



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

(21) BR 10 2012 002818-2 A2

(22) Data de Depósito: 07/02/2012  
(43) Data da Publicação: 23/07/2013  
(RPI 2220)



(51) *Int.Cl.*:  
C23C 16/42  
C23C 16/505

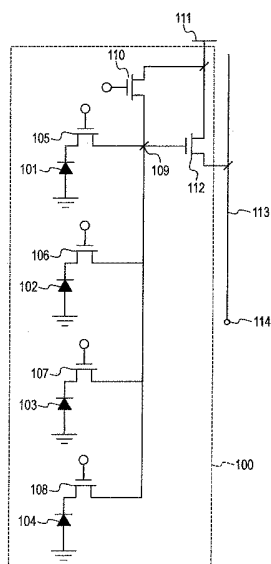
**(54) Título:** MÉTODO PARA FABRICAR UM DISPOSITIVO DE CAPTURA DE IMAGEM DE ESTADO SÓLIDO, E, DISPOSITIVO DE CAPTURA DE IMAGEM DE ESTADO SÓLIDO

**(30) Prioridade Unionista:** 09/02/2011 JP 2011-026346, 07/10/2011 JP 2011-223302, 07/10/2011 JP 2011-223302, 09/02/2011 JP 2011-026346

**(73) Titular(es):** Canon Kabushiki Kaisha

**(72) Inventor(es):** Hiroshi Ikakura, Tadashi Sawayama, Takaharu Kondo, Toru Eto

**(57) Resumo:** MÉTODO PARA FABRICAR UM DISPOSITIVO DE CAPTURA DE IMAGEM DE ESTADO SÓLIDO, E, DISPOSITIVO DE CAPTURA DE IMAGEM DE ESTADO SÓLIDO. É descrito um método para fabricar um dispositivo de captura de imagem de estado sólido que inclui um substrato incluindo uma unidade de conversão fotoelétrica e uma guia de onda arranjada no substrato, e guia de onda correspondendo à unidade de conversão fotoelétrica e incluindo um núcleo e um revestimento, que inclui uma primeira etapa e uma segunda etapa, nas quais, na primeira etapa e na segunda etapa, um elemento a ser formado no núcleo é formado em uma abertura no revestimento por deposição química de vapor intensificada por plasma de alta densidade, na qual, depois da primeira etapa, na segunda etapa, o elemento a ser formado no núcleo é formado pela deposição química de vapor intensificada por plasma de alta densidade em condições nas quais a razão da potência de radiofrequência no lado da face traseira do substrato para a potência de radiofrequência no lado da face do substrato é maior que na primeira etapa.



“MÉTODO PARA FABRICAR UM DISPOSITIVO DE CAPTURA DE  
IMAGEM DE ESTADO SÓLIDO, E, DISPOSITIVO DE CAPTURA DE  
IMAGEM DE ESTADO SÓLIDO”

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

5 Campo da Invenção

A presente invenção diz respeito a um dispositivo de captura de imagem de estado sólido e a um método para fabricar um dispositivo de captura de imagem de estado sólido.

Descrição da Tecnologia Relacionada

10 Dispositivos de captura de imagem de estado sólido incluindo guias de onda para aumentar a quantidade de luz incidente em unidades de conversão fotoelétricas têm sido recentemente reportados. A patente japonesa em aberto 2010-103458 revela um método para embutir um filme de alto índice refrativo em uma abertura em um filme isolante a fim de formar uma  
15 guia de onda. Especificamente, o método inclui, em um estágio inicial, formar um filme em condições nas quais um efeito de pulverização catódica é alto; e então formar o filme em condições nas quais o efeito de deposição é alto.

O pedido de patente japonês em aberto 2005-251804 revela a inclinação das paredes laterais de guias de onda para guiar eficientemente luz  
20 para unidades de conversão fotoelétrica. Entretanto, os inventores observaram que a abertura do filme isolante provavelmente ficará entupida na formação de um elemento de alto índice refrativo em condições descritas no pedido de patente japonês em aberto 2010-103458 e que é assim difícil embutir o elemento de alto índice refrativo sem formar um vazio.

25 Os inventores observaram que o elemento de alto índice refrativo embutido é fracamente ligado em um filme isolante intercamadas envolvente e assim pode ser desanexado dele e que uma tensão interna gerada no elemento de alto índice refrativo pode causar deformação de uma pastilha. Além disso, os inventores observaram que, também na estrutura descrita na

patente japonesa em aberto 2005-251804, é difícil embutir um elemento de alto índice refrativo sem formar um vazio quando pixels são de pequeno tamanho.

De acordo com aspectos da presente invenção, pelo menos um dos problemas expostos é solucionado.

### SUMÁRIO DA INVENÇÃO

De acordo com um aspecto da presente invenção, um método para fabricar um dispositivo de captura de imagem de estado sólido que inclui um substrato incluindo uma unidade de conversão fotoelétrica e uma guia de onda arranjada no substrato, a guia de onda correspondendo à unidade de conversão fotoelétrica e incluindo um núcleo e um revestimento, inclui uma primeira etapa e uma segunda etapa, nas quais, na primeira etapa e na segunda etapa, um elemento a ser formado no núcleo é formado em uma abertura no revestimento por deposição química de vapor intensificada por plasma de alta densidade, e em que, depois da primeira etapa, na segunda etapa, o elemento a ser formado no núcleo é formado por deposição química de vapor intensificada por plasma de alta densidade em condições nas quais a razão da potência de radiofrequência no lado da face traseira do substrato para a potência de radiofrequência no lado da face dianteira do substrato é maior que a da primeira etapa.

De acordo com um outro aspecto da presente invenção, um dispositivo de captura de imagem de estado sólido inclui um substrato incluindo uma unidade de conversão fotoelétrica e uma guia de onda arranjada no substrato, a guia de onda correspondendo à unidade de conversão fotoelétrica e incluindo um núcleo e um revestimento, no qual o núcleo compreende nitreto de silício contendo ligações Si-H e ligações N-H, e em que o nitreto de silício tem uma razão de ligações N-H para as ligações Si-H, isto é, ligações N-H/ligações Si-H, de 1,0 a 10.

De acordo com um outro aspecto da presente invenção, um

método para fabricar um dispositivo de captura de imagem de estado sólido que inclui um substrato incluindo uma unidade de conversão fotoelétrica e uma guia de onda arranjada no substrato, a guia de onda correspondendo à unidade de conversão fotoelétrica e incluindo um núcleo e um revestimento, inclui uma etapa de encher uma abertura no revestimento com o núcleo por deposição química de vapor intensificada por plasma de alta densidade, na qual, na deposição química de vapor intensificada por plasma de alta densidade, a taxa de deposição por uma face inferior da abertura em uma direção perpendicular à face principal do substrato é 1,5 a 10 vezes a taxa de deposição de uma face lateral da abertura em uma direção paralela à face principal do substrato.

De acordo com um outro aspecto da presente invenção, um dispositivo de captura de imagem de estado sólido inclui um substrato incluindo uma unidade de conversão fotoelétrica e uma guia de onda arranjada no substrato, a guia de onda correspondendo à unidade de conversão fotoelétrica e incluindo um núcleo e um revestimento, no qual o núcleo tem uma face inferior com uma largura  $L1$ , uma face superior com uma largura  $L2$  e uma face lateral com um ângulo de inclinação  $\alpha$  com a face principal do substrato, a face superior tendo uma altura acima da face inferior  $H$  e no qual o núcleo satisfaz  $L1 < L2$ ,  $H/L2 \leq 2$  e  $72,8^\circ < \alpha < 90^\circ$ .

De acordo com um outro aspecto da presente invenção, um método para fabricar um dispositivo de captura de imagem de estado sólido que inclui um substrato incluindo uma unidade de conversão fotoelétrica e uma guia de onda arranjada no substrato, a guia de onda correspondendo à unidade de conversão fotoelétrica e incluindo um núcleo e um revestimento, inclui uma primeira etapa e uma segunda etapa, nas quais, na primeira etapa e na segunda etapa, um elemento a ser formado no núcleo é formado em uma abertura no revestimento por deposição química de vapor intensificada por plasma de alta densidade, e nas quais, na segunda etapa, o elemento a ser

formado no núcleo é formado em condições nas quais a razão do efeito de pulverização catódica para o efeito de deposição é alto, comparada com a primeira etapa.

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

#### DESCRIÇÃO RESUMIDA DOS DESENHOS

A figura 1 é um diagrama de circuito ilustrando uma célula de pixel de um dispositivo de captura de imagem de estado sólido de acordo com uma primeira modalidade.

A figura 2 é um esquema plano da célula de pixel do dispositivo de captura de imagem de estado sólido de acordo com a primeira modalidade.

A figura 3A, figura 3B e figura 3C ilustram um método para fabricar um dispositivo de captura de imagem de estado sólido de acordo com a primeira modalidade.

A figura 4A, figura 4B e figura 4C ilustram o método para fabricar o dispositivo de captura de imagem de estado sólido de acordo com a primeira modalidade.

As figuras 5A e 5B ilustram o método para fabricar o dispositivo de captura de imagem de estado sólido de acordo com a primeira modalidade.

As figuras 6A e 6B ilustram o método para fabricar o dispositivo de captura de imagem de estado sólido de acordo com a primeira modalidade.

A figura 7A é uma vista seccional transversal esquemática de um dispositivo de captura de imagem de estado sólido de acordo com uma segunda modalidade, e a figura 7B é um gráfico ilustrando os resultados analíticos do dispositivo de captura de imagem de estado sólido de acordo

com a segunda modalidade.

As figuras 8A e 8B são vistas seccionais transversais esquemáticas de um dispositivo de captura de imagem de estado sólido de uma terceira modalidade.

5 As figuras 9A e 9B são vistas seccionais transversais esquemáticas ilustrando um dispositivo de captura de imagem de estado sólido de acordo com uma quarta modalidade.

10 A figura 10 é uma vista seccional transversal esquemática de um dispositivo de captura de imagem de estado sólido de acordo com uma quinta modalidade.

As figuras 11A e 11B são gráficos ilustrando a quinta modalidade.

A figura 12 é uma vista seccional transversal esquemática ilustrando uma modificação da quinta modalidade.

15 A figura 13 é uma vista esquemática ilustrando um aparelho de deposição química de vapor intensificada por plasma de alta densidade.

A figura 14 é uma vista esquemática de um dispositivo de captura de imagem de estado sólido e um sistema de captura de imagem.

A figura 15 é um gráfico ilustrando uma sexta modalidade.

## 20 DESCRIÇÃO DAS MODALIDADES

Um aspecto revelado da presente invenção diz respeito a um método para fabricar um dispositivo de captura de imagem de estado sólido que inclui um substrato incluindo uma unidade de conversão fotoelétrica e uma guia de onda arranjada no substrato, a guia de onda correspondendo à  
25 unidade de conversão fotoelétrica e incluindo um núcleo e um revestimento. O método inclui uma primeira etapa e uma segunda etapa, nas quais o núcleo é formado em uma abertura no revestimento por deposição química de vapor intensificada por plasma de alta densidade (CVD intensificada por plasma de alta densidade). Depois da primeira etapa, na segunda etapa, um elemento a

ser formado no núcleo é formado por CVD intensificada por plasma de alta densidade em condições nas quais a razão da potência de radiofrequência no lado da face traseira do substrato para a potência de rádio frequência no lado da face dianteira é maior do que na primeira etapa.

5                   A estrutura pode prover o dispositivo de captura de imagem de estado sólido no qual um elemento de alto índice refrativo embutido tem alta adesão e assim é menos provável de se desanexar. É possível embutir o elemento de alto índice refrativo sem formar um vazio. Além disso, é possível inibir a deformação de uma pastilha por causa da tensão interna gerada no  
10 elemento de alto índice refrativo.

                  O termo "abertura" usado aqui inclui os casos onde uma abertura atravessa um filme isolante e onde uma abertura não atravessa o mesmo (depressão), e pode também ser referida como "furo". Como uma estrutura incluindo a abertura, é descrita uma estrutura incluindo uma guia de  
15 onda em modalidades. Uma outra estrutura pode também ser usada. Em modalidades descritas a seguir, é exemplificado um dispositivo de captura de imagem de estado sólido incluindo a estrutura. Dispositivos semicondutores comuns podem também ter a estrutura. Na descrição seguinte, explicado um método para fabricar uma estrutura que pode ser produzida por uma técnica  
20 comum para produzir um semicondutor, e detalhes da estrutura podem ser omitidos. A seguir, será feita descrição com detalhes com referência aos desenhos anexos.

#### Primeira Modalidade

                  Nesta modalidade, um dispositivo de captura de imagem de  
25 estado sólido é exemplificado como um dispositivo semicondutor. Um método para fabricar um dispositivo de captura de imagem de estado sólido será descrito com referência às figuras 1 a 5B e 14. Primeiro, o dispositivo de captura de imagem de estado sólido de acordo com esta modalidade será descrito a seguir com referência às figuras 1, 2 e 14.

A figura 1 é um diagrama de circuito ilustrando uma célula de pixels de um dispositivo de captura de imagem de estado sólido de acordo com esta modalidade. A figura 2 é uma vista de topo da célula de pixels. A figura 14 é um diagrama de blocos ilustrando um sistema de captura de imagem incluindo o dispositivo de captura de imagem de estado sólido de acordo com aspectos da presente invenção. Na figura 1, uma célula de pixels 100 inclui quatro fotodiodos (a seguir, referidos como "PDs") 101 a 104, quatro transistores de transferência 105 a 108, um transistor de restabelecimento 110, um transistor de amplificação 112 e um nó de difusão flutuante (a seguir referido como "nó FD") 109.

Os quatro PDs 101 a 104 convertem fotoeletricamente luz incidente em cargas elétricas correspondentes à quantidade de luz incidente. Os quatro transistores de transferência 105 a 108 funcionam como unidades de transferência configuradas para transferir cargas elétricas geradas nos quatro respectivos PDs 10a a 104 para o nó FD 109. Especificamente, o primeiro transistor de transferência 105 transfere cargas elétricas geradas no primeiro PD 101. O segundo transistor de transferência 106 transfere cargas elétricas geradas no segundo PD 102. O terceiro transistor de transferência 107 transfere cargas elétricas geradas no terceiro PD 103. O quarto transistor de transferência 108 transfere cargas elétricas geradas no quarto PD 104. O nó FD 109 é compartilhado entre uma pluralidade de unidades de conversão fotoelétrica. Com relação ao transistor de amplificação 112, uma porta é eletricamente conectada no nó FD 109. Um dreno é suprido com uma tensão predeterminada de uma linha de suprimento de energia 111. Uma fonte é eletricamente conectada a uma linha de sinal de saída 113. Um sinal baseado no potencial do nó FD 109 é alimentado na linha de sinal de saída 113. O transistor de restabelecimento 110 restabelece o potencial do nó FD 109 em qualquer potencial. O estabelecimento simultâneo de conexão elétrica entre o transistor de restabelecimento 110 e qualquer dos transistores de transferência



105 a 108 permite que o potencial de um dos PDs 101 a 104 correspondente seja restabelecido. A linha de suprimento de energia 111 é configurada para suprir pelo menos dois potenciais. Estabelecendo-se o potencial do nó FD 109 em dois valores, é possível alimentar seletivamente um sinal na linha de sinal de saída 113. Um terminal 114 é conectado a um circuito de leitura descrito a seguir.

No caso onde um pixel é definido como uma unidade de repetição incluindo pelo menos uma unidade de conversão fotoelétrica, a célula de pixels 100 inclui quatro pixels na figura 1. A célula de pixels 100 pode incluir, por exemplo, um transistor e seletor seletivo. Embora os fotodiodos sejam exemplificados como unidades de conversão fotoelétrica, por exemplo, fotoportas podem ser usadas.

Na figura 14, um dispositivo de captura de imagem de estado sólido 1601 inclui uma unidade de pixel 1611, um circuito de varredura vertical 1612, dois circuitos de leitura 1613, dois circuitos de varredura horizontal 1614 e dois amplificadores de saída 1615. Uma região sem ser a unidade de pixel 1611 é referida como uma porção do circuito periférico 1616.

Na unidade de pixel 1611, uma pluralidade de células de pixel ilustrada na figura 1 é arranjada bidimensionalmente. Ou seja, na unidade de pixel 1611, os pixels são arranjados bidimensionalmente. Cada um dos circuitos de leitura 1613 inclui, por exemplo, um amplificador de coluna, um circuito de amostragem dupla correlacionado (CDS) e um circuito de adição. Cada circuito de leitura 1613 lê sinais de pixels em uma fileira selecionada pelo circuito de varredura vertical 1612 através de linhas de sinal verticais e, por exemplo, amplifica e adiciona os sinais. Por exemplo, o amplificador de coluna, o circuito CDS, o circuito de adição e assim por diante são arranjados para cada coluna de pixel ou para uma pluralidade de colunas de pixel. Os circuitos de varredura horizontal 1614 geram sinais usados para ler

seletivamente sinais dos circuitos de leitura 1613. Os amplificadores de saída 1615 amplificam e produzem sinais das colunas selecionadas pelos circuitos de varredura horizontal 1614. A estrutura supradescrita é meramente um exemplo estrutural do dispositivo de captura de imagem de estado sólido. Esta modalidade não está limitada à estrutura. Por exemplo, na figura 14, cada circuito de leitura 1613, cada circuito de varredura horizontal 1614 e cada amplificador de saída 1615 são arranjados em uma região correspondente localizada acima e abaixo da unidade de pixel 1611 a fim de configurar dois caminhos de saída. Alternativamente, três ou mais caminhos de saída podem ser arranjados.

Referindo-se à figura 2, um esquema planar correspondente à figura 1 será descrito a seguir. Na figura 2, regiões de acúmulo de carga (regiões semicondutoras tipo N) 201 a 204, que são partes dos respectivos primeiro a quarto PDs, são arranjadas. As regiões de acúmulo de carga 201 a 204 são referidas como "primeiro a quarto PDs 201 a 204". Eletrodos de porta 205 a 208 do primeiro ao quarto transistores de transferência correspondentes ao primeiro ao quarto PDs 201 a 204 são arranjados. Uma primeira região FD 209 e uma segunda região FD 210 são cada qual arranjadas como uma região correspondente ao nó FD ilustrado na figura 1. A primeira região FD 209 e a segunda região FD210 são arranjadas em diferentes regiões ativas. Cargas do primeiro e segundo PDs são transferidas para a primeira região Fd 209. Cargas do terceiro e quarto PDs são transferidas para a segunda região FD 210. A primeira região FD 209, a segunda região FD 210, e um eletrodo de porta 212 do transistor de amplificação são eletricamente conectados por meio de uma linha de conexão 213. A linha de conexão 213 pode ser formada pela extensão de um componente de polissilício constituindo o eletrodo de porta do transistor de amplificação. A primeira região FD 209 e a linha de conexão 213 são conectadas com um contato compartilhado 214. A segunda região FD 210 e a linha de conexão 213 são conectadas com um contato compartilhado

215. Os termos "contato compartilhado" indicam um plugue de contato que conecta regiões semicondutoras, uma região semicondutora e um eletrodo porta, ou eletrodos portas, sem usar uma camada de fiação. Na figura 2, a segunda região FD 210 é arranjada em uma região ativa comum à fonte ou dreno do transistor de restabelecimento. O número de referência 211 denota o eletrodo porta do transistor de restabelecimento.

Aqui, regiões onde os PDs e as fontes, drenos e porções que funcionam como canais dos transistores são arranjadas são regiões ativas. Outras regiões são regiões de isolamento de elementos 217. Barreiras de potencial 216 compostas de regiões semicondutoras que são efetivas contra portadores de sinal são arranjadas entre PDs adjacentes e entre eletrodos portas adjacentes nas regiões ativas. As barreiras de potencial 216 servem como regiões de isolamento de elementos que inibem a transferência de portadores de carga entre PDs adjacentes. No caso onde as barreiras de potencial são compostas de regiões semicondutoras tipo P, as barreiras de potencial são efetivas contra elétrons. No caso onde as barreiras de potencial são compostas de regiões semicondutoras tipo N, as barreiras de potencial são efetivas contra buracos.

Um método para fabricar um dispositivo de captura de imagem de estado sólido como este será descrito com referência às figuras 3A a 5B. As figuras 3A a 5B são vistas seccionais transversais esquemáticas feitas ao longo da linha III-III, IV-IV e V-V na figura 2. Especificamente, as figuras 3A a 5B são vistas seccionais transversais do segundo e terceiro PDs na célula de pixels, qualquer transistor 303 na célula de pixels e qualquer transistor 304 na porção do circuito periférico feita ao longo da linha III-III, IV-IV e V-V na figura 2. Os componentes apresentados são designados usando os mesmos números de referência, e descrições não são repetidas de forma redundante. Além disso, descrições detalhadas de etapas que podem ser realizadas por técnicas de semicondutores comuns são omitidas.

Referindo-se à figura 3A, uma etapa de preparar um substrato semicondutor incluindo elementos será descrita a seguir. Um substrato semicondutor 301 preparado é composto de silício e tem uma face principal (superfície) 302. O substrato semicondutor 301 inclui duas regiões semicondutoras tipo N 202 e 203 dos PDs, o transistor 303 na célula de pixels e o transistor 304 na porção do circuito periférico. Elétrons são coletados nas regiões semicondutoras tipo N 202 e 203. A seguir, as regiões semicondutoras tipo N 202 e 203 são referidas como "regiões de acúmulo de carga 202 e 203" por conveniência. Na figura 3A, o transistor 303 na unidade de pixel tem fonte tipo N e regiões de dreno 309 e um eletrodo porta 308. Uma região semicondutora tipo N 314 é arranjada abaixo das regiões de acúmulo de carga 202 e 203. A região semicondutora tipo N 314 tem uma menor concentração de impurezas do que as regiões de acúmulo de carga e constitui parcialmente a unidade de conversão fotoelétrica junto com as regiões de acúmulo de carga. Uma região semicondutora tipo P 315 que serve parcialmente como a unidade de conversão fotoelétrica é arranjada abaixo da região semicondutora tipo N 314. Uma região semicondutora tipo P 316 é arranjada abaixo das regiões de fonte e dreno 309 do transistor 303 e da segunda região FD 210. Como o transistor 304 na porção do circuito periférico, transistores constituindo um circuito CMOS são arranjados. Nesta modalidade, entretanto, somente um transistor tipo N está ilustrado. O transistor 304 na porção do circuito periférico tem regiões de fonte e dreno tipo N 311 arranjadas em uma região semicondutora tipo P 313 e tem um eletrodo porta 310 arranjado na face principal 302 do substrato semicondutor entre as regiões de fonte e dreno. O substrato semicondutor 301 incluindo esses elementos é preparado. Note que, em cada um dos desenhos, filmes isolantes de porta não estão ilustrados.

A figura 3A ilustra uma etapa de formação de filmes isolantes nos elementos arranjados no substrato semicondutor. Na unidade de pixel

1611, um filme isolante (não ilustrado) composto de óxido de silício, um filme isolante 305 composto de nitreto de silício e um filme isolante 306 composto de óxido de silício são empilhados nesta ordem a partir do lado da face principal 302. Esses filmes podem ser formados por deposição química de vapor intensificada por plasma de alta densidade (a seguir, referida como "CVD").

O transistor 304 tem um espaçador lateral 312 na parede lateral do eletrodo porta 310. As regiões de fonte e dreno 311 têm uma estrutura de dreno ligeiramente dopada (LDD) (não ilustrada). O espaçador lateral 312 tem uma estrutura laminada incluindo um filme de óxido de silício, um filme de nitreto de silício e um filme de óxido de silício. Esses filmes podem ser formados por CVD intensificada por plasma. Esses filmes constituindo o espaçador lateral 312 podem ser o mesmo filme isolante (não ilustrado), o filme isolante 305 e o filme isolante 306 formados na unidade de pixel 1611.

Na figura 3A, um filme isolante 307 composto de nitreto de silício é formado sobre a unidade de pixel 1611 e a porção do circuito periférico 1616, por exemplo, por CVD intensificada por plasma de baixa pressão (LP-CVD). Aqui, antes da formação do filme isolante 307, um filme (não ilustrado) composto de óxido de silício pode ser formado sobre a unidade de pixel 1611 e a porção do circuito periférico 1616 por CVD intensificada por plasma. Isto se dá em virtude de a formação do filme impedir exposição da face principal 302 do substrato semiconductor nas regiões de fonte e dreno 311 do transistor 304 na porção do circuito periférico.

Referindo-se à figura 3B, o filme isolante 307 formado sobre a unidade de pixel 1611 e a porção do circuito periférico 1616 é processado por técnicas de litografia e ataque químico comuns em um padrão desejado para formar filmes isolantes 317 e um filme isolante 318. Os filmes isolantes 317 estendem-se das porções acima das regiões de acúmulo de carga 202 e 203,

isto é, acima da unidade de conversão fotoelétrica, até porções acima de partes dos eletrodos portas dos transistores de transferência. Em uma outra região da unidade de pixel 1611, o filme isolante 307 ilustrado na figura 3A é removido por ataque. Na porção do circuito periférico 1616, o filme isolante 307 ilustrado na figura 3A não está atacado e é formado no filme isolante 318.

Referindo-se à figura 3C, uma pluralidade de filmes isolantes intercamadas 319, plugues de contato 320, uma primeira camada de fiação 321, uma segunda camada de fiação 322 incluindo por meio de plugues são formadas na estrutura ilustrada na figura 3B. Aqui, diversos contatos e diversas linhas das camadas de fiação são arranjadas. Nos diversos filmes isolantes intercamadas 319, filmes isolantes compostos de óxido de silício e filmes isolantes compostos de nitreto de silício são empilhados alternadamente. Cada um dos filmes isolantes compostos de óxido de silício é formado por CVD intensificada por plasma de maneira a ter uma espessura de 120 nm a 1.000 nm. Cada um dos filmes isolantes compostos de nitreto de silício é formado por CVD intensificada por plasma de maneira a ter uma espessura de 10 nm a 200 nm. Assim, a maior parte dos diversos filmes isolantes intercamadas 319 é composta de óxido de silício. Os diversos filmes isolantes compostos de nitreto de silício funcionam como filmes de interrupção de ataque químico no momento da formação das camadas de fiação e dos plugues de via, e como filmes de prevenção de difusão configurados para impedir difusão de metais que constituem as camadas de fiação. Os diversos filmes isolantes intercamadas 319 servirão como revestimentos das guias de onda a ser formadas.

Os plugues de contato 320 são basicamente compostos de tungstênio. A primeira camada de fiação 321 e a segunda camada de fiação 322 formadas integralmente com os plugues de via são basicamente compostas de cobre. A primeira camada de fiação 321 é formada por um único processo damascene. Os plugues de contato, os plugues de via e

padrões condutores das camadas de fiação incluem cada qual um metal de barreira. A primeira e segunda camadas de fiação podem ser compostas de alumínio e formadas por padronização, em vez de processos damascene.

Na figura 3C, entre os diversos filmes isolantes compostos de nitreto de silício, os filmes isolantes em contato com as faces superiores da primeira e segunda camadas funcionam como filmes de impedimento de difusão configurados para impedir difusão de um metal, isto é, cobre. Os filmes isolantes arranjados nas faces inferiores da primeira e segunda camadas de fiação funcionam como filmes de interrupção de ataque químico, quando a primeira e segunda camadas de fiação são formadas pelos processos damascene. A espessura dos filmes isolantes que funcionam como filmes de interrupção de ataque químico é menor que dos filmes isolantes que funcionam como filmes de prevenção de difusão. Nos processos damascene, uma etapa de formar um entalhe para uma linha, ou um entalhe para uma linha e um plugue via, é realizada. Quando o entalhe é formado por ataque químico, o filme de interrupção de ataque químico pode ser arranjado para controlar a forma do entalhe. Assim, os filmes isolantes que funcionam como os filmes de interrupção de ataque químico são arranjados nas faces inferiores da primeira e segunda camadas de fiação. Os filmes de interrupção de ataque químico são removidos na formação dos entalhes. Consequentemente, as faces inferiores dos filmes de interrupção de ataque químico são niveladas ou acima das faces inferiores da primeira e segunda camadas de fiação, ou acima delas. Alternativamente, uma pastilha na qual a estrutura ilustrada na figura 3C foi formada é obtida, e então a etapa subsequente de formação de uma abertura pode ser realizada.

Em seguida, aberturas 323 são formadas nos diversos filmes isolantes intercamadas 319 ilustrados na figura 3C, formando assim uma estrutura ilustrada na figura 4A. Um padrão fotorresistivo (não ilustrado) com aberturas em regiões correspondentes à unidade de conversão fotoelétrica é

formado nos diversos filmes isolantes intercamadas 319. O ataque químico é feito com o padrão fotorresistivo como uma máscara. Por exemplo, ataque químico anisotrópico é feito como o ataque químico. Especificamente, os diversos filmes isolantes intercamadas são submetidos a tratamento de ataque químico por plasma até que os filmes isolantes 317 fiquem expostos. Os filmes isolantes 317 reduzem dano por plasma na unidade de conversão fotoelétrica durante ataque químico e também funcionam como filmes de interrupção de ataque químico. O filme isolante (não ilustrado) composto de óxido de silício e os filmes isolantes 305 e 306 arranjado entre os filmes isolantes 317 e a face principal 302 do substrato semicondutora funcionam como filmes de referência antirreflexão para luz incidente na unidade de conversão fotoelétrica.

As aberturas 323 ilustradas na figura 4A são cheias com um material transparente com um índice refrativo maior que dos diversos filmes isolantes intercamadas 3191 que servem como revestimentos, formando assim porções a ser formadas em núcleos de guias de onda. Aqui, nitreto de silício com um índice refrativo maior que do óxido de silício que basicamente constitui os diversos filmes isolantes intercamadas 3191 é depositado nas aberturas. Especificamente, nitreto de silício é depositado por CVD intensificada por plasma de alta densidade (a seguir, referido como (HDP-CVC")) em toda a face do substrato para encher as aberturas 323 com nitreto de silício. O HDP-CVD é realizado com um aparelho CVD intensificada por plasma de alta densidade ilustrado na figura 13. Uma porção desnecessária do filme de nitreto de silício resultante formado, por exemplo, em uma poção dos diversos filmes isolantes intercamadas 3191 além das aberturas 323 é removida por polimento químico-mecânico (a seguir, referido como "CMP") ou ataque químico por plasma. Esta etapa nivela a superfície do filme de nitreto de silício. Por meio disto, elementos de alto índice refrativo 324 são formados nas aberturas 323 por meio dessas etapas. Guias de onda incluem os



diversos filmes isolantes intercamadas 3191 e os elementos de alto índice refrativo 324. Aqui, nesta modalidade, CMP é feito para remover e nivelar o filme de nitreto de silício. Parte do filme de nitreto de silício nos diversos filmes isolantes intercamadas 3191 é deixada, formando assim um filme isolante 325 sobre os elementos de alto índice refrativo 324 e a face superior dos diversos filmes isolantes intercamadas 3191, o filme isolante 325 tendo uma espessura de cerca de 100 nm a cerca de 500 nm. A presença do filme de nitreto de silício reduz danos por plasma nas camadas de fiação. Um filme isolante 326 composto de oxinitreto de silício é formado na superfície do filme isolante 325. O filme isolante 326 é formado por CVD intensificada por plasma de maneira a ter uma espessura de cerca de 50 nm a cerca de 150 nm.

Depois da etapa ilustrada na figura 4B, regiões desejadas dos filmes isolantes 325 e 326 são removidas. Nesta modalidade, todas porções dos filmes isolantes 325 e 326 arranjadas em uma região correspondente à porção do circuito periférico são removidas para formar uma abertura 329. Entretanto, pelo menos uma região onde os plugues de via são arranjados pode ser removida por ataque químico. A remoção é feita por ataque químico anisotrópico, por exemplo, ataque químico por plasma. Esta etapa forma os filmes isolantes 325 e 326 em filmes isolantes 327 e 328 com a abertura 329. Subsequentemente, um filme isolante 330 é formado de maneira a encher a abertura 329 e cobrir os filmes isolantes 327 e 328. O filme isolante 330 é composto, por exemplo, de óxido de silício e pode ser formado por CVD intensificada por plasma. Um plugue de via 331 é formado de maneira a passar através do filme isolante 330 e parte dos diversos filmes isolantes intercamadas 319 arranjada na segunda camada de fiação 322. O plugue de via 331 é composto, por exemplo, de tungstênio e inclui um metal de barreira, por exemplo, titânio ou nitreto de titânio.

Uma terceira camada de fiação 333 é formada no plugue de via 331, provendo uma estrutura ilustrada na figura 4C. A terceira camada de

fiação 333 é composta de um condutor elétrico contendo basicamente, por exemplo, alumínio e é formado por padronização. Aqui, a terceira camada de fiação 333 também funciona como um filme de blindagem de luz para a porção do circuito periférico. Na figura 4C, um filme isolante a ser formado em um filme isolante 334 e um filme isolante a ser formado em um filme isolante 335 são formados nessa ordem. O filme isolante a ser formado no filme isolante 334 é composto de oxinitreto de silício formado por CVD intensificada por plasma. O filme isolante a ser formado no filme isolante 335 é composto de nitreto de silício formado por CVD intensificada por plasma.

Uma fotorresistência em forma de lente é formada no filme isolante a ser formado no filme isolante 335. O ataque químico é feito com a fotorresistência como uma máscara para formar lentes no filme isolante a ser formado no filme isolante 335. Um filme isolante a ser formado em um filme isolante 336 é formado nas lentes. A remoção dos três filmes isolantes em uma região correspondente a uma almofada de entrada ou saída provê uma estrutura ilustrada na figura 5A. Aqui, o filme isolante 335 serve como uma camada de lente incluindo lentes intracamadas 337. Os filmes isolantes 334 e 336 funcionam como revestimentos antirreflexão para o filme isolante 335.

Depois da etapa ilustrada na figura 5A, uma camada de nivelamento 338 composta de uma resina, uma camada de filtro de cor 339 incluindo um filtro de cor correspondente a uma pluralidade de cores, e uma camada de microlentes 340 incluindo microlentes 341 são formadas nessa ordem, provendo uma estrutura ilustrada na figura 5B.

Como anteriormente descrito, é possível produzir um dispositivo de captura de imagem de estado sólido pelo processo ilustrado nas figuras 3A a 5B. Note que as figuras 3A a 5B ilustram uma porção do lado da face principal do substrato semiconductor 301.

No método para fabricar um dispositivo de captura de imagem de estado sólido supradescrito, o processo de formação dos elementos de alto

índice refrativo 324 ilustrado na figura 4B é um recurso característico desta modalidade. Esta etapa será descrita com detalhes a seguir com referência às figuras 6A, 6B e 13.

Nesta modalidade, os elementos de alto índice refrativo 324 são formados por um processo de dois estágios. A figura 6A é uma vista seccional transversal esquemática de um dispositivo de captura de imagem de estado sólido correspondente à figura 4B. A figura 6B é uma vista seccional transversal esquemática fragmentada ampliada da estrutura ilustrada na figura 6A. Nas figuras 6A e 6B, elementos iguais aos elementos na figura 4B são designados usando os mesmos números de referência, e descrições não são repetidas de forma redundante. Como ilustrado nas figuras 6A e 6B, os elementos de alto índice refrativo 324 e o filme isolante 325 na figura 4B correspondem aos elementos de alto índice refrativo 324a e um filme isolante 325a, respectivamente, nas figuras 6A e 6B. Os elementos de alto índice refrativo 324a e o filme isolante 325a são cada qual formados de dois elementos. Nas figuras 6A e 6B, um primeiro elemento 601 e um filme isolante 602 são formados ao longo de paredes laterais das aberturas 323 ilustradas na figura 4A e cobre os diversos filmes isolantes intercamadas 3191. Um segundo elemento 603 e um filme isolante 604 cobrem o primeiro elemento 601 e o filme isolante 602. Cada um dos elementos de alto índice refrativo 324a inclui um primeiro elemento 601 e o segundo elemento 603. O filme isolante 325a correspondente ao filme isolante 325 ilustrado na figura 4A inclui o filme isolante 602 e o filme isolante 604. O método para formar os elementos de alto índice refrativo 324a serão descritos com detalhes a seguir com referência à figura 6B.

Um aparelho CVD intensificada por plasma de alta densidade para formar os elementos de alto índice refrativo 324a serão descritos com referência à figura 13. O aparelho CVD intensificada por plasma de alta densidade é um no qual um gás é formado em um plasma denso usando um

campo de radiofrequência ou um campo magnético para depositar um filme. A figura 13 é uma vista esquemática ilustrando um aparelho CVD intensificada por plasma de alta densidade 1500 usando um campo de radiofrequência. O aparelho CVD intensificada por plasma de alta densidade 1500 inclui uma câmara 1506, um estágio 1503 equipado com um mecanismo de controle de temperatura, uma fonte de potência de radiofrequência 1501 conectada em um primeiro eletrodo, e uma fonte de potência de radiofrequência 1502 conectada no estágio (segundo eletrodo). Uma pastilha semicondutora 1504 é colocada no estágio 1503. As potências de radiofrequência da fonte de potência de radiofrequência superior 1501 e da fonte de potência de radiofrequência inferior 1502 podem ser estabelecidas individualmente. Quando um filme é formado, um gás desejado é alimentado por um orifício de alimentação 1505 e deixado reagir. A CVD intensificada por plasma de alta densidade é realizada enquanto o efeito de pulverização catódica e o efeito de deposição são ajustados. Controlando as potências de radiofrequência das fontes de potência de radiofrequência superior e interior, o gás, a temperatura da pastilha e assim por diante, a razão do efeito de pulverização catódica para o efeito de deposição é ajustada.

Um método de formar os elementos de alto índice refrativo de acordo com esta modalidade inclui uma primeira etapa de formar o primeiro elemento e uma segunda etapa de formar o segundo elemento. A segunda etapa é realizada em condições nas quais a razão do efeito de pulverização catódica para o efeito de deposição é maior do que na primeira etapa. Os termos "efeito de deposição" usados aqui indicam um estado no qual um filme de uma espécie desejada cresce por CVD. Os termos "efeito de pulverização catódica" indicam um estado no qual um filme subjacente é submetido a pulverização catódica pelo bombardeamento com um plasma, ou uma espécie.

O primeiro elemento formado nas condições tem maior adesão nas paredes laterais e faces inferiores das aberturas 323 e nos filmes isolantes

intercamadas 3191 ilustrados na figura 4A do que o segundo elemento, inibindo assim a desanexação do primeiro elemento para formar um elemento de alto índice refrativo. Além disso, a tensão gerada no segundo elemento é reduzida, inibindo assim a deformação da pastilha. Na CVD intensificada por plasma de alta densidade, um elemento formado nas condições nas quais o efeito de deposição é alto tem uma alta densidade e alta adesão em um filme subjacente. Ou seja, na primeira etapa, o filme com alta adesão no filme subjacente é formado. Então, na segunda etapa, os elementos de alto índice refrativo são formados em condições nas quais as aberturas são facilmente cheias. Note que um filme com alta adesão em um filme subjacente é altamente provável de ter uma alta tensão. No caso onde uma abertura é cheia com um filme como este, a espessura do filme é aumentada, de forma que uma pastilha provavelmente se deformará. No método de acordo com esta modalidade, é possível reduzir a desanexação e inibir a deformação da pastilha.

Na primeira etapa, um gás misto que contém um gás contendo silício, nitrogênio, um gás contendo nitrogênio e um gás inerte é alimentado, e um campo de radiofrequência é aplicado pela fonte de potência de radiofrequência 1501. Na segunda etapa, um gás misto que contém um gás contendo silício, nitrogênio, um gás contendo nitrogênio e um gás inerte é alimentado, e campos de radiofrequência são aplicados pelas fontes de potência de radiofrequência 1501 e 1502.

Exemplos de gás contendo silício incluem silano, tetraetoxissilano (TEOS), trimetilsilano e tetrametilsilano. Um exemplo do gás contendo nitrogênio é amônia. Exemplos do gás inerte incluem argônio e hélio. Nesta modalidade, o gás misto em cada uma da primeira e segunda etapas inclui silano, nitrogênio, amônia e argônio.

A fonte de potência de radiofrequência 1501 supre uma radiofrequência de 800 kHz a uma potência de radiofrequência de 1.000 a

7.000 W. A fonte de potência de radiofrequência 1502 supre uma radiofrequência de 13,56 MHz a uma potência de radiofrequência de 0 a 5.000 W. De acordo com esta modalidade, na primeira etapa, a potência de radiofrequência da fonte de potência de radiofrequência 1501 é 5.000 W, e a  
5      potência de radiofrequência da fonte de potência de radiofrequência 1502 é 0 W. Na segunda etapa, a potência de radiofrequência da fonte de potência de radiofrequência 1501 é 5.000 W, e a potência de radiofrequência da fonte de potência de radiofrequência 1502 é 3.000 W. Na primeira etapa, o campo de radiofrequência é aplicado somente na pastilha semicondutora 1504, isto é,  
10      somente no eletrodo adjacente à face dianteira do substrato semicondutor. Ou seja, na primeira etapa, a razão da potência de radiofrequência aplicada no eletrodo adjacente à face dianteira do substrato semicondutor para a potência de radiofrequência aplicada no eletrodo adjacente à face traseira do substrato semicondutor é alta, comparada com a segunda etapa.

15              Ou seja, a segunda etapa é realizada em condições nas quais a razão do efeito de pulverização catódica para o efeito de deposição é alta, comparada com a primeira etapa. As condições são, por exemplo, aquelas em que, na segunda etapa, a razão de uma potência de radiofrequência aplicada no eletrodo adjacente à face traseira do substrato semicondutor para a  
20      potência de radiofrequência aplicada no eletrodo adjacente à face dianteira do substrato semicondutor é alta, comparada com a primeira etapa. Em outras palavras, a razão na segunda etapa é maior do que na primeira etapa. Além disso, uma alta proporção do gás inerte é adequada para as condições. Neste caso, uma proporção excessivamente alta do gás inerte leva a um efeito de  
25      pulverização catódica excessivamente alto. Assim, o filme isolante, isto é, o filme subjacente, nas paredes laterais das aberturas 323 ilustradas na figura 4A pode ser removido. Consequentemente, por exemplo, a razão de argônio para silano na segunda etapa pode ser na faixa de 1,0 a 6,0.

Nas condições supradescritas, depois da primeira etapa de

formação do primeiro elemento 601 nas aberturas 323 ilustradas na figura 4A, a segunda etapa de formação do segundo elemento 603 é realizada, formando assim os elementos de alto índice refrativo 324a. Preferivelmente, o primeiro elemento pode ter uma espessura de 10 nm a 50 nm. O motivo para isto é o seguinte: uma espessura do primeiro elemento maior que 10 nm resulta em adesão mais forte, e uma espessura menor que 50 nm não resulta na deformação da pastilha por causa da tensão no elemento.

Como anteriormente descrito, é possível formar os elementos de alto índice refrativo 324a que são menos prováveis de desanexar do filme subjacente pelo método de produção de acordo com esta modalidade. É também possível reduzir a tensão nos elementos de alto índice refrativo e assim reduzir a deformação da pastilha.

O método pode adicionalmente incluir uma terceira etapa de formar um terceiro elemento entre a primeira etapa e a segunda etapa. Na terceira etapa, a razão do efeito de pulverização catódica para o efeito de deposição, por exemplo, a razão da potência de radiofrequência aplicada no eletrodo adjacente à face traseira para a potência de radiofrequência aplicada no eletrodo adjacente à face dianteira do substrato semiconductor, é estabelecida em condições intermediárias às condições da primeira etapa e as condições na segunda etapa. Desta maneira, a etapa pode ser realizada nas condições intermediárias às condições na primeira etapa e às condições na segunda etapa, dessa maneira formando continuamente os elementos de alto índice refrativo. Nas descrições apresentadas, o primeiro elemento, o segundo elemento e assim por diante são usados por questão de simplificação. Alternativamente, um elemento integrado pode ser provido como uma estrutura final. O ângulo de conicidade de cada abertura 323 ilustrada na figura 4A não está limitado ao ângulo nesta modalidade.

#### Segunda Modalidade

Esta modalidade é diferente da primeira modalidade em que os

elementos de alto índice refrativo 324 são formados em uma etapa. As outras porções da estrutura e o método e produção são os mesmos da primeira modalidade. A figura 7A corresponde à figura 6B e é uma vista seccional transversal esquemática fragmentada ampliada de um dispositivo de captura de imagem de estado sólido correspondente ao ilustrado na figura 4B. Como  
5 ilustrado na figura 7A, um elemento de alto índice refrativo 324b é formado de um único elemento 701. Nesta modalidade, o elemento 701 é composto de um material com propriedades que apresentam um espectro 702 representado na figura 7B. O uso do material inibe a formação de vazios quando as  
10 aberturas 323 ilustradas na figura 4A são cheias com um material de alto índice refrativo. Um gráfico representado na figura 7B será descrito com detalhes a seguir.

A figura 7B é um gráfico ilustrando resultados analíticos por espectroscopia infravermelha por transformada de Fourier (doravante referida  
15 como "FT-IR"). O eixo horizontal representa o número de onda. O eixo vertical representa a absorbância. No gráfico, um pico 704 indica a presença de ligações N-H. Um pico 705 indica a presença de ligações Si-H. Um pico 706 indica a presença de ligações Si-N. O espectro 702 exibe o resultado analítico do elemento 701. O espectro 703 exibe o resultado analítico de um  
20 elemento comparável que causa a formação de um vazio no enchimento das aberturas 323 ilustradas na figura 4A. Nitreto de silício formado por CVD intensificada por plasma contém Si, H e N. O espectro 702 tem o pico 704 que indica ligações N-H e demonstra que muitas ligações N-H são contidas. O espectro 703 demonstra que a quantidade das ligações Si-H é maior que das  
25 ligações N-H. Para inibir a formação de vazios, o nitreto de silício pode ter uma razão das ligações N-H para as ligações Si-H, isto é, ligações N-H/ligações Si-H, de 1,0 a 10.

O elemento 701 é formado por CVD intensificada por plasma de alta densidade nas condições usadas na segunda etapa de acordo com a



primeira modalidade. Para aumentar o número de ligações N-H, condições conhecidas podem ser usadas, nas quais um filme contendo um grande número de ligações N-H é formado por CVD intensificada por plasma de alta densidade comum. Por exemplo, são usadas condições nas quais a razão do efeito de pulverização catódica para o efeito de deposição é alto na segunda etapa de acordo com a primeira modalidade. Além do mais, a proporção de nitrogênio no gás misto descrito na primeira modalidade pode ser aumentada. Por exemplo, a proporção de nitrogênio no gás misto descrito na primeira modalidade pode ser aumentada. Por exemplo, a proporção de nitrogênio é estabelecida em 1,2 a 2,0 vezes a do gás contendo silício, 2,0 a 4,0 vezes a do gás contendo nitrogênio e 2,0 a 4,0 vezes a do gás inerte. No caso onde as ligações N-H caem na faixa supradescrita, é possível encher as aberturas com o elemento de alto índice refrativo sem formar um vazio. É também possível controlar a tensão interna em uma faixa apropriada e assim inibir a deformação da pastilha. Consequentemente, esta modalidade pode ser adequada para a estrutura na qual o filme isolante 327 é arranjado nos elementos de alto índice refrativo 324, como ilustrado na figura 5B.

Para melhorar a adesão nos filmes isolantes a ser formados em revestimentos, os elementos de alto índice refrativo 324 podem ser formados pelas duas etapas, como na primeira modalidade.

### Terceira Modalidade

Esta modalidade é diferente da primeira modalidade em que os elementos de alto índice refrativo 324 são formados em uma etapa única. As outras porções da estrutura e o método de produção são os mesmos daqueles na primeira modalidade. A figura 8A corresponde à figura 6B e é uma vista seccional transversal esquemática fragmentada ampliada de um dispositivo de captura de imagem de estado sólido correspondente ao ilustrado na figura 4B. Como ilustrado na figura 8A, um elemento de alto índice refrativo 324c é formado de um único elemento 803. Na figura 8A, uma das aberturas 323,

que são ilustradas na figura 4A e são regiões onde os elementos de alto índice refrativo 324c são formados, tem uma face inferior 801, um plano superior 802 incluindo a face superior dos diversos filmes isolantes intercamadas 3191 em uma região envolvendo as aberturas 323 ilustradas na figura 4A, e uma face lateral 805. Aqui, a direção perpendicular à face inferior 801 é definida como a direção 804. A direção paralela à face 801 é definida como a direção 806. A face inferior 801 é paralela à face principal 302 do substrato.

Nesta modalidade, um filme a ser formado no elemento 803 é formado por CVD intensificada por plasma de alta densidade para encher a abertura correspondente 323 em condições tais que a taxa de deposição do filme a ser formado no elemento 803 satisfaça o relacionamento descrito a seguir. As condições são tais que a taxa de deposição da face inferior 801 na direção 804 é 1,5 a 10 vezes a taxa de deposição pela face lateral 805 na direção 806. Por exemplo, o filme é formado nas condições usadas na segunda etapa de acordo com a primeira modalidade. Diferente de um elemento 807 ilustrado na figura 8B, uma porção saliente 809 não é formada nas condições. A figura 8B ilustra um processo de enchimento em condições nas quais um vazio é formado. Neste caso, a porção superior da abertura ficará entupida com a porção saliente 809 para formar um vazio. No método de produção de acordo com esta modalidade, entretanto, é possível formar uma guia de onda enquanto a formação de um vazio é inibida.

#### Quarta Modalidade

Esta modalidade é diferente da primeira modalidade em que os elementos de alto índice refrativo 324 e o filme isolante 325 são formados em três etapas (com três elementos). As outras porções da estrutura e o método de produção são os mesmos daqueles da primeira modalidade. A figura 9A é uma vista seccional transversal esquemática de um dispositivo de captura de imagem de estado sólido correspondente ao ilustrado na figura 6A. A figura 9B é uma vista seccional transversal esquemática fragmentada ampliada de

um dispositivo de captura de imagem de estado sólido correspondente ao ilustrado na figura 6B. Como ilustrado na figura 9A, um elemento de alto índice refrativo 324d e um filme isolante 325d incluem cada qual três elementos. O elemento de alto índice refrativo 324d inclui o primeiro elemento 601', o segundo elemento 603 e um terceiro elemento 901. O filme isolante 325d inclui um filme isolante 602, um filme isolante 903 e um filme isolante 902. O filme isolante 903 é um elemento no qual o filme isolante 604 ilustrado na figura 6A é parcialmente removido.

Em um método de produção ilustrado na figura 9A, depois que a primeira etapa e a segunda etapa descritas na primeira modalidade são realizadas, uma etapa de ataque químico para remover parcialmente o filme isolante 604, ilustrada na figura 6A, formado na segunda etapa, é realizada pelo ataque químico. Aqui, o filme isolante 604 ilustrado na figura 6A é formado no filme isolante 903. Então, uma terceira etapa de formação do terceiro elemento 901 e do filme isolante 902 é realizada nas mesmas condições daquelas na segunda etapa. Desta maneira, a etapa de ataque químico é realizada no meio do processo. Isto facilita o nivelamento depois da formação do elemento de alto índice refrativo 324d e do filme isolante 325d. A remoção parcial do filme isolante 604 ilustrado na figura 6A resulta em uma redução na tensão, reduzindo assim a ocorrência de trincamento e desanexação do elemento de alto índice refrativo. Os três elementos podem ser integrados.

#### Quinta Modalidade

De acordo com esta modalidade, a forma de cada uma das aberturas 323 ilustradas na figura 4A será descrita a seguir com referência à figura 10. A figura 10 é uma vista ampliada de uma estrutura correspondente à da figura 5B. Elementos comuns são designados usando os mesmos números de referência, e descrições não são repetidas de forma redundante. As outras porções da estrutura e o método de produção são os mesmos

daqueles da primeira modalidade.

A forma de cada abertura 323 ilustrada na figura 4A, isto é, a forma de um elemento de alto índice refrativo 324e, é definida por uma face inferior 1001, uma face superior 1003 e uma face lateral 1002 que conectada a face inferior 1001 e a face superior 1003. A face inferior 1001 e a face superior 1003 são paralelas à face principal 302 incluindo uma face de recepção de luz. A maior dimensão da face inferior 1001 é representada por L1. A maior dimensão da face superior 1003 é representada por L2. O comprimento do segmento de linha que conecta a face superior 1003 e a face inferior 1001 está representado pela altura H. O ângulo de inclinação da face lateral 1002 com um plano incluindo a face inferior 1001 está representado por  $\alpha$ . A altura H é perpendicular à face principal 302. A forma do elemento de alto índice refrativo 324e satisfaz os seguintes relacionamentos:  $L1 < L2$ ,  $H < L2 \leq 2$ , e  $72,8^\circ < \alpha < 90^\circ$ . Os relacionamentos levam à formação do elemento de alto índice refrativo 324e sem formar um vazio. Os relacionamentos serão descritos a seguir com referência às figuras 11A e 11B.

A figura 11A é um gráfico ilustrando a presença ou ausência da formação de um vazio, o eixo vertical representando L1, e o eixo horizontal representando L2. A figura 11B é um gráfico ilustrando a presença ou ausência da formação de um vazio, o eixo vertical representando H, e o eixo horizontal representando L2. Cada valor é uma razão com relação a um dado valor. A medição é feita em uma estrutura na qual os elementos de alto índice refrativo de acordo com a primeira modalidade são arranjados. Os limites são encontrados pelas figuras 11A e 11B. Uma linha limite 1101 representada na figura 11A indica que  $L1 = L2$ . Uma linha limite 1102 representada na figura 11B indica que  $H/L2 = 2$ . Em regiões onde  $L1 < L2$  e  $H/L2 \leq 2$  nos gráficos, é possível formar o elemento de alto índice refrativo 324e sem formar um vazio.

É possível combinar adequadamente esta modalidade com a

primeira até quarta modalidades. Por exemplo, a figura 12 ilustra uma estrutura na qual a estrutura de acordo com esta modalidade é combinada com a estrutura de acordo com a quarta modalidade. Na figura 12, a estrutura tem um ângulo de conicidade  $\alpha$  ilustrado na figura 10 e o primeiro ao terceiro elementos e o filme isolante ilustrados nas figuras 9A e 9B. Esta estrutura possibilita reduzir ainda mais a formação de vazios.

#### Sexta Modalidade

A diferença entre esta modalidade e a primeira modalidade é o método para formar o segundo elemento 603 dos elementos de alto índice refrativo 324a (vide figura 6B) (segunda etapa). As outras porções da estrutura e o método de produção são os mesmos da primeira modalidade.

Aqui, o relacionamento entre a vazão de nitrogênio e a tensão no elemento de alto índice refrativo será descrita com referência à figura 15. Na figura 15, o eixo horizontal representa a vazão (sccm) de nitrogênio na câmara do aparelho CVD, quando o elemento de alto índice refrativo é formado. Neste caso, a vazão é normalizada de uma maneira tal que uma vazão de referência seja definida em 100 % quando a abertura puder se cheia com o elemento de alto índice refrativo. O eixo vertical representa a tensão no elemento de alto índice refrativo. A tensão no elemento de alto índice refrativo é medida formando-se uniformemente o elemento de alto índice refrativo em um substrato plano e medindo a tensão com um dispositivo de medição de tensão. Neste caso, a tensão é normalizada de uma maneira tal que uma tensão de referência no elemento de alto índice refrativo seja definida como 1 quando uma vazão de nitrogênio na qual a abertura pode ser cheia com o elemento de alto índice refrativo for estabelecida. A figura 15 demonstra que uma menor vazão de nitrogênio resulta em uma menor tensão no elemento de alto índice refrativo na segunda etapa de acordo com a primeira modalidade. Note que uma redução na vazão de nitrogênio é compensada por um aumento na vazão de hélio.

A tabela 1 ilustra o sucesso ou falha no enchimento em várias pressões (mTorr) na câmara. Os critérios de avaliação são descritos a seguir.

Bom: as aberturas foram cheias com o elemento de alto índice refrativo.

5 Ruim: as aberturas não foram cheias com o elemento de alto índice refrativo.

Tabela 1

Pressão (mTorr)	2,8	3,0	6,0	9,0	10,0	12,0	13,0
Sucesso ou falha no enchimento	ruim	bom	bom	bom	bom	ruim	ruim

A tabela 1 demonstra que a pressão na câmara é preferivelmente na faixa de 3 mTorr a 10 mTorr e mais preferivelmente 6 mTorr a 9 mTorr.

A figura 15 e a tabela 1 demonstram o seguinte: o uso de hélio além de nitrogênio possibilita encher as aberturas com um filme de baixa tensão. Uma pressão na câmara de 3 mTorr a 10 mTorr facilita o enchimento. No caso onde a vazão de nitrogênio é reduzida, a vazão de hélio é aumentada, e a pressão na câmara é na faixa de 3 mTorr a 10- mTorr, é possível encher as aberturas com um filme de nitreto de silício com uma menor tensão.

#### Sétima Modalidade

A diferença entre esta modalidade e a primeira modalidade é o método para formar o primeiro elemento 601 dos elementos de alto índice refrativo 324a (vide figura 6B) (primeira etapa). As outras porções da estrutura e o método de produção são os mesmos daqueles da primeira modalidade. Nesta modalidade, na primeira etapa de formação dos elementos de alto índice refrativo 324a, um filme de nitreto de silício é formado por CVD intensificada por plasma de placas paralelas, provendo assim o primeiro elemento. Na primeira etapa de acordo com esta modalidade, um gás contendo silício, nitrogênio e um gás contendo nitrogênio são alimentados, e

o filme de nitreto de silício é formado. O filme de nitreto de silício pode ter uma espessura de 10 nm ou mais da mesma maneira que na primeira modalidade. Uma espessura maior que 10 nm resulta em adesão mais forte. Assim, os elementos de alto índice refrativo resultantes não devem ser desanexados na etapa subsequente. A segunda etapa é realizada por CVD intensificada por plasma de alta densidade da mesma maneira que na primeira modalidade, enchendo assim as aberturas. Nesta modalidade, o filme de nitreto de silício formado pelo CVD intensificada por plasma de chapas paralelas na primeira etapa tem uma baixa tensão, comparada com o filme de nitreto de silício formado por CVD intensificada por plasma de alta densidade na primeira etapa de acordo com a primeira modalidade. Isto permite que os elementos de alto índice refrativo 324a tenham uma baixa tensão, inibindo assim a desanexação dos elementos de alto índice refrativo.

#### Sistema de Captura de imagem

A configuração de um sistema de captura de imagem será descrita com referência à figura 14. A figura 14 é um diagrama de blocos de um dispositivo de captura de imagem de estado sólido e de um sistema de captura de imagem. Um sistema de captura de imagem 1600 inclui o dispositivo de captura de imagem de estado sólido 1601 e uma unidade de processamento de sinal 1602 na qual um sinal elétrico é alimentado pelo dispositivo de captura de imagem de estado sólido 1601 e que processa o sinal elétrico. Especificamente, sinais elétricos são alimentados por OUT1 e OUT2 do dispositivo de captura de imagem de estado sólido 1601 em IN (entrada) da unidade de processamento de sinal 1602. Sinais de imagem, sinais de acionamento e sinais de controle são alimentados por OUT3 da unidade de processamento de sinal 1602 em resposta aos resultados do processamento dos sinais elétricos. Como os sinais elétricos, sinais de corrente, sinais de tensão, sinais analógicos ou sinais digitais podem ser usados. O dispositivo de captura de imagem de estado sólido 1601 pode ser usado para sensores de

imagem, sensores de detecção de foco, sensores de detecção de quantidade de luz e assim por diante. A unidade de processamento de sinal 1062 processa sinais elétricos de entrada e alimenta sinais de imagem, sinais de acionamento para acionar uma lente, e sinais de controle para controlar o tempo de exposição. O sistema de captura de imagem provê sinais de imagem ou sinais de controle adequados que podem ser usados para controle.

Como foi descrito anteriormente, de acordo com essas modalidades, é possível conseguir pelo menos uma de melhoria na adesão, inibição da deformação da pastilha e redução da formação de vazios. Essas modalidades podem ser devidamente modificadas e combinadas entre si.

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



## REIVINDICAÇÕES

1. Método para fabricar um dispositivo de captura de imagem de estado sólido que inclui:

um substrato incluindo uma unidade de conversão fotoelétrica;

5 e

uma guia de onda arranjada no substrato, a guia de onda correspondendo à unidade de conversão fotoelétrica e incluindo um núcleo e um revestimento,

caracterizado pelo fato de que o método compreende:

10

uma primeira etapa e uma segunda etapa;

em que, na primeira etapa e na segunda etapa, um elemento a ser formado no núcleo é formado em uma abertura no revestimento por deposição química de vapor intensificada por plasma de alta densidade; e

15

em que, depois da primeira etapa, na segunda etapa, o elemento a ser formado no núcleo é formado por deposição química de vapor intensificada por plasma de alta densidade em condições nas quais a razão de uma potência de radiofrequência no lado da face traseira do substrato para a potência de radiofrequência no lado da face dianteira do substrato é maior que na primeira etapa.

20

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o elemento a ser formado no núcleo compreende nitreto de silício; e,

25

na primeira etapa e na segunda etapa, um gás misto que contém um gás contendo silício, nitrogênio, um gás contendo nitrogênio e um gás inerte é alimentado.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o elemento formado na primeira etapa tem uma espessura de 10 nm a 50 nm.

4. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado

pelo fato de que compreende adicionalmente:

uma terceira etapa de formar o elemento a ser formado no núcleo na abertura;

em que a terceira etapa é realizada entre a primeira etapa e a segunda etapa em uma condição na qual a razão da potência de radiofrequência no lado da face traseira do substrato para a potência de radiofrequência no lado da face dianteira do substrato na deposição química de vapor intensificada por plasma de alta densidade é estabelecida em um valor que é intermediário ao valor da razão na primeira etapa e o valor da razão na segunda etapa.

5. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende adicionalmente,

depois da segunda etapa, é realizada uma etapa de ataque químico para remover parcialmente o elemento a ser formado no núcleo.

6. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o elemento formado na segunda etapa compreende nitreto de silício contendo ligações Si-N e ligações N-H; e

em que o nitreto de silício tem uma razão de ligações N-H para ligações Si-H, isto é, ligações N-H/ligações Si-H, de 1,0 a 10.

7. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que, na segunda etapa, a taxa de deposição de uma face inferior da abertura em uma direção perpendicular à face principal do substrato é 1,5 a 10 vezes a taxa de deposição de uma face lateral da abertura em uma direção paralela à face principal do substrato.

8. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a abertura tem uma face inferior com uma largura L1, uma face superior com uma largura L2, e uma face lateral com um ângulo de inclinação  $\alpha$  com a face principal do substrato, a face superior tendo uma altura acima da face inferior H, e

em que a abertura satisfaz  $L1 < L2$ ,  $H/L2 \leq 2$ , e  $72,8^\circ < \alpha < 90^\circ$ .

9. Método, de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que, na segunda etapa, o gás inerte contém pelo menos hélio, e  
5 em que uma pressão na câmara de um aparelho para formar o elemento a ser formado no núcleo é na faixa de 3 mTorr a 10 mTorr.

10. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a primeira etapa é realizada por deposição química de vapor intensificada por plasma de placas paralelas; e

10 em que a segunda etapa é realizada por deposição química de vapor intensificada por plasma de alta densidade.

11. Dispositivo de captura de imagem de estado sólido, caracterizado pelo fato de que compreende:

um substrato incluindo uma unidade de conversão fotoelétrica;

15 e

uma guia de onda arranjada no substrato, a guia de onda correspondendo à unidade de conversão fotoelétrica e incluindo um núcleo e um revestimento;

20 em que o núcleo compreende nitreto de silício contendo ligações Si-H e ligações N-H; e

em que o nitreto de silício tem uma razão de ligações N-H para ligações Si-H, isto é, ligações N-H/ligações Si-H, de 1,0 a 10.

12. Dispositivo de captura de imagem de estado sólido, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que o nitreto de  
25 silício do núcleo estende-se até uma porção superior do revestimento.

13. Método para fabricar um dispositivo de captura de imagem de estado sólido que inclui:

um substrato incluindo uma unidade de conversão fotoelétrica;

e

uma guia de onda arranjada no substrato, a guia de onda correspondendo à unidade de conversão fotoelétrica e incluindo um núcleo e um revestimento,

caracterizado pelo fato de que o método compreende:

5                   uma etapa de encher uma abertura no revestimento com o núcleo por deposição química de vapor intensificada por plasma de alta densidade;

em que, na deposição química de vapor intensificada por plasma de alta densidade, a taxa de deposição de uma face inferior da abertura em uma direção perpendicular à face principal do substrato é 1,5 a 10 vezes a taxa de deposição por uma face lateral da abertura na direção paralela à face principal do substrato.

14. Dispositivo de captura de imagem de estado sólido, caracterizado pelo fato de que compreende:

15                   um substrato incluindo uma unidade de conversão fotoelétrica;  
e

uma guia de onda arranjada no substrato, a guia de onda correspondendo à unidade de conversão fotoelétrica e incluindo um núcleo e um revestimento;

20                   em que o núcleo tem uma face inferior com uma largura  $L1$ , uma face superior com uma largura  $L2$  e uma face lateral com um ângulo de inclinação  $\alpha$  com a face principal do substrato, a face superior tendo uma altura acima da face inferior  $H$ , e

em que o núcleo satisfaz  $L1 < L2$ ,  $H/L2 \leq 2$  e  $72,8^\circ < \alpha < 90^\circ$ .

25                   15. Método para fabricar um dispositivo de captura de imagem de estado sólido que inclui:

um substrato incluindo uma unidade de conversão fotoelétrica;

e

uma guia de onda arranjada no substrato, a guia de onda

correspondendo à unidade de conversão fotoelétrica e incluindo um núcleo e um revestimento, caracterizado pelo fato de que o método compreende:

uma primeira etapa e uma segunda etapa;

5 em que, na primeira etapa e na segunda etapa, um elemento a ser formado no núcleo é formado em uma abertura no revestimento por deposição química de vapor intensificada por plasma de alta densidade; e

em que, na segunda etapa, o elemento a ser formado no núcleo é formado em condições nas quais a razão do efeito de pulverização catódica para o efeito de deposição é alta, comparada com a primeira etapa.

FIG. 1

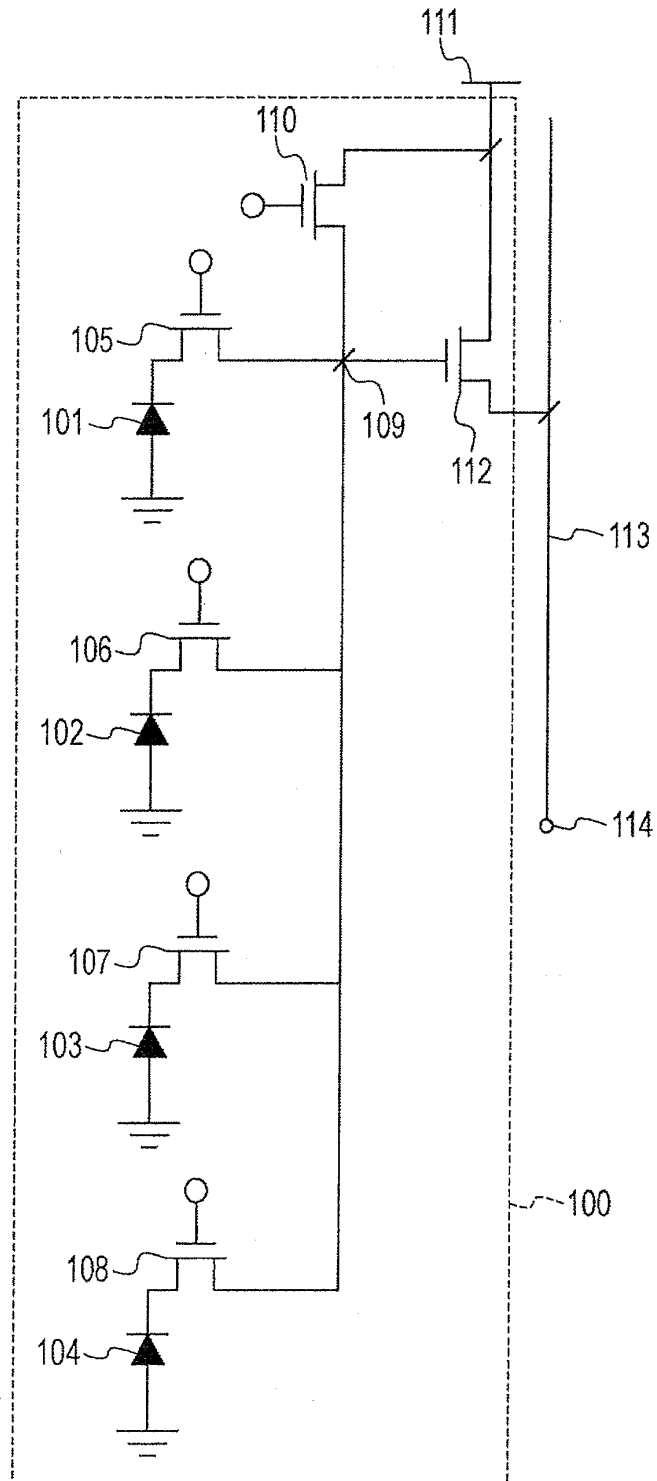


FIG. 2

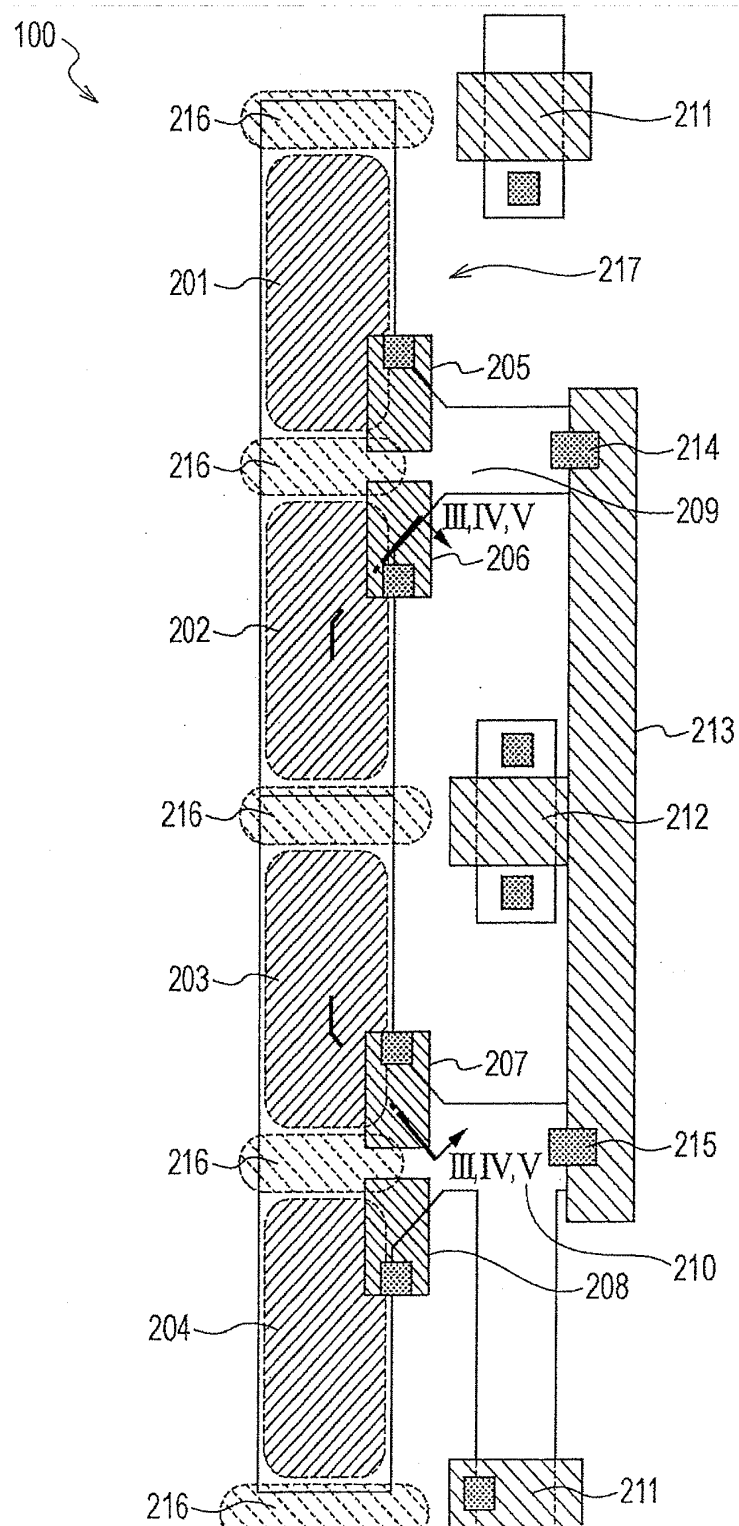


FIG. 3A

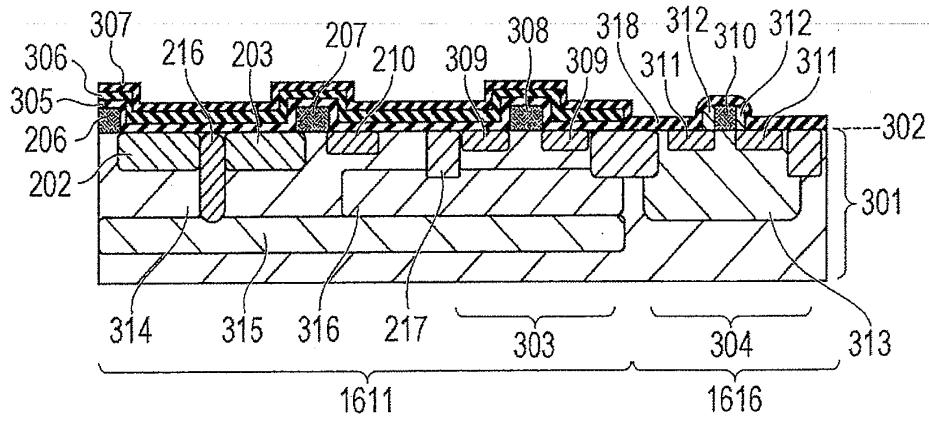


FIG. 3B

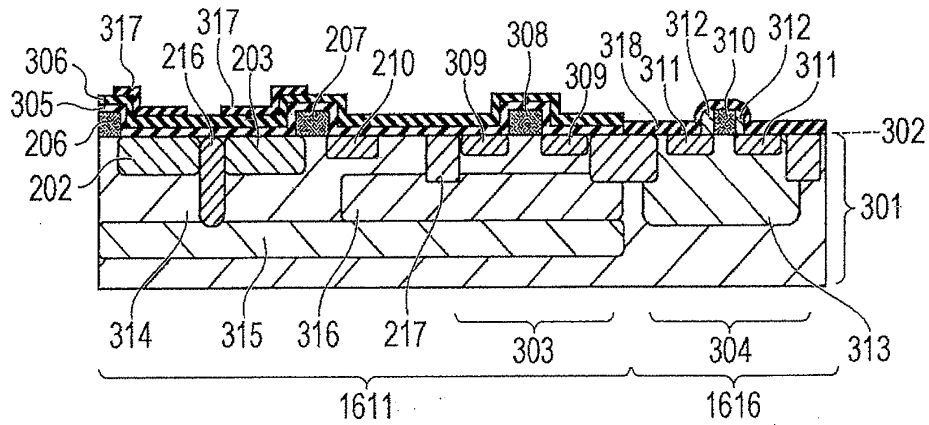


FIG. 3C

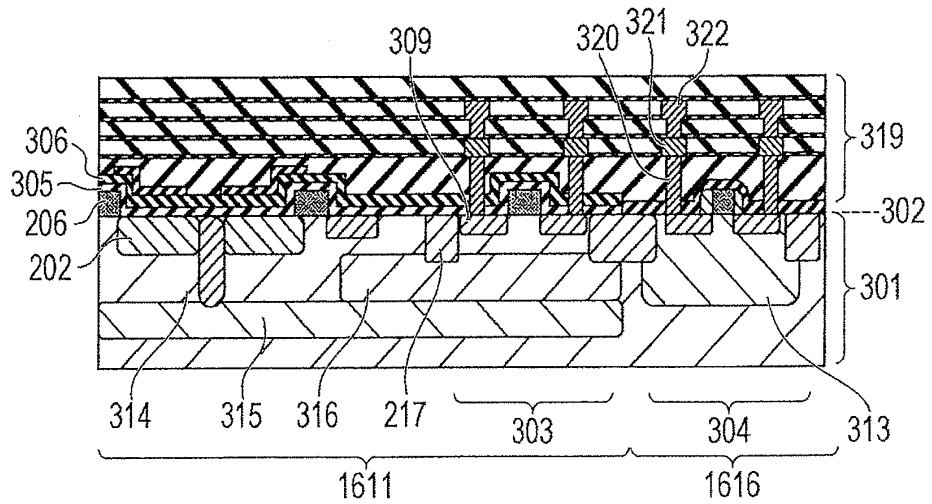




FIG. 4A

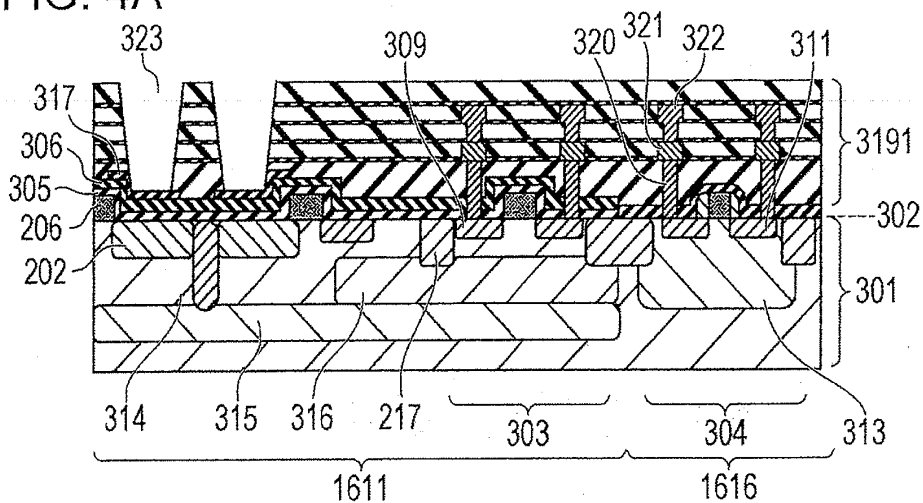


FIG. 4B

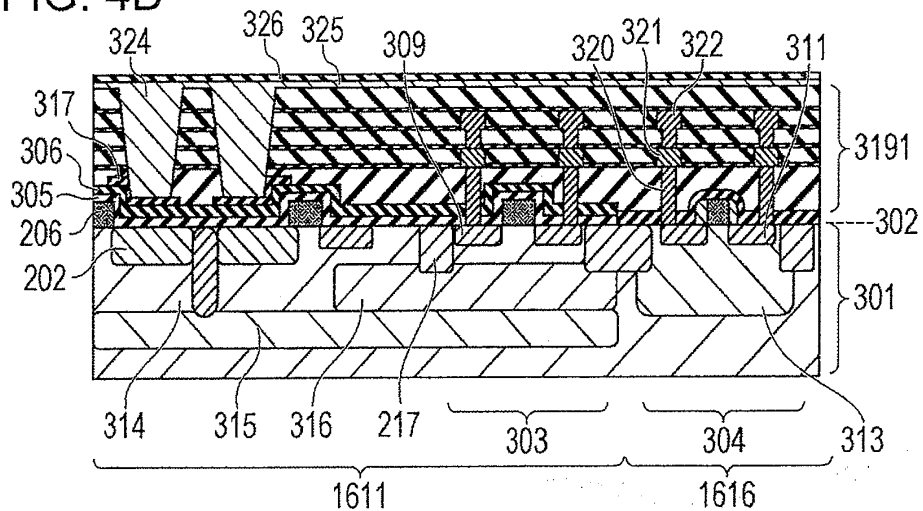


FIG. 4C

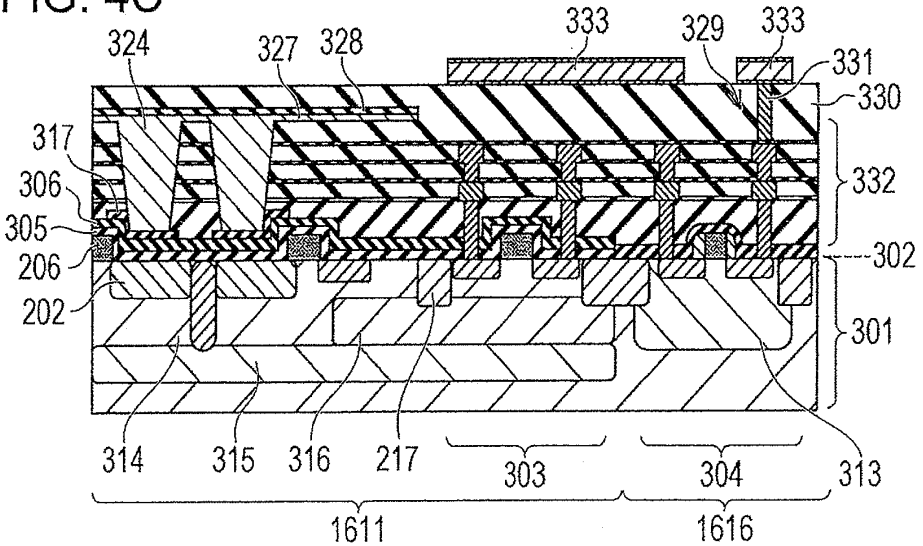


FIG. 5A

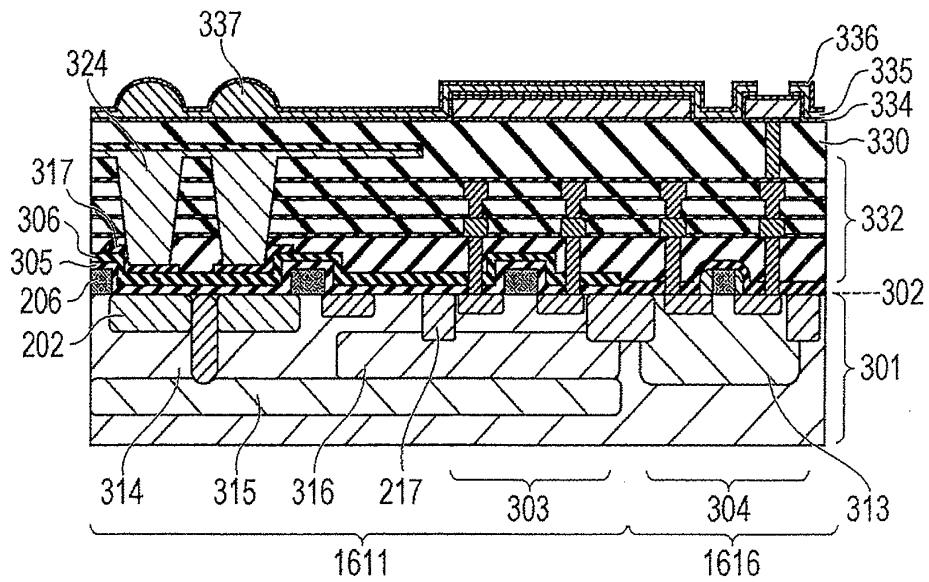


FIG. 5B

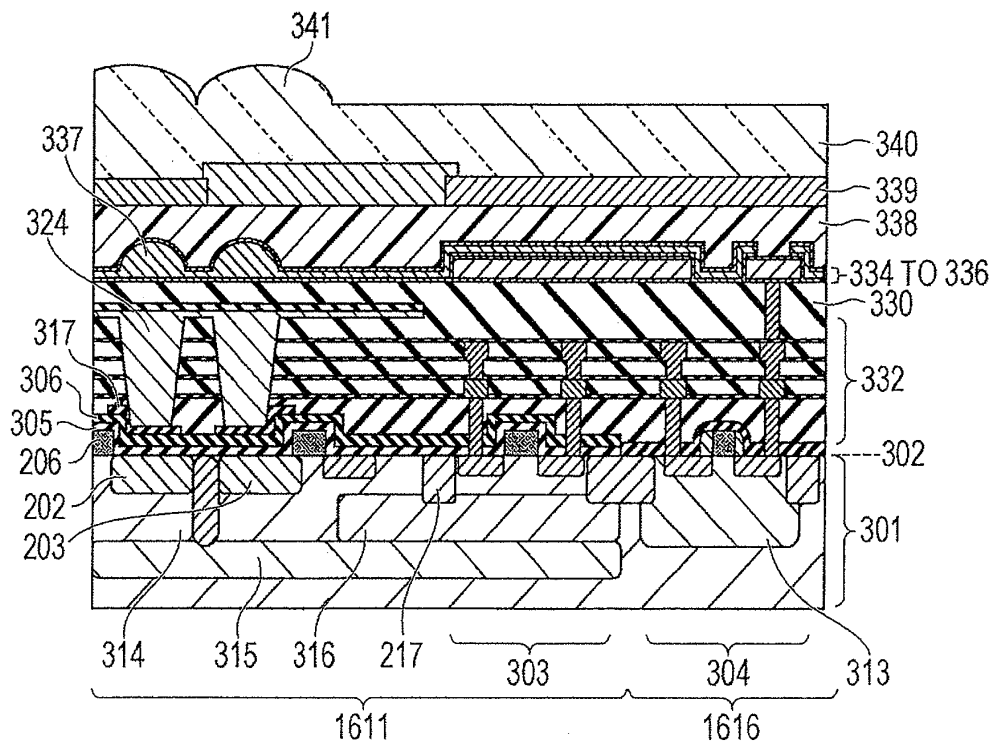


FIG. 6A

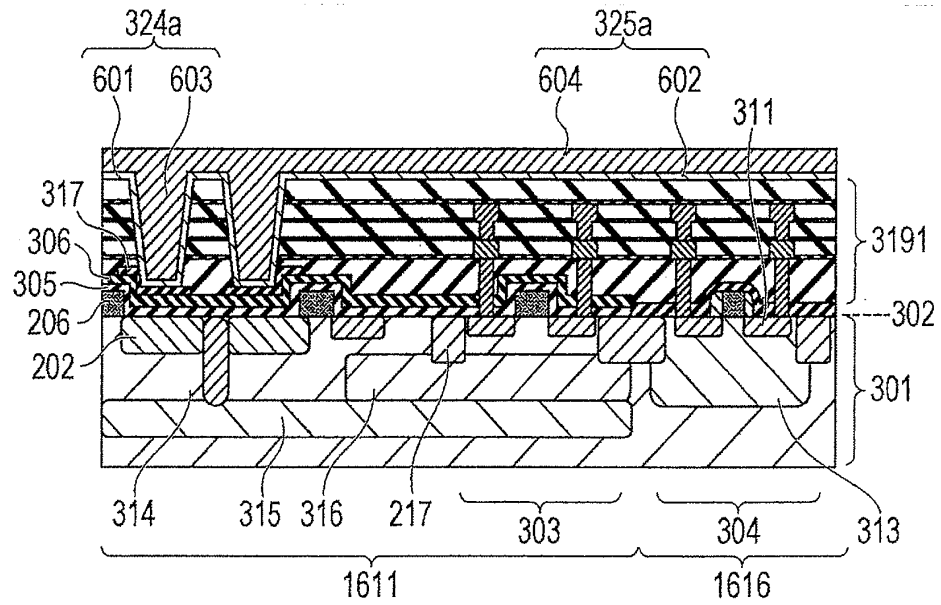


FIG. 6B

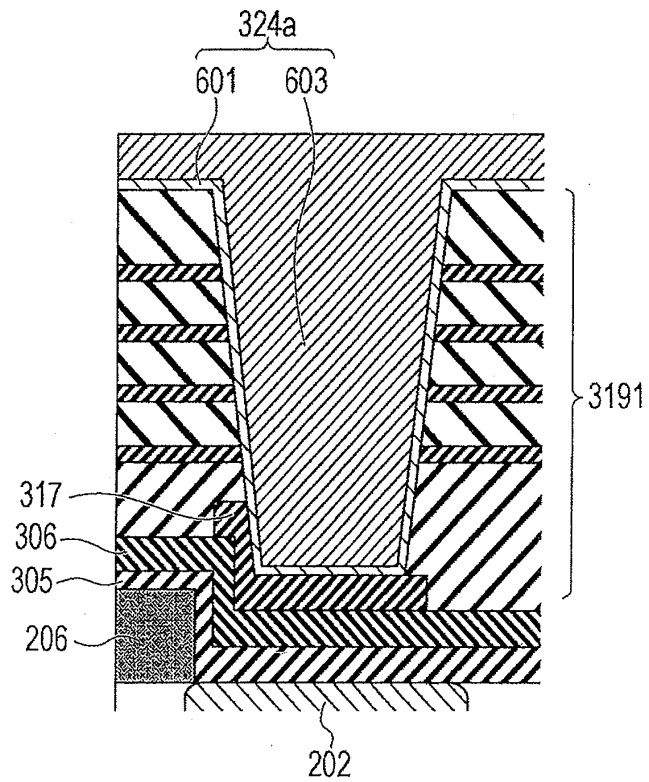


FIG. 7A

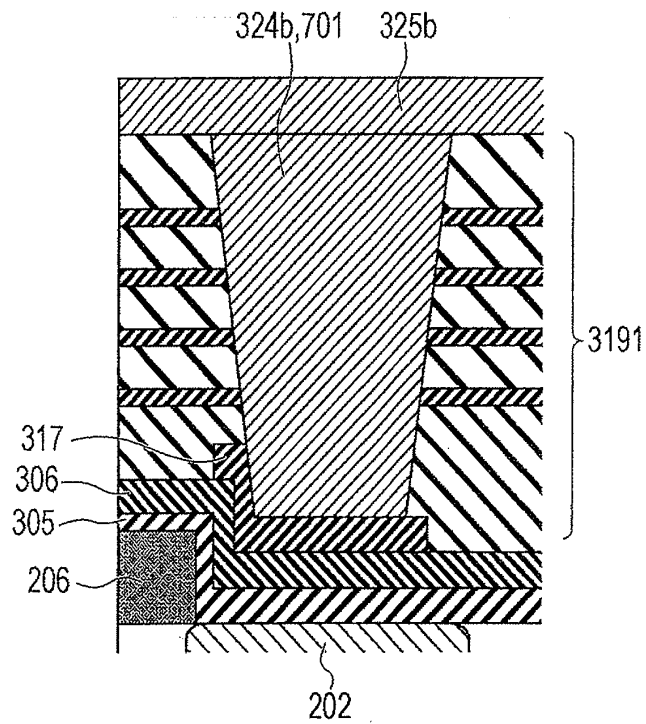


FIG. 7B

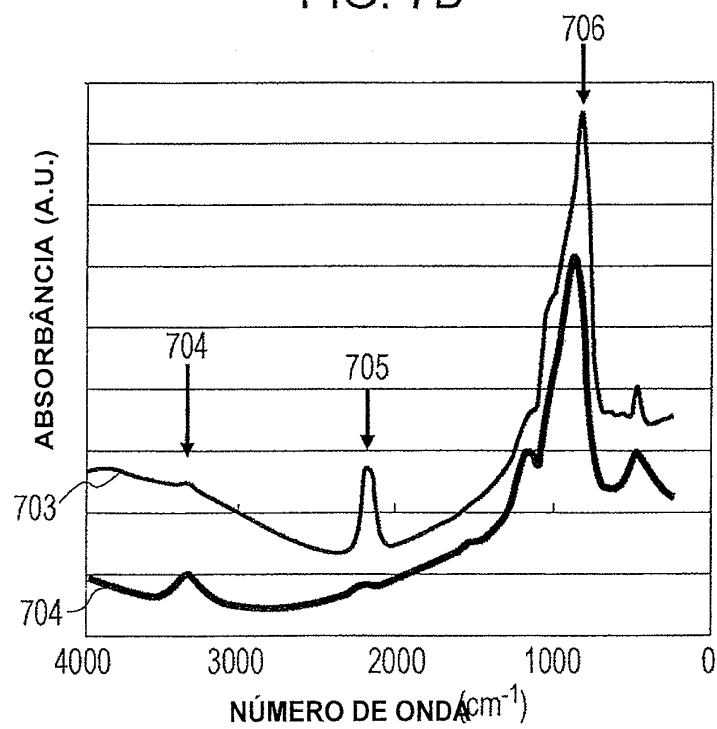


FIG. 8A

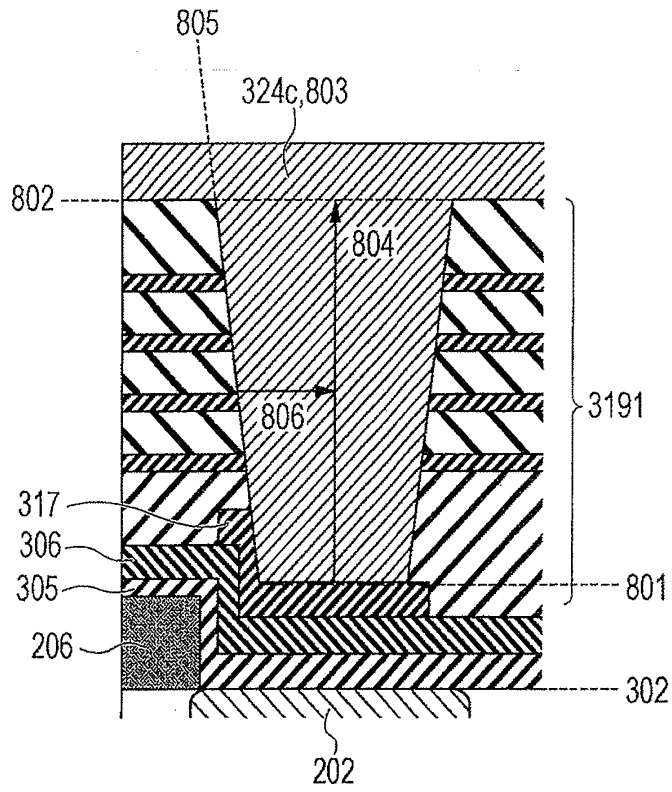


FIG. 8B

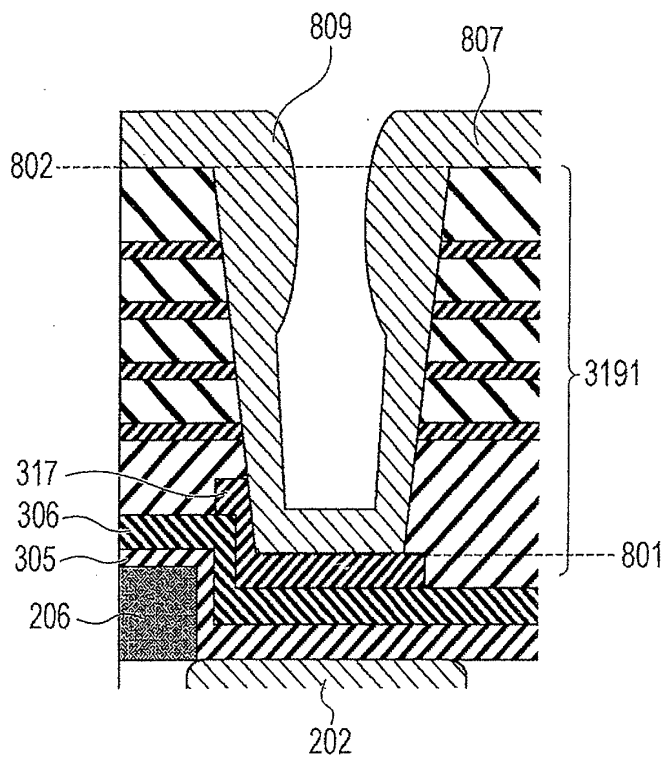


FIG. 9A

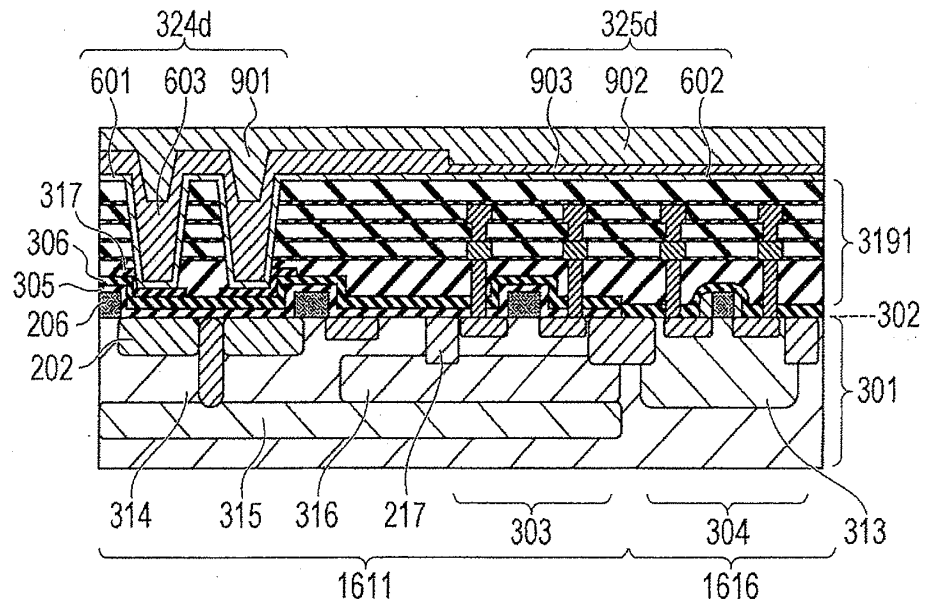


FIG. 9B

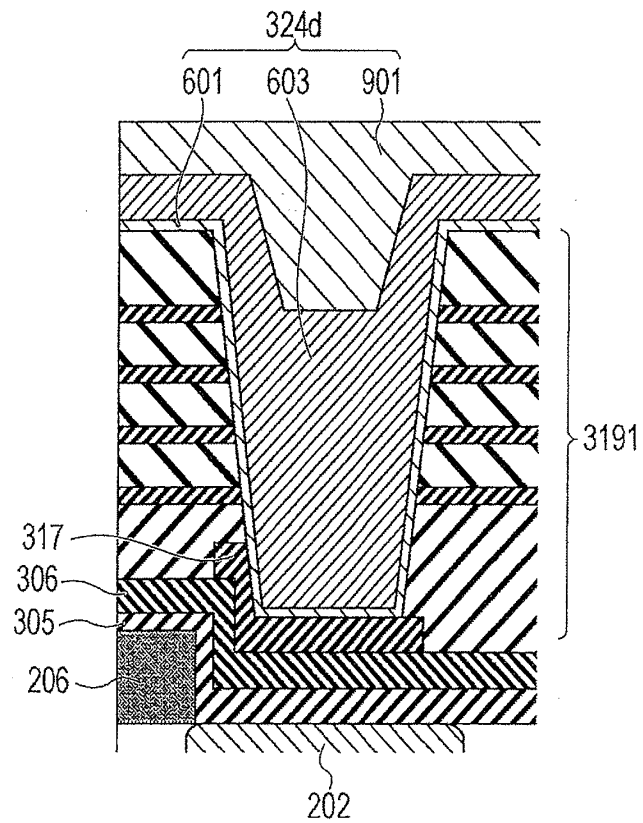


FIG. 10

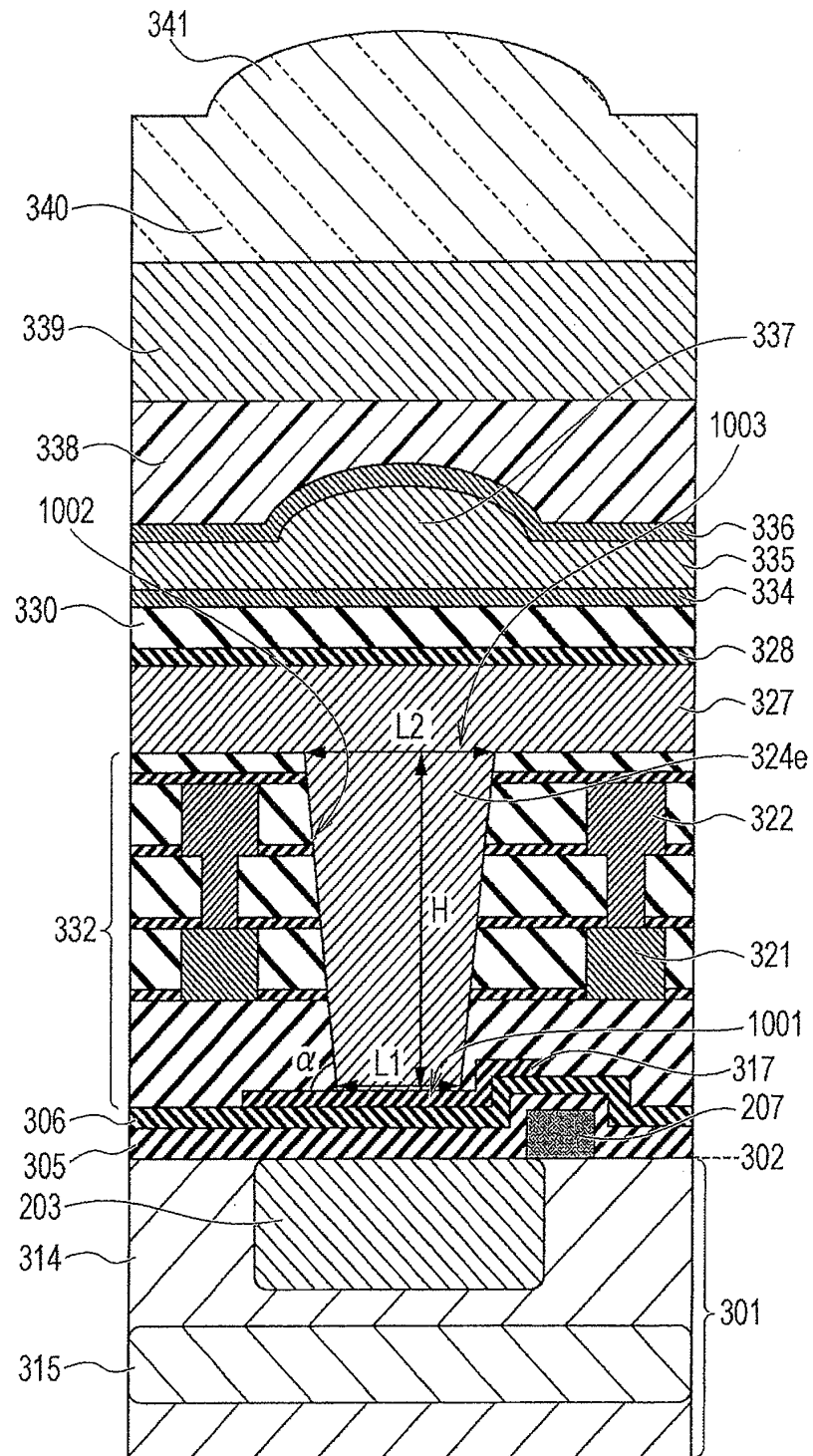


FIG. 11A

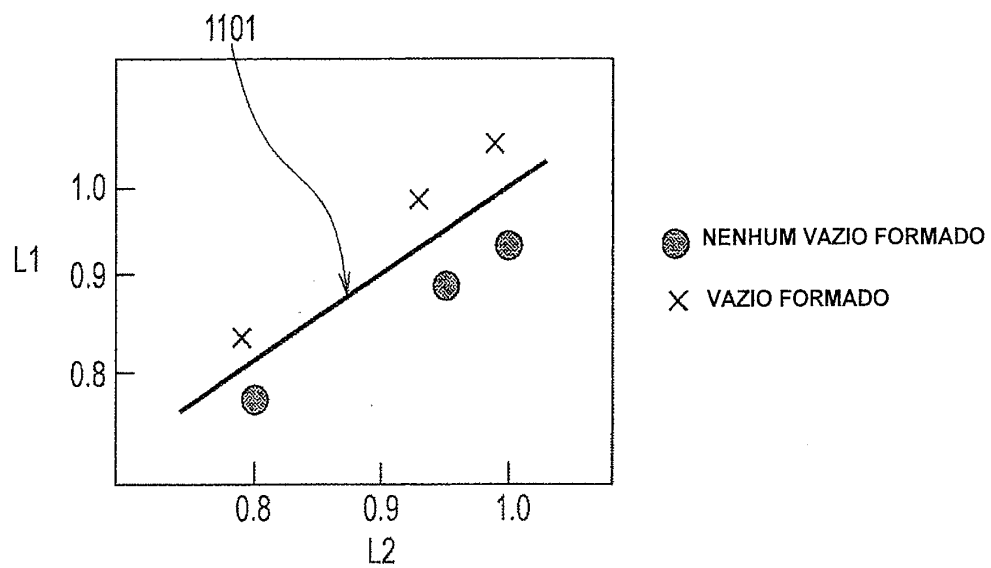


FIG. 11B

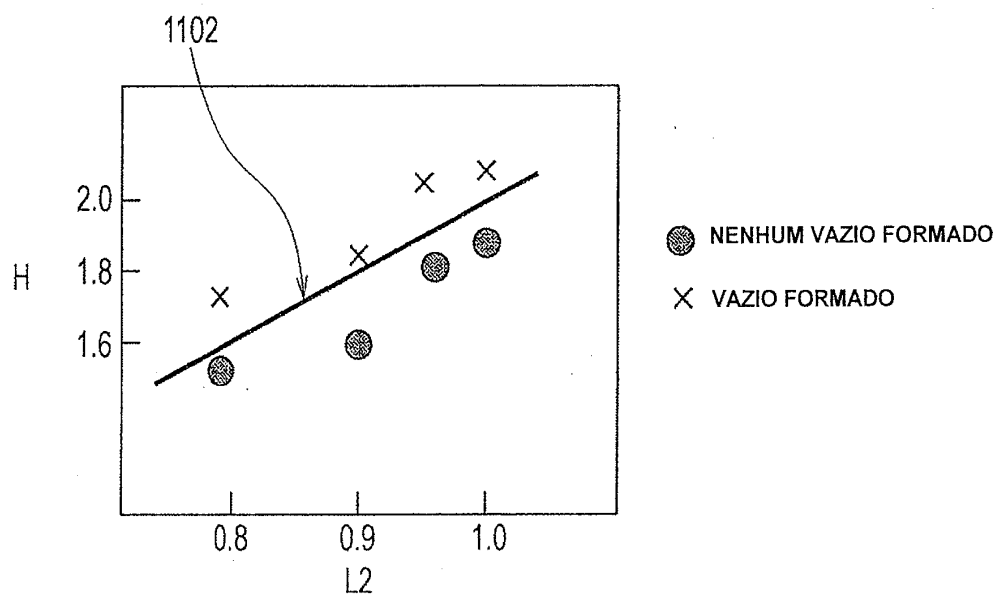




FIG. 12

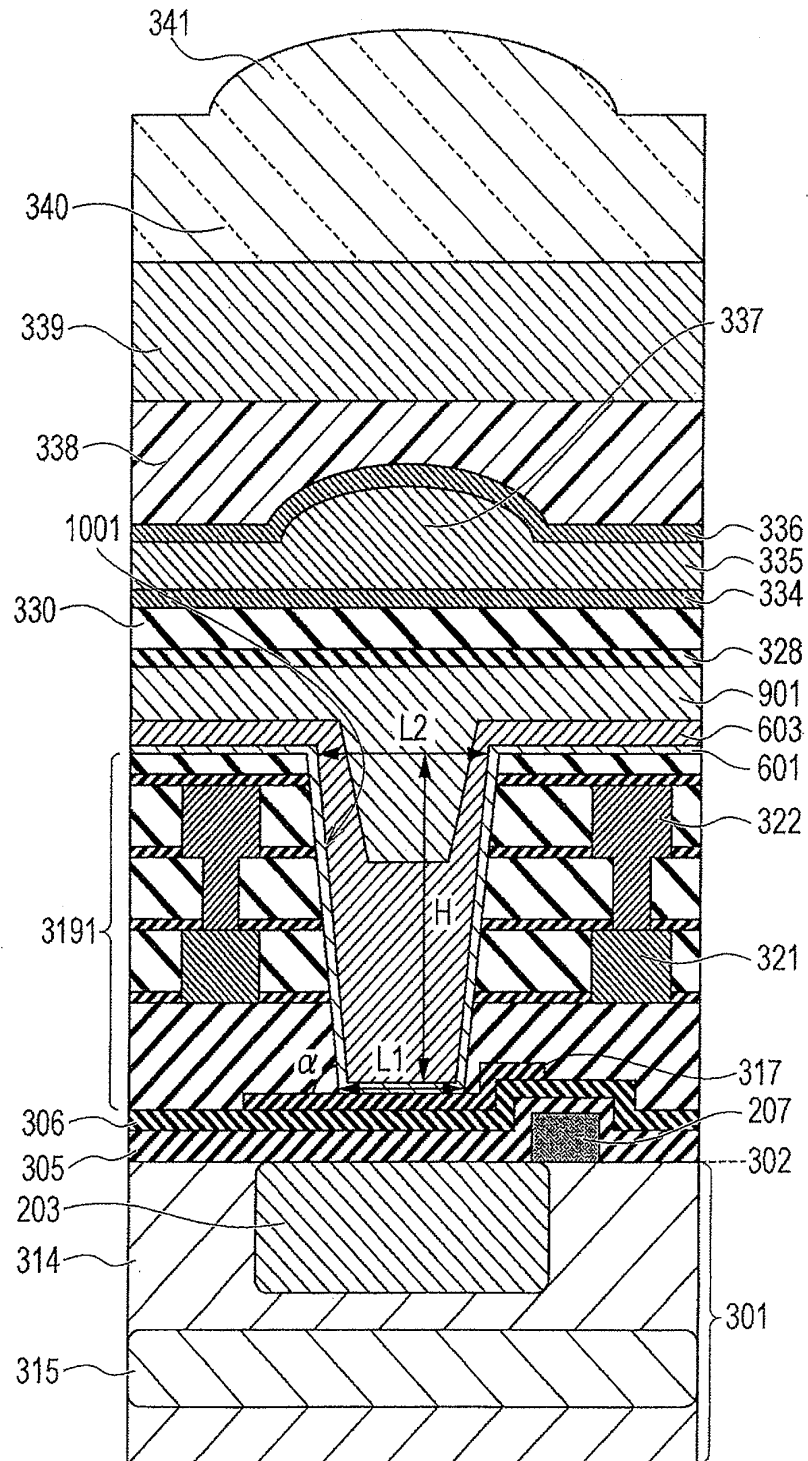


FIG. 13

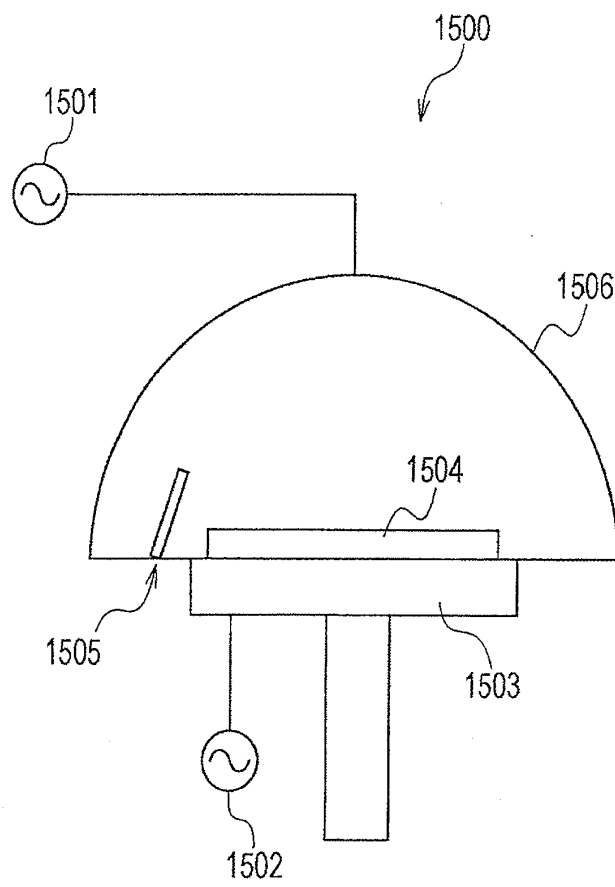


FIG. 14

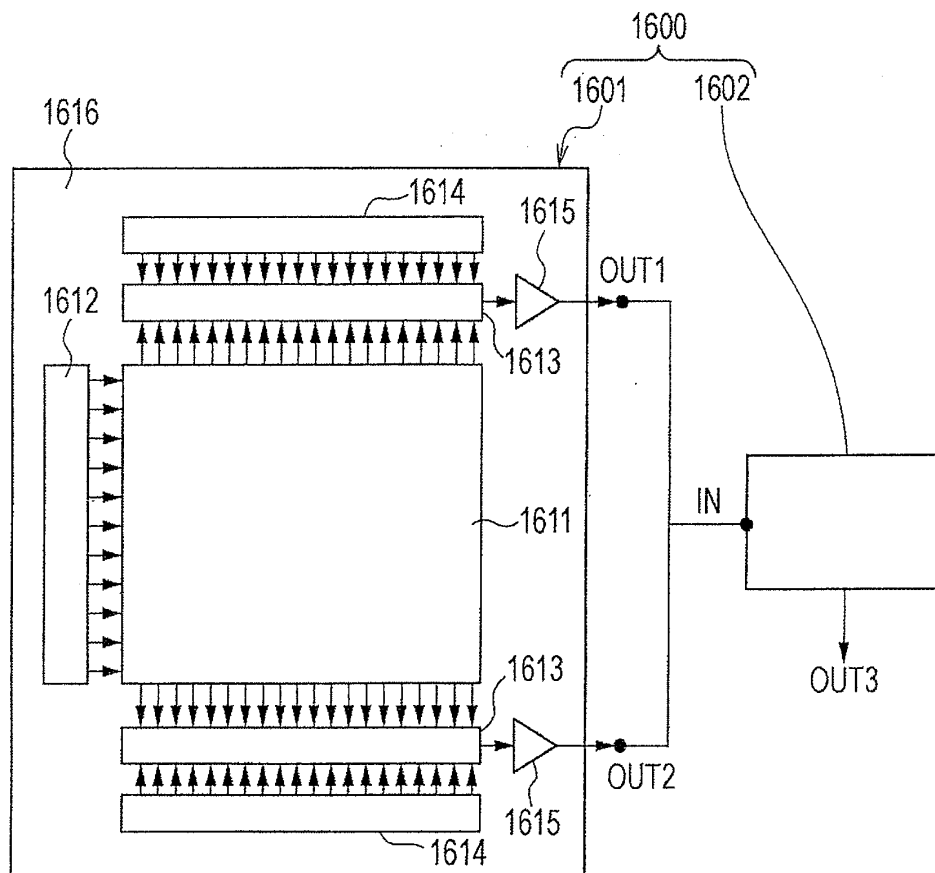
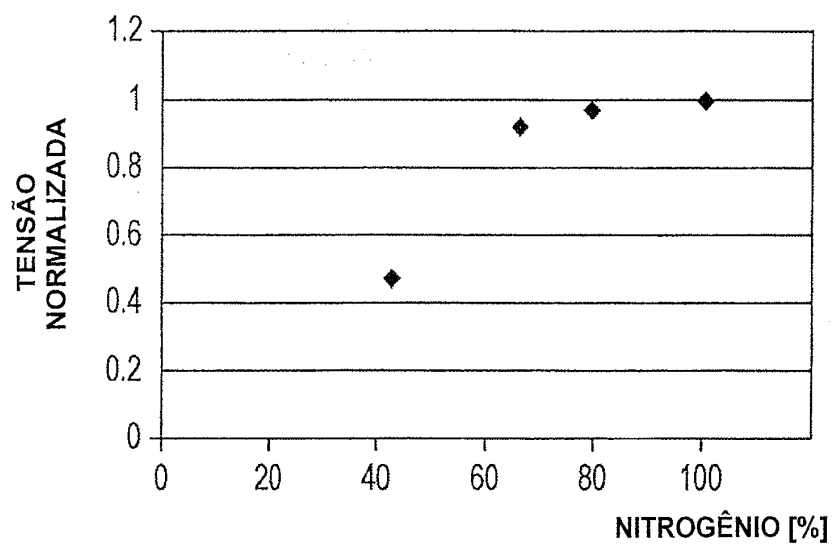


FIG. 15



RESUMO

“MÉTODO PARA FABRICAR UM DISPOSITIVO DE CAPTURA DE IMAGEM DE ESTADO SÓLIDO, E, DISPOSITIVO DE CAPTURA DE IMAGEM DE ESTADO SÓLIDO”

5                   É descrito um método para fabricar um dispositivo de captura de imagem de estado sólido que inclui um substrato incluindo uma unidade de conversão fotoelétrica e uma guia de onda arranjada no substrato, a guia de onda correspondendo à unidade de conversão fotoelétrica e incluindo um núcleo e um revestimento, que inclui uma primeira etapa e uma segunda  
10 etapa, nas quais, na primeira etapa e na segunda etapa, um elemento a ser formado no núcleo é formado em uma abertura no revestimento por deposição química de vapor intensificada por plasma de alta densidade, na qual, depois da primeira etapa, na segunda etapa, o elemento a ser formado no núcleo é formado pela deposição química de vapor intensificada por plasma de alta  
15 densidade em condições nas quais a razão da potência de radiofrequência no lado da face traseira do substrato para a potência de radiofrequência no lado da face dianteira do substrato é maior que na primeira etapa.