



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

(21) **PI 0618329-8 A2**

(22) Data de Depósito: 01/11/2006  
(43) Data da Publicação: 08/05/2012  
(RPI 2157)



(51) *Int.Cl.:*  
H01L 29/786

(54) **Título:** TRANSISTOR DE EFEITO DE CAMPO

(30) **Prioridade Unionista:** 08/11/2005 JP 2005-323689,  
18/10/2006 JP 2006-283893

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

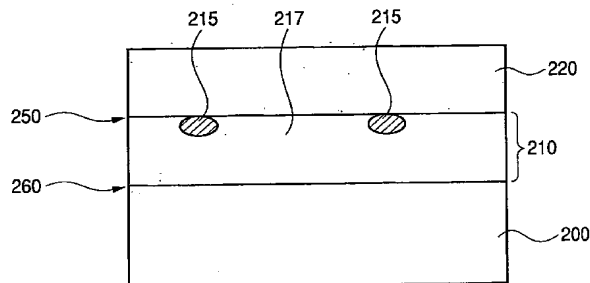
(72) **Inventor(es):** Masafumi Sano , Nobuyuki Kaji, Toshiaki Aiba

(74) **Procurador(es):** Momsen, Leonardos & CIA.

(86) **Pedido Internacional:** PCT JP2006322327 de 01/11/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/055256de  
18/05/2007

(57) **Resumo:** TRANSISTOR DE EFEITO DE CAMPO. É fornecido um transistor de efeito de campo que inclui uma camada ativa e uma película isolante de porta, em que a camada ativa inclui uma camada de óxido amorfo contendo uma região amorfa e uma região cristalina, e a região cristalina situa-se na vizinhança da, ou em contato com, uma interface entre a camada de óxido amorfo e a película isolante de porta.





## “TRANSISTOR DE EFEITO DE CAMPO”

### CAMPO TÉCNICO

A presente invenção diz respeito a um transistor de efeito de campo. Em particular, a presente invenção diz respeito a um transistor de efeito de campo com o uso de um óxido amorfo para uma camada ativa.

### FUNDAMENTOS DA TÉCNICA

Nos anos recentes, têm sido feitos estudos sobre uma técnica em que um semiconductor de óxido é usado para uma camada ativa de um transistor de película fina (TFT). Em particular, um óxido amorfo feito de InGaZn pode ter maior utilidade, em termos de uma temperatura do processo, do que o silício amorfo tipicamente usado para a camada ativa do TFT, porque o óxido amorfo feito de InGaZn pode ser formado em uma película em uma temperatura ambiente.

Por exemplo, a WO 2005/088726 apresenta uma técnica em que o óxido amorfo feito de InGaZn é usado para a camada ativa do TFT.

O silício amorfo é geralmente referido como tendo uma mobilidade de efeito de campo de cerca de  $0,5 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ .

Entretanto, a WO 2005/088726 mencionada acima apresenta uma característica de produção do TFT que emprega óxido amorfo produzido de InGaZn para a sua camada ativa. Em conformidade com a WO 2005/088726, uma forma de realização mostra que a mobilidade de efeito de campo em uma região de saturação do TFT é de cerca de  $10 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ .

No entanto, de modo a possibilitar que o semiconductor de óxido amorfo seja usado no lugar do silício amorfo tendo grande versatilidade, outro melhoramento em sua função é necessário.

### DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

Em vista das circunstâncias acima mencionadas, um objeto da presente invenção é prover um novo transistor de efeito de campo com o uso do óxido amorfo tendo uma alta mobilidade de efeito de campo.

De acordo com a presente invenção, é fornecido um transistor de efeito de campo que inclui:

uma camada ativa, e

uma película de isolamento de porta,

5 em que a camada ativa inclui uma camada de óxido amorfo contendo uma região amorfa e uma região cristalina, e a região cristalina esteja em uma vizinhança de, ou em contato com, uma interface entre a camada de óxido amorfo e a película de isolamento de porta.

Incidentalmente, os inventores da presente invenção fizeram  
10 estudos intensivos, visando ainda melhorar a mobilidade do efeito de campo. Como um resultado dos estudos, os inventores observaram que uma alta mobilidade de efeito de campo pode ser obtida em um caso em que uma fase cristalina (isto é, região cristalina) esteja presente na vizinhança de uma interface com uma película de isolamento de porta na camada de óxido  
15 amorfo, a qual se torna a camada ativa, e produziram a presente invenção. O Exemplo descrito mais abaixo apresenta uma experiência conduzida pela formação de duas camadas ativas, uma tendo a tal região cristalina presente no óxido amorfo, e a outra não tendo nenhuma região cristalina no óxido amorfo. As duas camadas ativas são então comparadas uma com a outra em  
20 termos da mobilidade de efeito de campo.

## BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 é uma imagem TEM em seção transversal para  
explicar a presente invenção;

A Figura 2 é uma vista em seção transversal esquemática para  
25 explicar a presente invenção;

A Figura 3 é uma vista em seção transversal esquemática para  
explicar um transistor de efeito de campo de acordo com a presente invenção;  
e

A Figura 4 é uma imagem TEM em seção transversal para

explicar o Exemplo Comparativo.

## MELHOR MODO PARA REALIZAR A INVENÇÃO

A presente invenção é caracterizada no fato de que uma camada ativa 210 de um transistor de efeito de campo é formada de uma  
5 camada 217 de óxido amorfo, como mostrado na Figura 2, e uma região cristalina 215 está presente na camada 217 de óxido amorfo, de modo a situar-se na vizinhança de uma interface com uma película 220 isolante de porta ou em contato com a interface. Em outras palavras, a camada ativa 210 é composta da região amorfa e da região cristalina, e a região cristalina 215 se  
10 acha presente na camada de óxido amorfo de modo a que se situe na vizinhança da interface com a película 220 isolante de porta ou em contato com a interface.

No Exemplo descrito mais abaixo, um óxido composto de In, Ga e Zn é usado como um exemplo. A região cristalina 215 mencionada  
15 acima não se acha presente na vizinhança de uma segunda interface 260 oposta a uma primeira interface 250, a qual é como uma interface entre o óxido amorfo e a película isolante de porta.

Detalhes sobre as razões pelas quais a região cristalina ou a região microcristalina são formadas no óxido amorfo, particularmente na  
20 posição descrita acima, são obscuros, mas são considerados imputáveis a uma composição do óxido, uma concentração de oxigênio no momento da fabricação, uma temperatura de deposição, um material da película isolante, ou um método de fabricação.

No Exemplo a ser descrito mais abaixo, foi confirmado que a  
25 região cristalina apareceu em uma posição específica mediante mudança, em particular, de uma condição de atmosfera de oxigênio com respeito a uma composição específica no momento de produzir o transistor.

Em geral, com respeito ao óxido amorfo funcionando como um semiconductor, é difícil descobrir uma composição adequada e condição de

produção para tal, de modo a ser usada para a camada ativa do transistor.

Entretanto, de acordo com a presente invenção, a seguinte diretriz foi observada. Isto é, é possível produzir um transistor tendo uma alta mobilidade de efeito de campo mediante geração da região cristalina na vizinhança da interface ou em uma posição em contato com a interface na camada amorfa para formar a camada ativa.

A razão por que a região cristalina se acha presente apenas na vizinhança da interface com a película isolante de porta na presente invenção, sem que a região cristalina seja dispersa na direção da espessura do óxido amorfo inteiro, presume-se seja como segue.

Mesmo no óxido amorfo, quando a espessura de uma camada fixada aumenta, a tensão pode ser acumulada ou a energia pode ser aplicada sobre um lado da superfície do óxido amorfo mediante formação da película isolante. Além disso, dependendo da composição do óxido amorfo, a cristalização pode provavelmente ocorrer, ou ao contrário, é improvável que ocorra. A composição do óxido amorfo apresentada no Exemplo a ser descrito mais tarde, pode estar tão perto da composição que facilmente venha a causar a cristalização. Esta é a razão por que a região cristalina se acha presente apenas na vizinhança da interface com a película isolante de porta.

Isto é, quando a formação da película prossegue, as propriedades (condição superficial, condutividade elétrica, condutividade térmica, etc.) de uma mudança de película, e dessa forma a possibilidade de nucleação para a formação do cristal sobre uma superfície de película, se torna elevada para facilmente causar a cristalização em alguns casos. Mesmo quando a película original tenha uma estrutura amorfa, considera-se que uma estrutura amorfa mais próxima a um cristal tenha uma maior possibilidade de causar o fenômeno acima descrito (em que a cristalização inicia a caminho da formação de película).

Em conformidade com a presente invenção, a região cristalina

existe “em uma interface com, ou em uma vizinhança da” película isolante de porta, e por esse meio uma região para formar um canal em uma camada ativa sobre o lado da película isolante de porta se torna uma estrutura amorfa mais próxima da uma estrutura cristalina entre a estrutura amorfa. Pelo fato de  
5 haver tal estrutura específica, não obstante ela seja amorfa, é possível obter-se uma estrutura amorfa tendo excelentes características mais próximas das características de um cristal. Por outro lado, tendo em vista que a região cristalina existe substancialmente em um estado pontilhado, a quase parte de um caminho de canal é uma região amorfa e, portanto, considera-se que a  
10 redução da mobilidade devida a um limite de granulação pode ser evitada.

Ao contrário, a região cristalina existe em um compósito de regiões para a região “em uma interface com ou em uma vizinhança da” película isolante de porta, e dessa forma uma região para formar um canal na camada ativa sobre o lado da película isolante de porta nem sempre se torna  
15 uma estrutura amorfa mais próxima de uma estrutura cristalina entre a estrutura amorfa. Conseqüentemente, considera-se que nem sempre é possível obter-se uma estrutura amorfa tendo excelentes características mais próximas às características de um cristal.

No caso em que um policristal ou um microcristal exista na  
20 camada ativa completa, o que é diferente da presente invenção, considera-se que a mobilidade seja reduzida porque um limite de granulação existe. Particularmente, considera-se que, à medida em que um tamanho de grãos de um cristal aumenta, surge um problema no fato de que a dependência de orientação do cristal sobre cada uma das características, existe para reduzir a  
25 uniformidade das características.

De acordo com a presente invenção, o método de formar uma região cristalina apenas “em uma interface com, ou em uma vizinhança da” película isolante de porta, inclui um método de formar a região cristalina de uma maneira autocomparada sem mudar intencionalmente as condições de

formação da película durante a sua formação, um método de formar uma região cristalina com a mudança intencional das condições de formação da película durante a formação da película, etc. Entretanto, se a formação do cristal etc. for inconveniente, o método não fica particularmente limitado.

5                   O método de formar uma região cristalina de uma maneira autocomparada sem intencionalmente mudar as condições de formação da película durante a formação da película, utiliza um caso em que, quando a formação da película prossegue, as propriedades (condição superficial, condutividade elétrica, condutividade térmica etc.) de uma película mudam  
10                   para facilmente causar a cristalização. Por exemplo, embora as condições de formação da película não sejam mudadas durante a formação da película, quando esta prossegue, o controle das condições de prosseguimento da cristalização (condições de mudança das propriedades da película) torna possível formar uma região cristalina apenas “em uma interface com, ou em  
15                   uma vizinhança da” película isolante de porta.

                  O método de formar uma região cristalina com a mudança intencional das condições de formação da película durante a formação desta, utiliza condições de formação de película tais como a temperatura do substrato, a velocidade de formação da película, a potência de formação da  
20                   película. Isto é, as condições de formação da película para facilitar a cristalização são aumentar a temperatura do substrato, reduzir a velocidade de formação da película, reduzir a potência no momento da formação da película, etc. Assim, a mudança intencional das condições de formação da película durante esta formação torna possível formar uma região cristalina  
25                   apenas “em uma interface com, ou na vizinhança da” película isolante de porta. Tendo em vista que estas condições são diferentes, dependendo de condições tais como a constituição de um aparelho de formação de película, é importante previamente conduzir a formação de uma película de amostra, obter a relação entre as condições de formação da película e o estado de

cristalização de uma película depositada, e controlar estas condições com base nos resultados obtidos.

O óxido amorfo usado na presente invenção contém, por exemplo, In, Zn e Ga.

5 A região cristalina representa uma região cristalina da camada ativa observada por uma técnica de microscópio eletrônico de transmissão transversal (TEM).

Os transistores de efeito de campo de acordo com a presente invenção incluem não apenas um tipo de disposição invertida, mas também  
10 um tipo coplanar e um tipo coplanar invertido.

Uma espessura da camada de óxido amorfo servindo como a camada ativa de acordo com a presente invenção, pode de preferência ser de 0,05  $\mu\text{m}$  ou mais, e de 1  $\mu\text{m}$  ou menos.

A espessura da camada de óxido amorfo é determinada de  
15 acordo com as seguintes razões. A região cristalina de acordo com a presente invenção tem um diâmetro transversal de menos do que 0,05  $\mu\text{m}$ . Portanto, quando a camada ativa tem uma espessura de menos do que 0,05  $\mu\text{m}$ , ocorre uma grande diferença no desempenho entre um TFT que inclua a região cristalina em seu canal, e um TFT que não inclua nenhuma região cristalina  
20 em seu canal. Além disso, quando a espessura seja de mais do que 1  $\mu\text{m}$ , a camada de óxido amorfo requer um longo tempo para a formação de sua película, a espessura de mais do que 1  $\mu\text{m}$  sendo inadequada para o processo de produção de massa.

No caso de se usar a camada ativa formada do óxido amorfo  
25 tendo a região cristalina na vizinhança da interface com a película isolante de porta, é preferível produzir o transistor de tal modo que uma porção servindo como um canal do transistor não inclua a tal região cristalina em virtude da eliminação da diferença no desempenho entre os transistores.

Além disso, na presente invenção, após se formar a camada de



óxido amorfo de acordo com a presente invenção, é também possível remover pelo menos uma parte de uma região contendo uma região cristalina que exista em uma porção da camada superficial da camada de óxido amorfo, como a ocasião o exija. Quando outra camada seja formada sobre a camada de  
5 óxido amorfo, este tratamento pode controlar a quantidade existente e o estado de distribuição da região cristalina existente sobre uma interface entre as camadas, para por esse meio intensificar a autocomparação da interface.

A expressão “a vizinhança de uma interface” na presente invenção significa uma região dentro de uma distância de metade da  
10 espessura da camada ativa da interface, embora isso dependa da espessura da camada ativa, e dentro dos 300 nm, preferivelmente 100 nm, e o mais preferível 50 nm, da interface entre a camada ativa e a camada isolante de porta.

Adicionalmente, é considerado que, quando a espessura da  
15 vizinhança da interface na presente invenção seja uma região tendo uma espessura igual ou maior do que a espessura do canal, a presente invenção se torna mais eficaz.

## EXEMPLO

Um método específico de produzir o transistor de acordo com  
20 a presente invenção será explicado.

### 1. Produção da Camada ativa

Primeiramente, um substrato de vidro de  $\text{SiO}_2$  (1737 fabricado pela Corning Incorporated) foi preparado como um substrato sobre o qual uma película deva ser depositada. Depois, uma camada de óxido amorfo  
25 composta de In, Zn e Ga foi formada por um método de sublimação catódica de RF.

Aqui, um corpo sinterizado policristalino de óxido de InGaZn foi usado como um material alvo. SH-350 (fabricado pela ULVAC, Inc.), em que uma pluralidade de substratos alvos podem ser colocada, foi usado como

um aparelho de sublimação catódica de RF. A potência do RF foi estabelecida em 300 W, uma pressão de formação de película (isto é, pressão total) foi estabelecida em 4 mTorr (isto é, cerca de 0,533 Pa), e a temperatura do substrato não foi particularmente aumentada.

5 Uma atmosfera de formação de película foi criada como sendo uma atmosfera gasosa mista de oxigênio e argônio. Uma pressão parcial de oxigênio foi estabelecida como sendo de 3,7 % (isto é, cerca de 0,0197 Pa) na velocidade do fluxo. Uma distância entre o alvo e o substrato foi estabelecida em cerca de 5 cm em uma direção vertical, e a formação da película foi  
10 realizada. A formação da película foi acabada no momento em que a espessura da camada de óxido amorfo se tornou de 50 nm.

A composição da camada de óxido amorfo obtida foi de In:Ga:Zn = 1:0,9:0,65 por análise de fluorescência de raio-X.

## 2. Produção de MISFET

15 A seguir, um dispositivo MISFET de porta superior mostrado na Figura 3 foi produzido. O transistor foi produzido de tal modo que o comprimento de um canal e a largura de um canal fossem estabelecidos em 10  $\mu\text{m}$  e 150  $\mu\text{m}$ , respectivamente.

Sobre o substrato, uma película de TI (espessura da película: 5  
20 nm) 283 e uma película Au (espessura da película: 40 nm) 281 foram formadas na ordem estabelecida pelo método de deposição de feixes de elétrons, e depois submetidas à padronização, para terem um padrão como mostrado na Figura 3. Como resultado, um eletrodo fonte e um eletrodo de drenagem foram formados. Depois disso, uma resistência (não mostrada), que  
25 foi submetida à padronização, foi formada em uma parte de ambos os eletrodos, e a camada de óxido amorfo 210 foi provida pelo método de sublimação catódica de RF. Depois disso, uma película de  $\text{Y}_2\text{O}_3$  220 para funcionar como a camada isolante de porta, foi formada (espessura da película: 140 nm) pelo método de sublimação catódica de RF, conforme

mencionado acima.

Após o desprendimento ter sido realizado através da remoção da resistência, uma resistência foi formada novamente, a padronização foi realizada, e depois um elétron de porta 230 composto de uma película de Ti 233 e uma película de Au 231 foi formado da mesma maneira do elétron de drenagem, etc. Como um resultado, o TFT de porta superior pôde ser obtido. A formação dos elétrons e da película isolante de porta foi realizada em um estado em que o aquecimento não foi particularmente realizado. A estrutura do elétron de porta 230 foi a mesma daquela do elétron de fonte.

### 3. Avaliação característica e avaliação da estrutura de MISFET

Uma corrente de voltagem característica do TFT assim produzida foi determinada em uma temperatura ambiente. Quando a voltagem de drenagem  $V_{DS}$  aumentava, a corrente de drenagem  $I_{DS}$  aumentava, e isto indica que o canal é um semicondutor do tipo n. Além disso, foi mostrado o comportamento de um transistor semicondutor típico, em que um estado de obstrução (saturado) ocorreu quando a voltagem de drenagem  $V_{DS}$  alcançou cerca de 6 V. Quando a característica de ganho foi examinada, o limite de uma voltagem de porta  $V_{GS}$  no momento da se aplicar a voltagem de drenagem  $V_{DS}$  de 6 V foi de cerca de +1 V. Além disso, uma corrente de drenagem  $I_{DS}$  de  $7,5 \times 10^{-5}$  A escoou quando a voltagem de porta  $V_{GS}$  era de 4 V.

Uma relação de ligado/desligado do transistor excedeu de  $10^6$ . A mobilidade do efeito de campo foi calculada da característica de saída na região saturada como sendo de cerca de  $15,7 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ , por esse meio obtendo-se uma elevada mobilidade de efeito de campo.

Depois, o transistor tendo a referida mobilidade elevada de efeito de campo foi observado pela técnica de TEM transversal. Para que se seja específico, a seção transversal do transistor foi formada com o uso de FIB (FB-2000 fabricado por Hitachi, Ltd. foi usado), e foi observada pela técnica

de TEM transversal. Para a observação, H-800 fabricado pela Hitachi, Ltd. foi usado. A Figura 1 mostra uma sua imagem de TEM transversal. Na Figura 1, uma camada de óxido de InGaZn se acha localizada entre o substrato e a película isolante. Além disso, a camada de óxido inclui grãos de cristal na, ou  
5 ao redor da, vizinhança da interface com a película isolante.

#### 4. Exemplo Comparativo

Para comparação com o Exemplo acima, o transistor foi produzido sob as mesmas condições do Exemplo, exceto que a pressão parcial de oxigênio no momento de se formar uma camada de óxido amorfo foi  
10 mudada para 3,4 % (isto é, 0,018 Pa). O transistor foi observado pela técnica de TEM transversal mencionada acima. Como mostrado na Figura 4, uma região cristalina não esteve presente na camada de óxido amorfo. A composição da camada ativa foi quase igual àquela do Exemplo acima.

A característica de transistor foi avaliada para revelar que a  
15 mobilidade de efeito de campo era de cerca de  $10 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$  na região saturada. Este valor é mais baixo do que aquele do transistor acima mencionado do Exemplo.

Como ficou evidente do acima, é preferível, em termos da mobilidade de efeito de campo, formar a camada ativa de tal modo que o  
20 óxido amorfo inclua a região cristalina na vizinhança da interface com a camada isolante de porta.

#### APLICABILIDADE INDUSTRIAL

A presente invenção é aplicada a um transistor para um dispositivo de exposição com o uso de um cristal líquido ou uma camada de  
25 emissão de luz tal como uma camada de EL orgânico ou uma camada de EL inorgânico. Além disso, o transistor de acordo com a presente invenção pode ser produzido pela formação de película em uma baixa temperatura, e assim pode ser produzido sobre um substrato flexível produzido de uma resina, plástico, ou coisa parecida. Portanto, o transistor pode ser adequadamente

usado para um cartão de IC, um rótulo de ID, etc.

## EFEITO DA INVENÇÃO

De acordo com a presente invenção, o transistor tendo uma mobilidade de efeito de campo pode ser provido.

- 5                    Este pedido reivindica a prioridade do Pedido de Patente Japonesa nº 2005-323689 depositado em 8 de novembro de 2005, e do Pedido de Patente Japonesa nº 2006-283893 depositado em 18 de outubro de 2006, os quais são por este meio aqui incorporados como referência.

## REIVINDICAÇÕES

1. Transistor de efeito de campo, caracterizado pelo fato de que compreende:

uma camada ativa, e

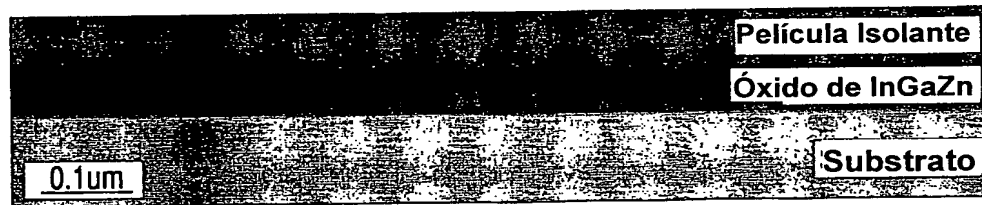
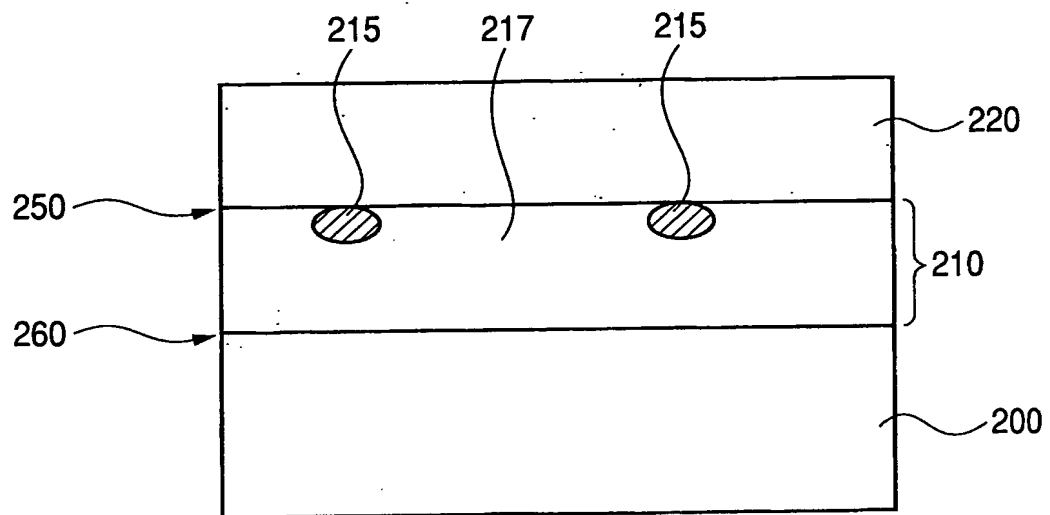
5 uma película isolante de porta,

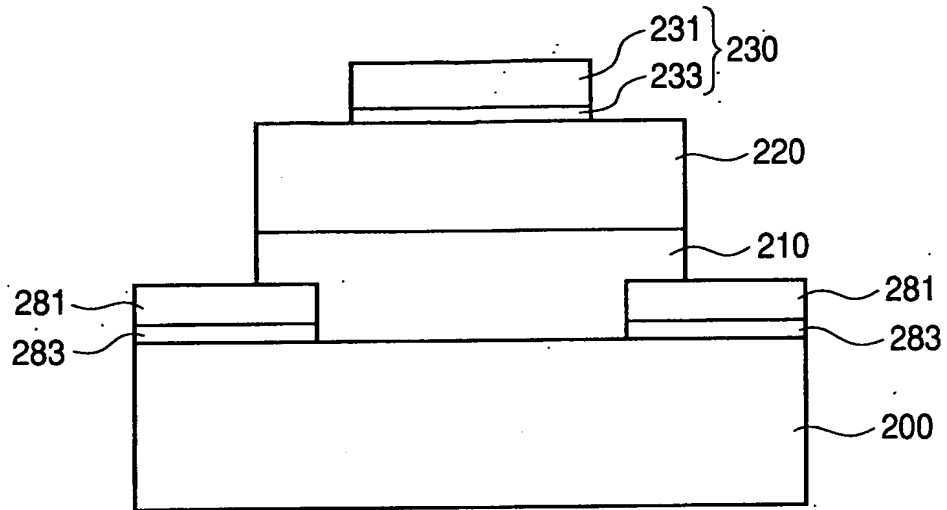
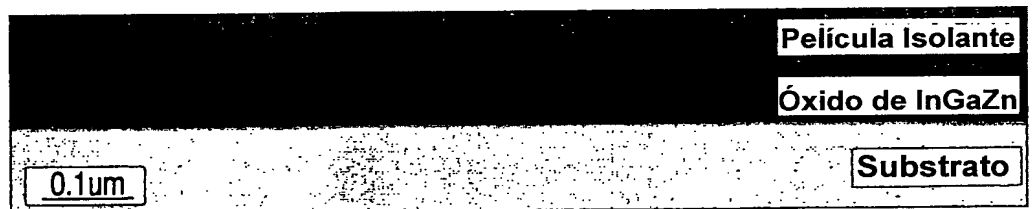
em que a camada ativa inclui uma camada de óxido amorfo contendo uma região amorfa e uma região cristalina, e a região cristalina situa-se na vizinhança da, ou em contato com, uma interface entre a camada de óxido amorfo e a película isolante de porta.

10 2. Transistor de efeito de campo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a região cristalina se acha ausente na vizinhança de uma segunda interface oposta a uma primeira interface, a qual é a interface entre a camada de óxido amorfo e a película isolante de porta.

15 3. Transistor de efeito de campo de acordo com as reivindicações 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que a camada de óxido amorfo é composta de um óxido contendo In, Zn e Ga.

20 4. Transistor de efeito de campo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que a camada de óxido amorfo tem uma espessura de 0,05  $\mu\text{m}$  ou mais, e de 1  $\mu\text{m}$  ou menos.

*FIG. 1**FIG. 2*

**FIG. 3****FIG. 4**



RESUMO**“TRANSISTOR DE EFEITO DE CAMPO”**

5 É fornecido um transistor de efeito de campo que inclui uma camada ativa e uma película isolante de porta, em que a camada ativa inclui uma camada de óxido amorfo contendo uma região amorfa e uma região cristalina, e a região cristalina situa-se na vizinhança da, ou em contato com, uma interface entre a camada de óxido amorfo e a película isolante de porta.