunda região semicondutora na vista plana da superfície principal.

18. Aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 17, caracterizado pelo fato de que uma porção da segunda região semicondutora está localizada entre as primeira e terceira regiões semicondutoras em uma direção perpendicular à superfície principal.

19. Aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com qualquer uma das

reivindicações 1 a 18, caracterizado pelo fato de que os corpos isolantes são formados de óxido de silício.

20. Aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 19, caracterizado pelo fato de que os corpos isolantes correspondem a regiões de oxidação local de silício (LOCOS).

21. Aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 19, caracterizado pelo fato de que os corpos isolantes correspondem às películas isolantes intercadas formadas no substrato semicondutor.

22. Aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 21, caracterizado pelo fato de que uma concentração de impurezas da segunda região semicondutora é maior que uma concentração de impurezas da primeira região semicondutora.

23. Aparelho de conversão fotoelétrica de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 22, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente uma camada condutora que fica em contato com a terceira região semicondutora através de uma abertura formada em uma película isolante formada no substrato semicondutor.

24. Aparelho de leitura de imagem caracterizado pelo fato de que compreende:

uma unidade de leitura configurada para incluir o aparelho de conversão fotoelétrica do tipo definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 23 e gerar dados de imagem pela leitura de um documento; e

um processador configurado para processar dados com base nos dados de imagem.

FIG. 1A

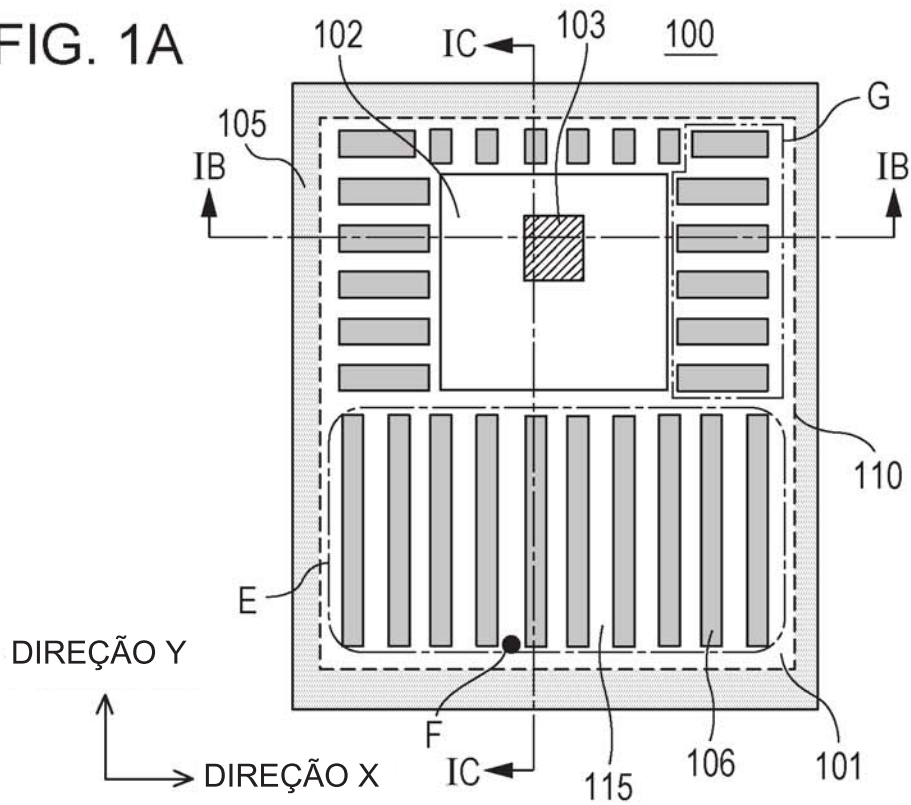


FIG. 1B

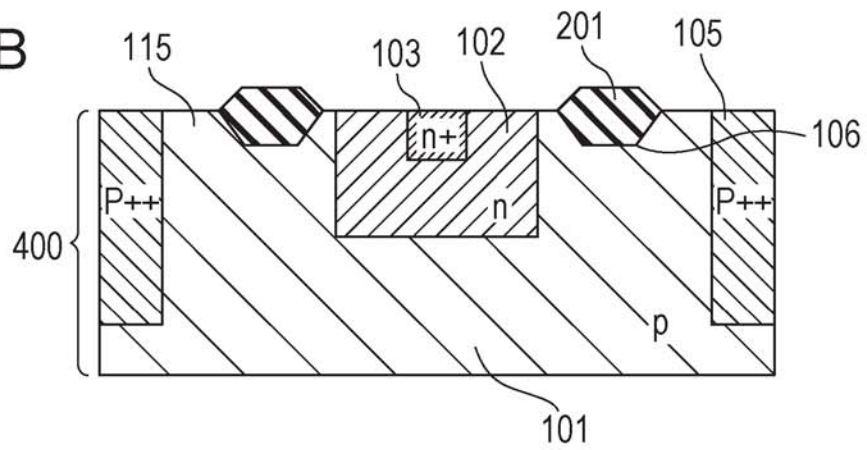


FIG. 1C

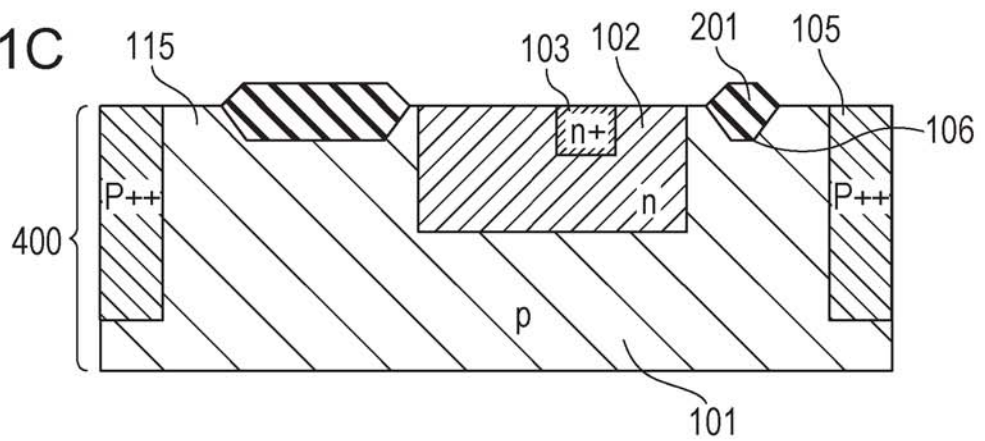


FIG. 2

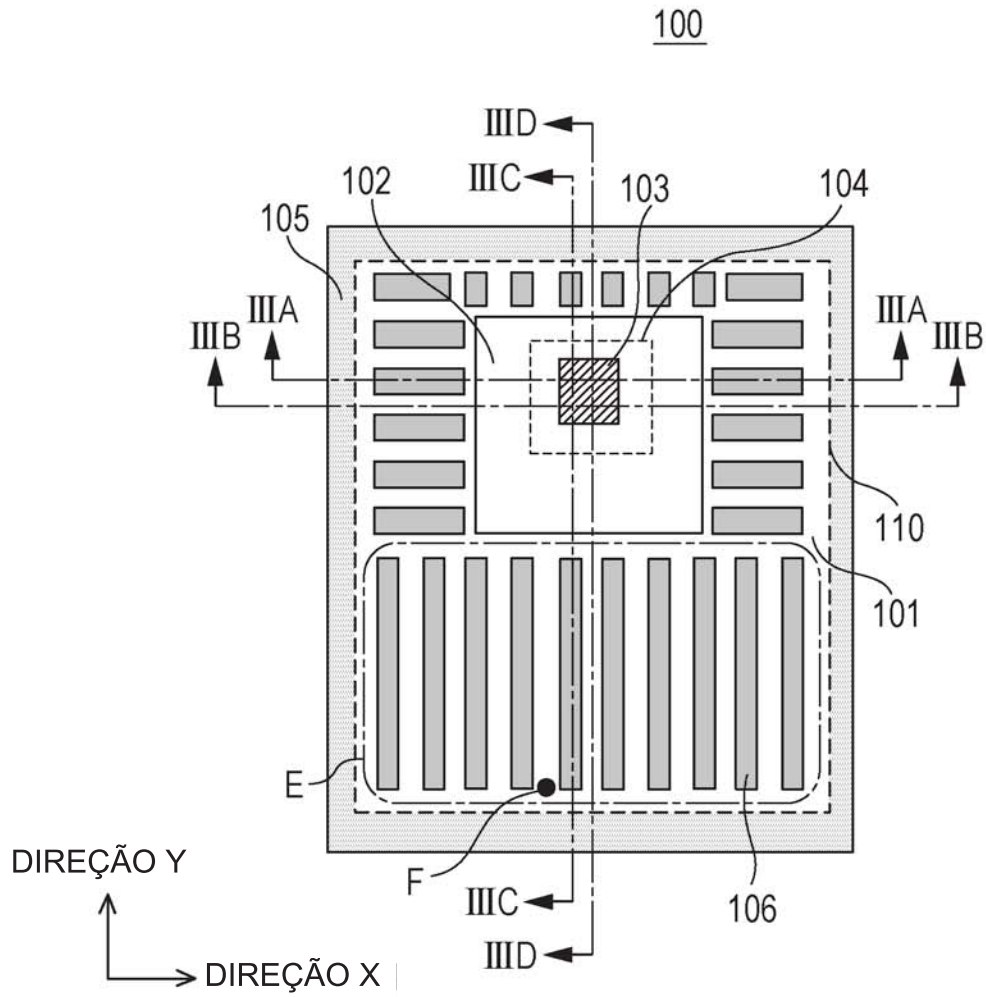


FIG. 3A

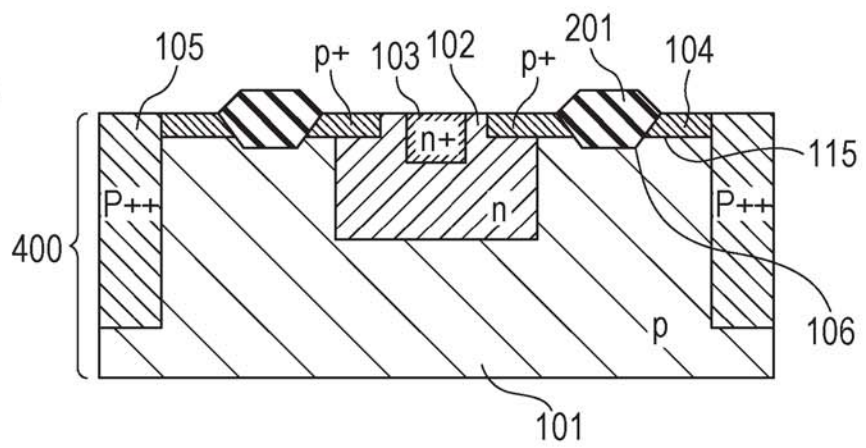


FIG. 3B

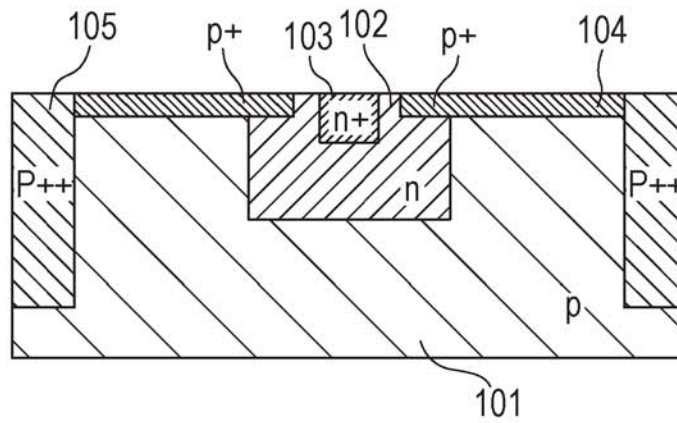


FIG. 3C

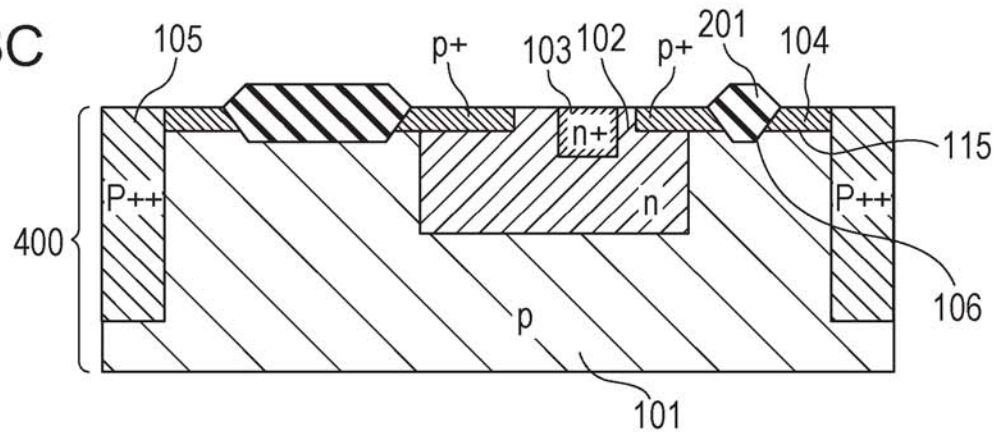


FIG. 3D

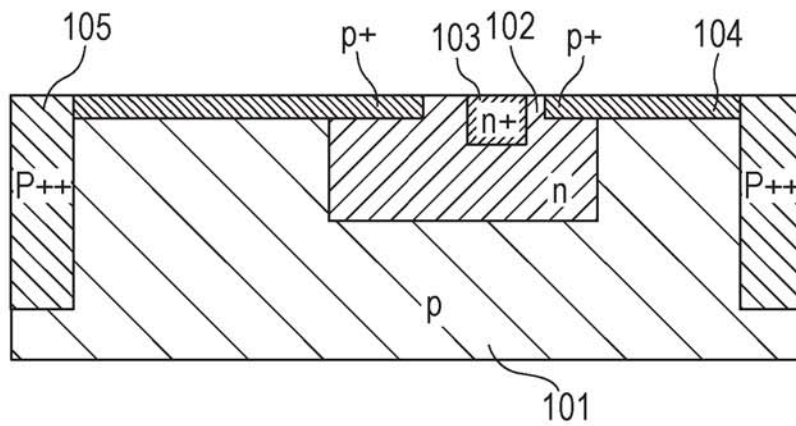


FIG. 4

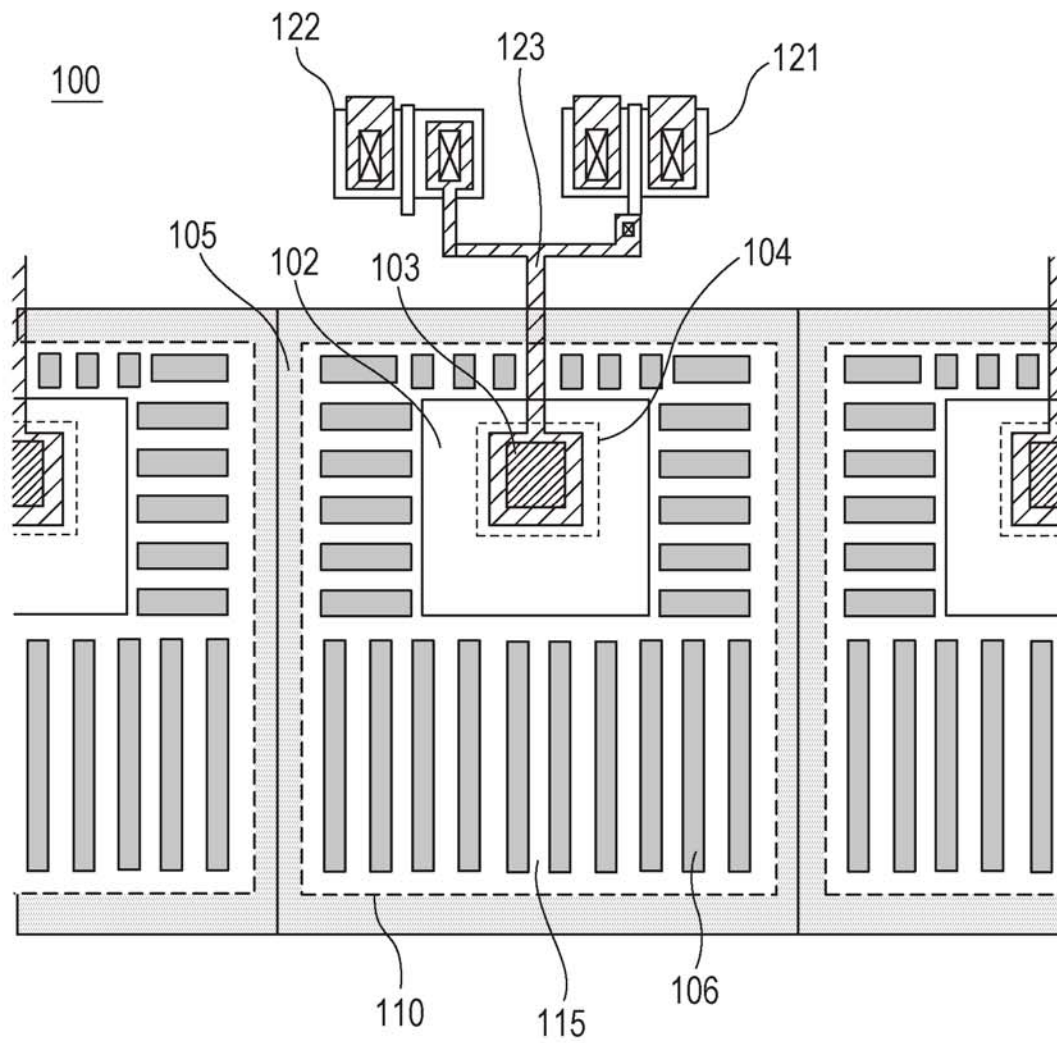


FIG. 5

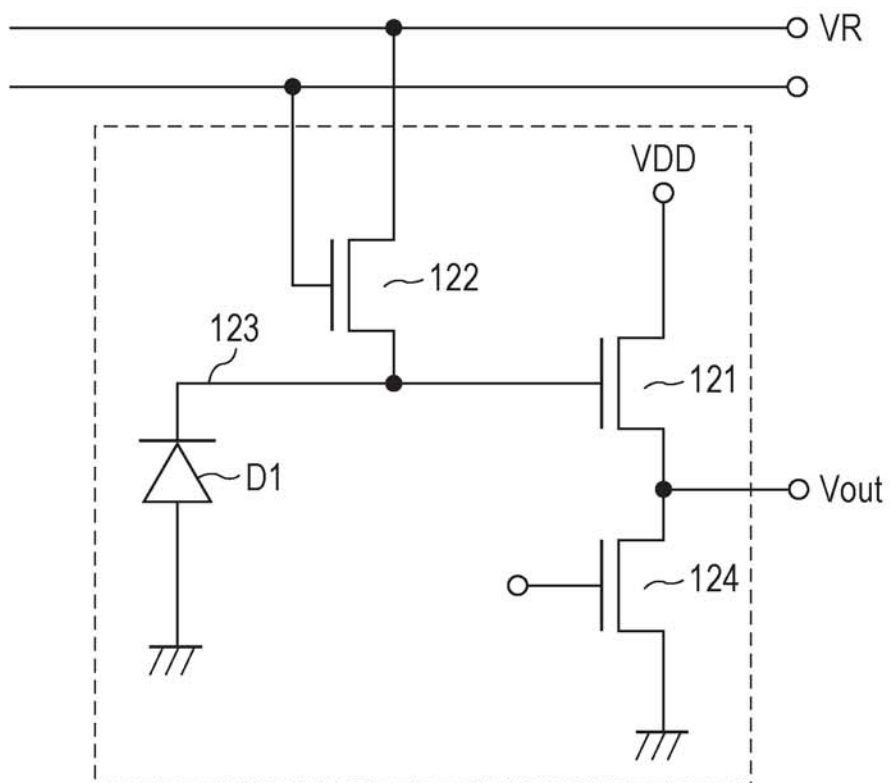


FIG. 6

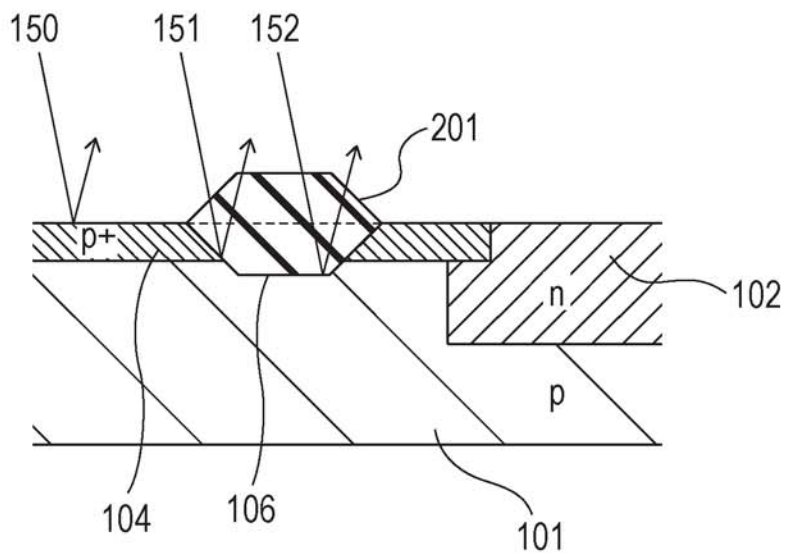


FIG. 7A

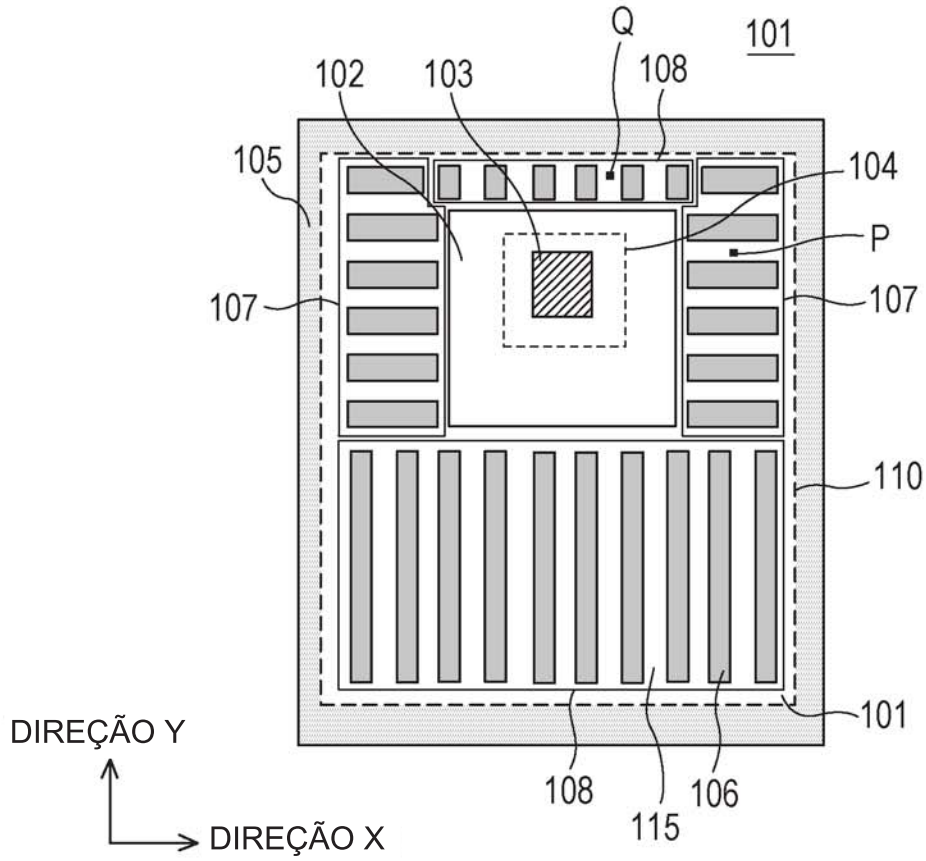


FIG. 7B

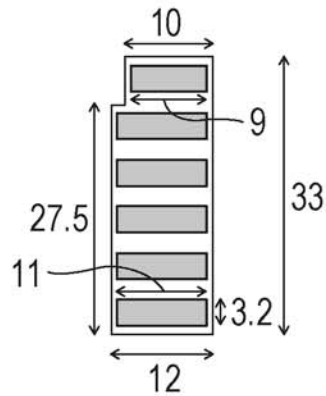


FIG. 8A

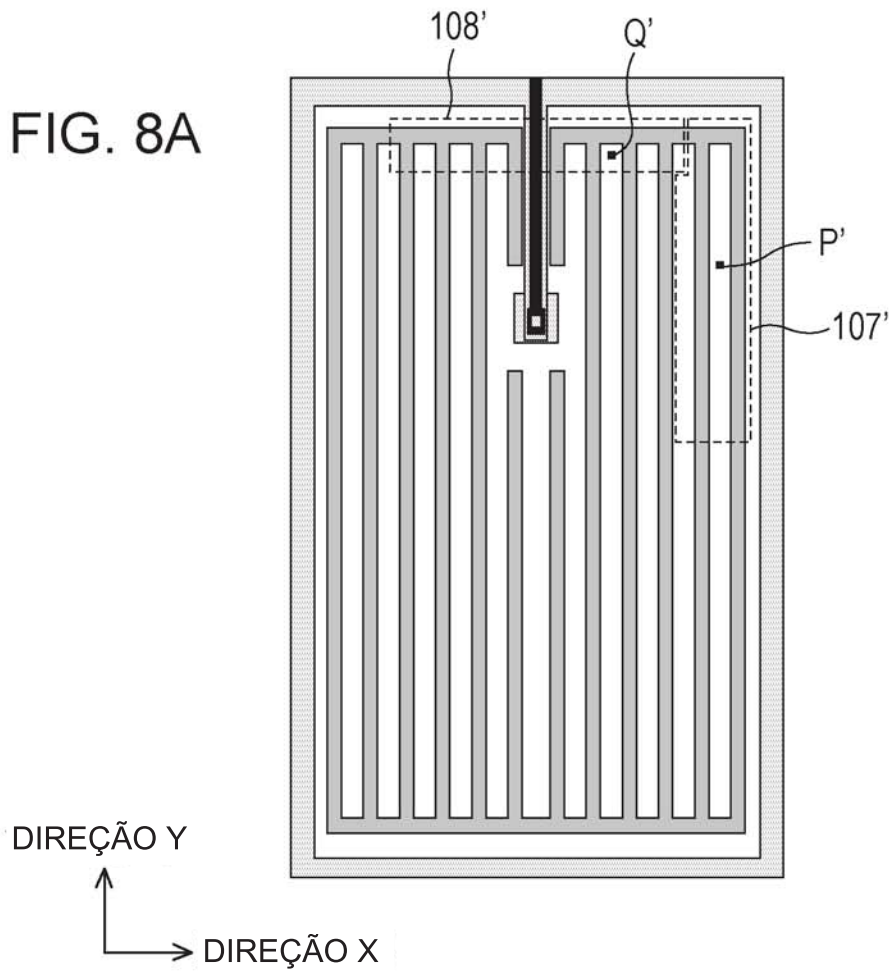


FIG. 8B

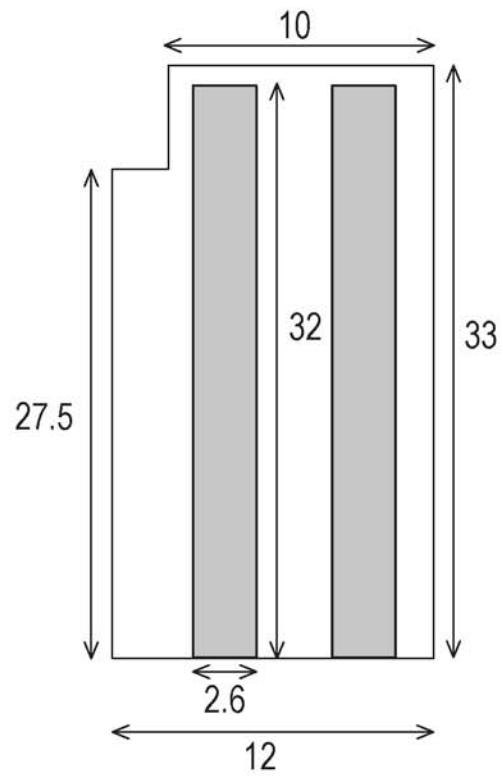


FIG. 9

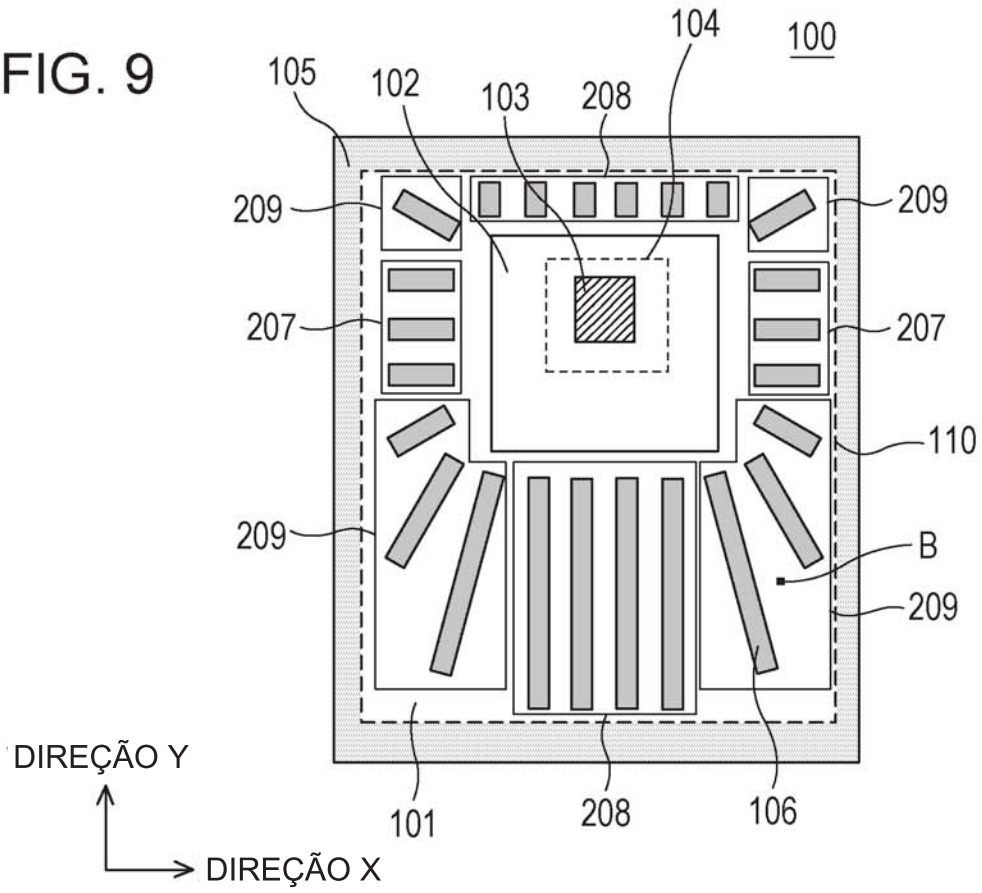


FIG. 10

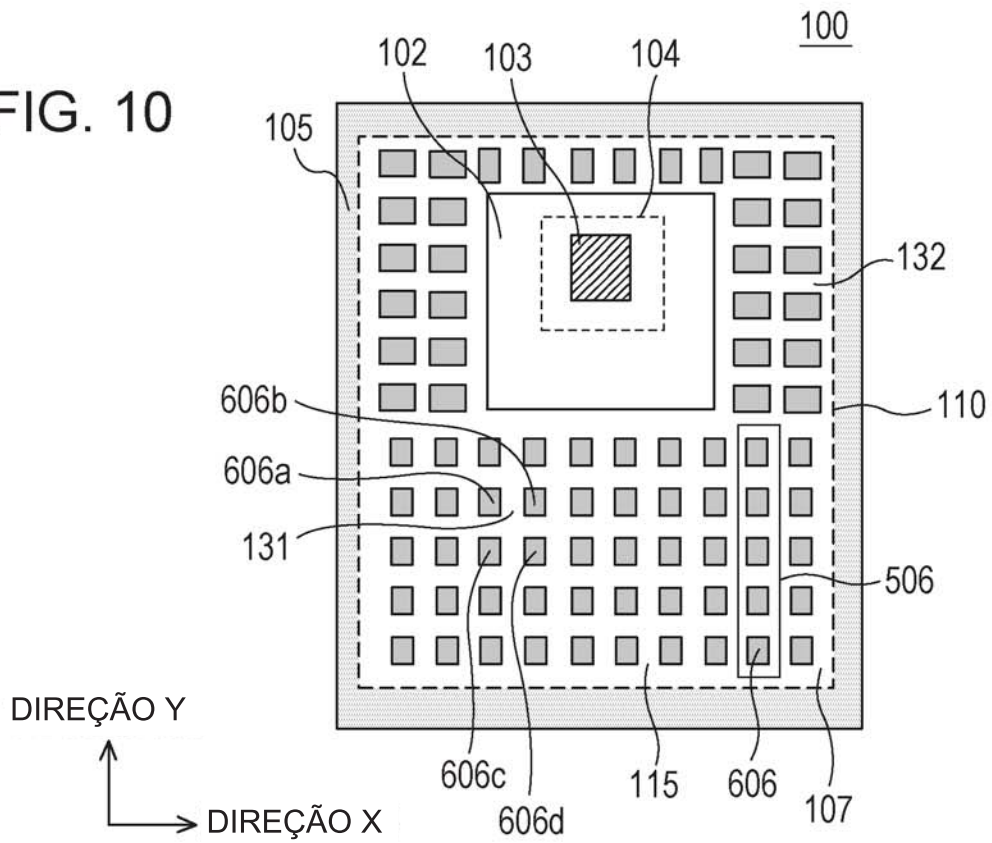


FIG. 11

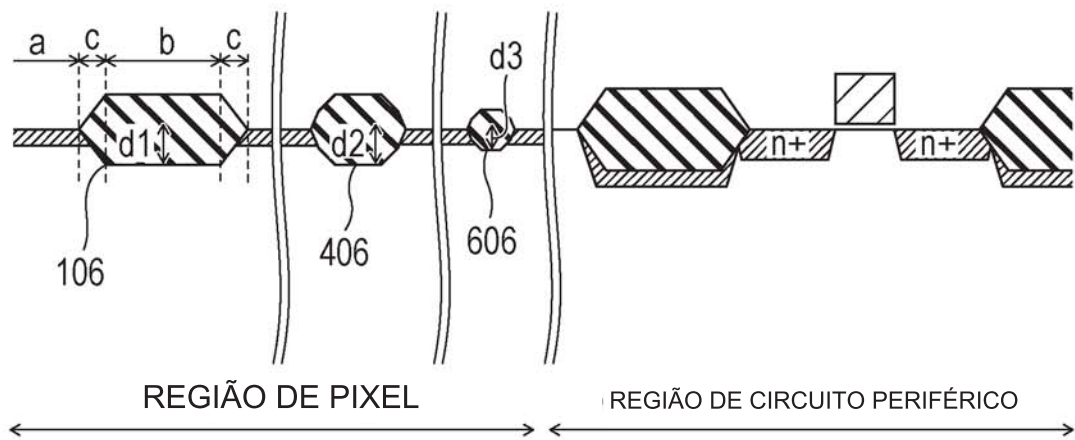


FIG. 12

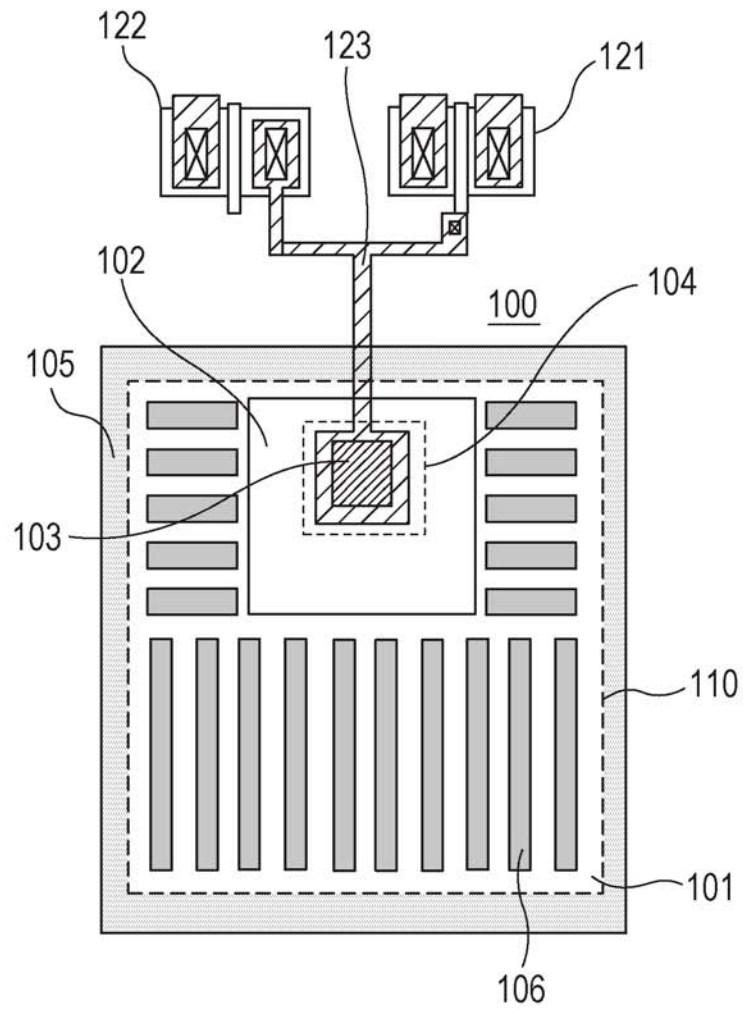


FIG. 13

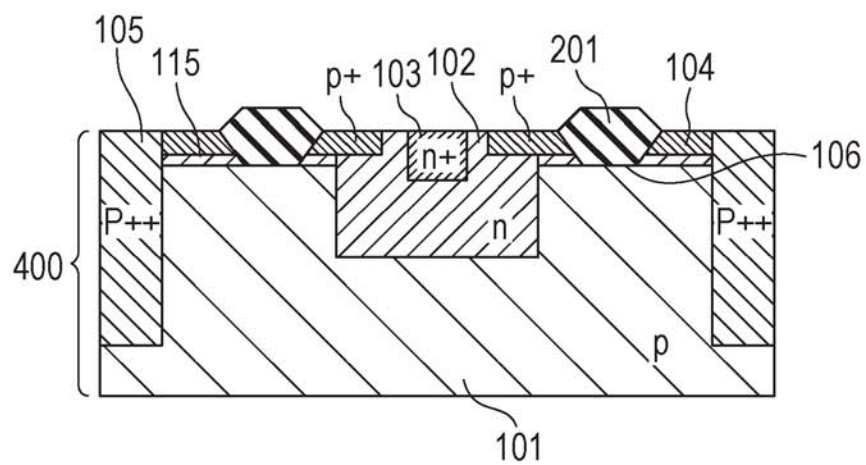


FIG. 14A

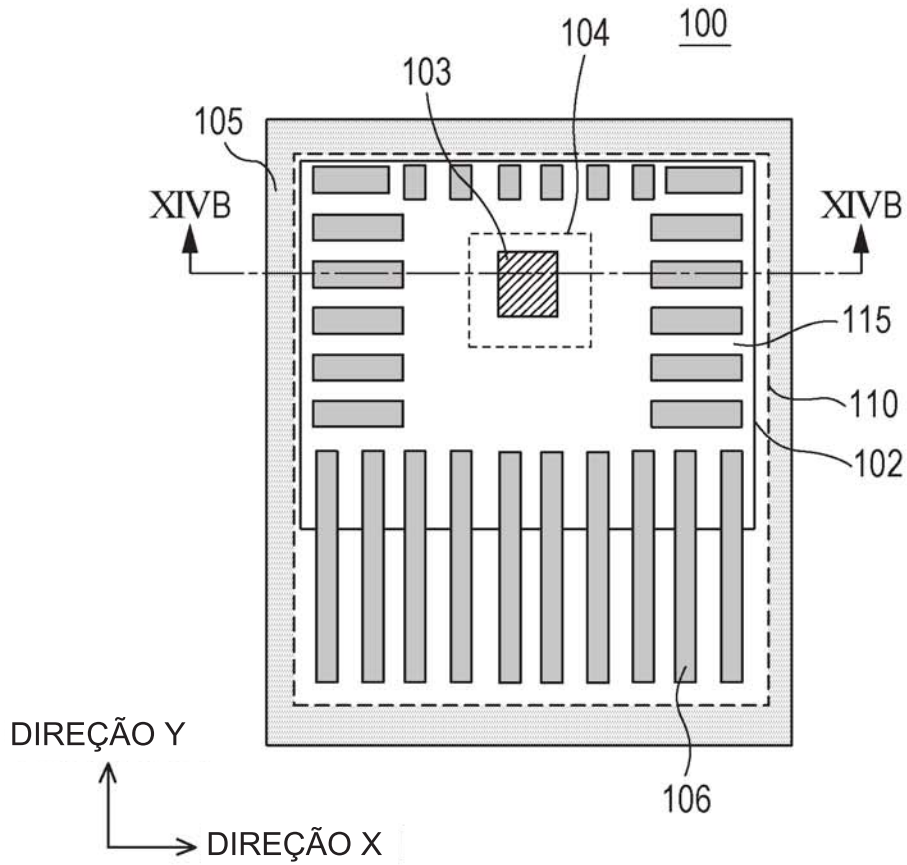


FIG. 14B

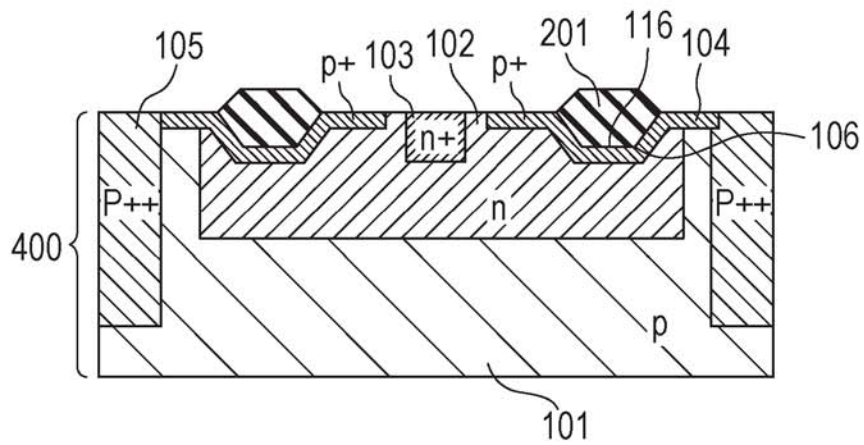
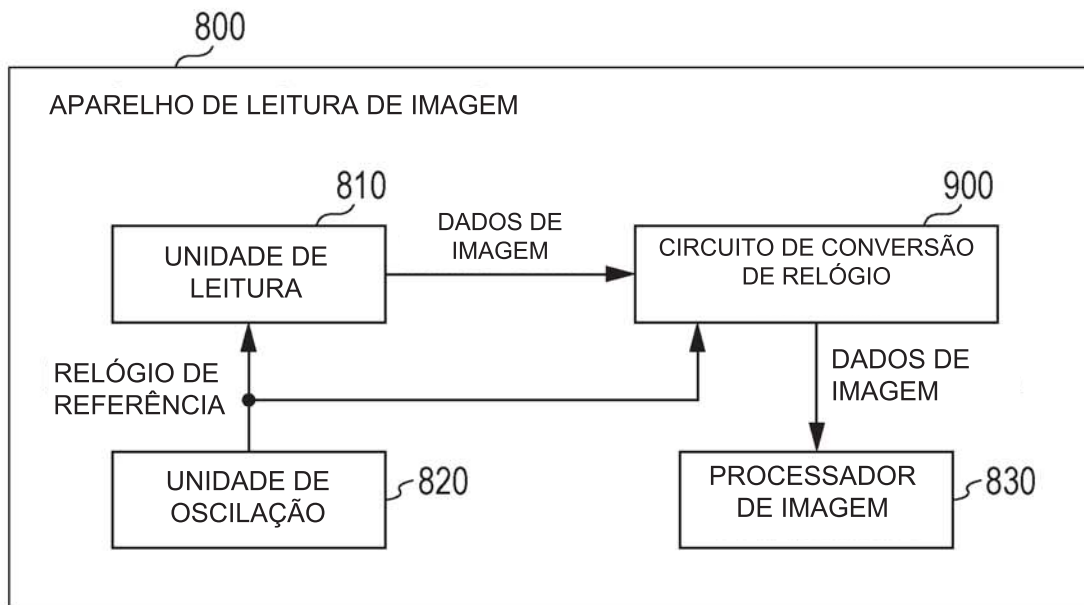


FIG. 15



RESUMO**“APARELHO DE CONVERSÃO FOTOELÉTRICA E APARELHO DE LEITURA DE IMAGEM”**

Um aparelho de conversão fotoelétrica inclui um substrato semicondutor que tem uma superfície principal incluindo porções rebaixadas, e corpos isolantes nas porções rebaixadas. O substrato semicondutor inclui elementos de conversão fotoelétrica, cada um dos quais inclui uma primeira região semicondutora de um primeiro tipo de condutividade, uma segunda região semicondutora de um segundo tipo de condutividade, e uma terceira região semicondutora do segundo tipo de condutividade que tem pelo menos uma porção disposta mais próxima da superfície principal relativa à segunda região semicondutora. A segunda região semicondutora tem uma polaridade da carga de sinal. A segunda região semicondutora fica em contato com a primeira e terceira regiões semicondutoras. Caminhos de carga de sinal são dispostos entre as porções rebaixadas em uma seção transversal perpendicular à superfície principal. Pelo menos uma da segunda e terceira regiões semicondutoras é posicionada em direções de pelo menos dois dos caminhos de carga de sinal.