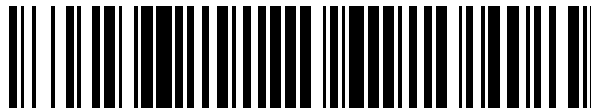


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 453 568**

51 Int. Cl.:

**H01L 29/66** (2006.01)

**H01L 29/786** (2006.01)

**H01L 29/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2008 E 08740693 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.03.2014 EP 2150982**

54 Título: **Método de fabricación de un transistor de película fina**

30 Prioridad:

**25.04.2007 JP 2007115617**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**08.04.2014**

73 Titular/es:

**CANON KABUSHIKI KAISHA (100.0%)  
30-2 SHIMOMARUKO 3-CHOME OHTA-KU  
TOKYO 146-8501, JP**

72 Inventor/es:

**YABUTA, HISATO;  
ENDO, AYANORI;  
KAJI, NOBUYUKI y  
HAYASHI, RYO**

74 Agente/Representante:

**DURÁN MOYA, Carlos**

**ES 2 453 568 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Método de fabricación de un transistor de película fina

5 **SECTOR TÉCNICO**

La presente invención se refiere a un método de fabricación de un transistor de película fina, que emplea un semiconductor de óxido amorfo de InGaZn como capa de canal.

10 **TÉCNICA ANTERIOR**

Los semiconductores de óxido de película fina están siendo estudiados para su uso como capa de canal de un transistor. En particular, los semiconductores de óxido de ZnO están siendo estudiados activamente para su uso como un canal de un transistor de película fina (TFT).

15 No obstante, la película fina de ZnO como una película de semiconductor, cuando se forma a temperatura ambiente, se vuelve policristalina y dispondrá de varias decenas de nanómetros de rugosidad en una interfaz aislador-semiconductor, una interfaz semiconductor-semiconductor o una interfaz de semiconductor-metal: la interfaz es altamente importante en el dispositivo semiconductor.

20 Además, en la materia policristalina, se formarán límites de grano del cristal de manera inevitable. Los límites de grano provocarán defectos de conducción o provocarán el deterioro de la propiedad debido a la adsorción de las moléculas de gas de la atmósfera que provocarán la inestabilidad de las características, de manera desfavorable (Diario de física aplicada, volumen 94, página 7768), ver también Craigen D. C. y otros, J. Phys.: Condens. Matter, volumen 4 (1992), páginas 9843-9854.

25 Para superar los inconvenientes anteriormente mencionados que resultan de la interfaz rugosa o de los límites de grano, la publicación de la solicitud de patente US número US-2007-0194379 da a conocer un TFT de alto rendimiento que emplea un semiconductor de óxido amorfo como película fina de semiconductor de óxido (ver también el documento WO 2006/051993).

30 El semiconductor formado en un estado amorfo ofrece una interfaz excelente que tiene una rugosidad menor de un nanómetro sin la rugosidad de la interfaz de ZnO, permitiendo un alto rendimiento del dispositivo semiconductor. Por lo tanto, se puede formar una película de semiconductor sin límites de grano, lo que evita el deterioro y la inestabilidad de las propiedades provocadas por los límites de grano.

35 Por tanto, se fabricaron una película de semiconductor de óxido amorfo y un TFT que contiene esta película de semiconductor mediante depósito de vapor por láser de pulsos (PLD) en las mismas condiciones que en la publicación de la solicitud de patente US número US-2007-0194379 anterior. La película de semiconductor obtenida y el TFT tenían propiedades equivalentes a las propiedades mostradas en la patente US o a las presentadas en Nature, volumen 432, página 488.

40 Además, se fabricaron una película de semiconductor de óxido amorfo y el TFT mediante pulverización mediante el uso de un objetivo con la composición  $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})$ , es decir un óxido de  $\text{In}_1\text{Ga}_1\text{Zn}_1$ . Por tanto, se obtuvieron una película semiconductor de óxido amorfo y una película de TFT con unas propiedades excelentes como las generadas por el proceso de PLD (Cartas de física aplicada, volumen 89, páginas desde 112123-1 a 112123-3).

45 Tras una investigación adicional, los inventores de la presente invención encontraron las condiciones para fabricar el semiconductor de óxido amorfo que tiene unas propiedades mejoradas adicionalmente del semiconductor y del TFT.

50 La presente invención da a conocer un semiconductor de óxido amorfo que contiene al menos un elemento seleccionado de entre In, Ga y Zn, y un dispositivo semiconductor y un transistor de película fina que emplea el semiconductor de óxido amorfo.

55 **CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCIÓN**

La presente invención, tal como se reivindica, está dirigida a un método de fabricación de un transistor de película fina de tipo de puerta inferior tal como se define en la reivindicación 1.

60 Las otras reivindicaciones se refieren a desarrollos adicionales.

La presente invención permite la fabricación de un elemento que tiene un elevado rendimiento, alta estabilidad y alta fiabilidad para el TFT que emplea una película fina de semiconductor de óxido como la capa de canal.

65 Características adicionales de la presente invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción de realizaciones de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

5 La figura 1 es un gráfico que muestra las propiedades de conducción de un TFT de tipo de puerta inferior que emplea un semiconductor de óxido amorfo fabricado según la presente invención y de un TFT fabricado según la manera convencional.

10 La figura 2 es un gráfico que muestra la reflexividad de los rayos X de un semiconductor de óxido amorfo fabricado según la presente invención y de un semiconductor fabricado según la manera convencional.

La figura 3 muestra una estructura de TFT de tipo de puerta inferior fabricado en los ejemplos de la presente invención.

## MEJORES MODOS DE LLEVAR A CABO LA INVENCION

15 El mejor modo de llevar a la práctica la presente invención se describe con referencia a los dibujos adjuntos.

En primer lugar, se describe el semiconductor de óxido amorfo.

20 El semiconductor de óxido amorfo empleado en la presente invención contiene In, Ga y Zn en una proporción atómica representada por  $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Zn}_z$ .

25 En la composición  $x > 0$ ,  $y > 0$  y  $z > 0$  y, preferentemente,  $x/(x+y+z) \geq 0,2$ ,  $y/(x+y+z) \geq 0,2$  y  $z/(x+y+z) \geq 0,2$ . Es decir, las proporciones  $x/(x+y+z)$ ,  $y/(x+y+z)$  y  $z/(x+y+z)$  son preferentemente no menores que 0,2 respectivamente.

El semiconductor de óxido amorfo de la presente invención se caracteriza porque la densidad del mismo no es menor de 94,0% de la densidad teórica definida más adelante.

30  $\text{In}_2\text{O}_3$  tiene una densidad de 7,121 g/cm<sup>3</sup> según el documento PDF número 00-006-0416, del Centro internacional para los datos de difracción.

$\text{Ga}_2\text{O}_3$  tiene una densidad de 5,941 g/cm<sup>3</sup> según el documento PDF número 00-041-1103, Centro internacional para los datos de difracción.

35  $\text{ZnO}$  tiene una densidad de 5,675 g/cm<sup>3</sup> según el documento PDF número 00-036-1451, Centro internacional para los datos de difracción.

40 En consecuencia, la densidad teórica del semiconductor de óxido amorfo que contiene In, Ga y Zn en una proporción de composición de  $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Zn}_z$  se calcula como  $(7,121x + 5,941y + 5,675z) / (x+y+z)$  [g/cm<sup>3</sup>].

El semiconductor de óxido amorfo de la presente invención tiene una densidad no menor que el 94% de la anterior densidad teórica. Esta relación se expresa mediante la expresión relacional (1) siguiente:

$$45 \quad M \geq 0,94 * (7,121x+5,941y+5,675z)/(x+y+z) \quad (1)$$

donde  $0 < x \leq 1$ ,  $0 < y \leq 1$ ,  $0 < z \leq 1$  y  $x+y+z \neq 0$ .

50 En general, una película fina de una sustancia amorfa tiene una menor densidad que la densidad teórica debido a la formación de un vacío en la película fina u a otra causa. Por ejemplo, la película de sílice amorfa formada por depósito de vapor en vacío tal como se describe en el Diario de física aplicada, volumen 78, páginas 962-968 tiene una densidad del 90% (2,0 g/cm<sup>3</sup>) o menor que la densidad (2,2 g/cm<sup>3</sup>) del sílice a granel. Según se informa, la película contiene un vacío capaz de absorber la humedad.

55 Dicho vacío en la película de un semiconductor de óxido amorfo puede dispersar los electrones portadores o aumentar la ruta de conducción afectando de manera adversa a las propiedades de conducción del semiconductor tal como la movilidad.

60 Para superar dichos efectos adversos, en los ejemplos descritos a continuación, los inventores de la presente invención prepararon una película de semiconductor de óxido amorfo mediante un proceso de pulverización, que permite la fácil formación de una densidad relativamente elevada de una película fina, ajustando la temperatura de la formación de la película.

65 Por tanto, una película fina del semiconductor de óxido amorfo se preparó con una densidad de película mayor conteniendo In, Ga y Zn en una proporción de composición de  $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Zn}_z$ . Se encontró que la película fina es superior a las convencionales en las características de conductividad, especialmente en la movilidad.

Según la invención tal como se reivindica, se preparó la película de semiconductor de óxido amorfo anteriormente mencionada que tiene una densidad no menor al 94,0% de la densidad teórica mediante pulverización tal como pulverización rf y pulverización DC.

5 La temperatura para la formación del semiconductor anterior se encuentra en el rango desde 150 °C hasta la temperatura de cristalización.

El semiconductor de óxido amorfo anterior se utiliza en transistores de película fina (TFT) como la capa de canal del TFT.

10 En el TFT, se emplean, preferentemente, una película de óxido de silicio o una película de óxido metálico como la película de aislamiento de puerta. El óxido para la película de aislamiento de puerta puede contener una pequeña cantidad de nitrógeno. También se prefiere un nitruro de silicio como la película de aislamiento de puerta. La película de aislamiento se forma de manera preferente mediante depósito de vapor en vacío que incluye la PLD (depósito por vapor por pulsos) o la pulverización.

15 El semiconductor de óxido amorfo fabricado como se ha descrito anteriormente tiene propiedades (por ejemplo, la movilidad) más adecuadas para un dispositivo semiconductor que los semiconductores de óxido amorfo convencionales. Con el semiconductor de óxido amorfo, se puede fabricar un dispositivo semiconductor, especialmente un TFT, con un mayor rendimiento que el dispositivo de semiconductor convencional.

#### <EJEMPLOS>

<Ejemplo de referencia para la formación de un semiconductor de óxido amorfo>

25 En primer lugar, se preparó un sustrato de silicio de tipo n que tiene sobre el mismo una película de SiO<sub>2</sub> oxidada térmicamente de 100 nm de grosor. En la película de SiO<sub>2</sub>, se formó una película de semiconductor de óxido amorfo que contiene In, Ga y Zn en una proporción de composición de In<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>Zn<sub>z</sub> con un grosor de 40 nm a la temperatura del sustrato de 200 °C mediante pulverización rf con un objetivo InGaO<sub>3</sub>(ZnO).

30 La composición de la película formada, es decir,  $x/(x+y+z)$ ,  $y/(x+y+z)$  y  $z/(x+y+z)$ , se determinó respectivamente a 0,406, 0,376 y 0,218 mediante un análisis fluorescente de rayos X. A partir del resultado del análisis de la composición, la densidad teórica se estimó en 6,36 g/cm<sup>3</sup>.

35 La película obtenida se midió en cuanto a la reflexividad de los rayos X con un aparato de difracción de rayos X equipado con una fuente de rayos X Cu-K $\alpha$  y un espejo de rayos X. La figura 2 muestra el resultado de la medición mediante la curva 21. Por tanto, la densidad de la película se estimó en 6,12 g/cm<sup>3</sup>, el 96,2% de la densidad teórica anteriormente estimada.

40 Separadamente, se formó otra película de semiconductor de óxido amorfo con la proporción de composición de In<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>Zn<sub>z</sub> mediante el mismo método con un grosor de 40 nm en el mismo sustrato mantenido a temperatura ambiente (lectura de control de la temperatura del sustrato: 22 °C).

45 La composición de la película formada,  $x/(x+y+z)$ ,  $y/(x+y+z)$  y  $z/(x+y+z)$  se determinó respectivamente en 0,397, 0,364 y 0,239 mediante un análisis de fluorescencia de rayos X. A partir del resultado del análisis de la composición, se estimó la densidad teórica en 6,35 g/cm<sup>3</sup>.

50 La película obtenida se midió en cuanto a la reflexividad de los rayos X. La figura 2 muestra el resultado de la medición mediante la curva 22. Por tanto, se estimó la densidad de la película en 5,95 g/cm<sup>3</sup>, el 93,8% de la densidad teórica estimada anteriormente.

55 Tal como se describirá más adelante, los TFT se fabricaron mediante el uso de la película de semiconductor de óxido amorfo anterior como capa de canal. Las películas de semiconductor de óxido amorfo se comprobaron en cuanto a su movilidad de efecto campo. La película que tiene una densidad de 96,2% de la densidad teórica ofrece una movilidad de 12 cm<sup>2</sup>/Vs, mientras que la película que tiene una densidad de 93,8% de la densidad teórica ofrece la movilidad de 5 cm<sup>2</sup>/Vs.

60 Una película fabricada según el método dado a conocer en el documento no de patentes -4-, tenía una densidad del 93,7% de la densidad teórica, y una película fabricada según el método dado a conocer en la literatura -3- ajena a patentes anterior tenía una densidad del 83,7% de la densidad teórica. Comparando las dos películas, la movilidad del efecto de campo es mayor en la película que tiene la densidad del 93,7% de la densidad teórica.

A partir de los resultados anteriores, la densidad del semiconductor de óxido amorfo es correlativa con las propiedades, especialmente la movilidad: a mayor densidad mayor movilidad.

65 Al realizar la presente invención, se encontró que la película que tenía la densidad no menor al 94,0% de la

densidad teórica es superior en sus propiedades que una película convencional de una menor densidad.

En el ejemplo de referencia anterior, se obtuvo la película de semiconductor de óxido amorfo de una mayor densidad mediante el control de las condiciones de formación de la película.

5 En otro método fuera de la invención reivindicada, se forma en primer lugar, una película de una densidad menor de 94,0% de la densidad teórica y, posteriormente, se aumenta la densidad mediante la irradiación de iones, plasma, radicales o similares. Por tanto, el semiconductor de óxido amorfo se puede obtener con un alto rendimiento similar al obtenido mediante el control de las condiciones de formación de la película.

10 <Ejemplo: Producción del elemento de TFT>

Un elemento de TFT de tipo de puerta inferior mostrado en la figura 3 se fabricó como un dispositivo semiconductor empleando una película de semiconductor de óxido amorfo.

15 En primer lugar, se preparó el sustrato -101- de Si de tipo n que tiene sobre el mismo una película -102- de SiO<sub>2</sub> oxidado térmicamente de 100 nm de grosor. En la película de SiO<sub>2</sub>, se formó la película -103- de semiconductor de óxido amorfo que contiene In, Ga y Zn en una proporción de composición de In<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>Zn<sub>z</sub> con un grosor de 40 nm a la temperatura del sustrato de 200 °C mediante la pulverización rf con un objetivo de InGaO<sub>3</sub>(ZnO). La película obtenida tenía una densidad del 96,2% de la densidad teórica.

20 La película de semiconductor de óxido amorfo obtenida que contiene In, Ga y Zn en una proporción de composición de In<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>Zn<sub>z</sub> se atacó químicamente al tamaño necesario y posteriormente el electrodo fuente -104- y el electrodo de drenaje -105- se formaron mediante fotolitografía y un método de despegue ("lift-off"). El material de los electrodos era una multicapa de Au (150 nm)/Ti (5 nm), y la formación de la película se llevó a cabo mediante depósito por vapor por haz de electrones.

25 El Si de tipo n -101-, el sustrato, se utilizó como el electrodo de puerta y la película del SiO<sub>2</sub> se utilizó como la película aislante del puerta del elemento de TFT.

30 Entre los elementos de TFT obtenidos, un elemento de TFT que tiene una longitud de canal de 10 μm y una anchura de canal de 30 μm se puso a prueba en cuanto a las propiedades de conducción (característica de voltaje puerta/corriente de drenador, etc.) La figura 1 muestra la característica mediante la curva 11. La movilidad del efecto de campo era de 12 cm<sup>2</sup>/Vs.

35 Separadamente, de la misma manera y constitución que anteriormente, se formó una película de semiconductor de óxido amorfo con la proporción de composición de In<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>Zn<sub>z</sub> sobre un sustrato a temperatura ambiente (lectura de control de la temperatura del sustrato: 22 °C) con un grosor de 40 nm (93,8% de la densidad teórica), y se fabricó un elemento TFT.

40 El elemento de TFT que tiene una longitud de canal de 10 μm y una anchura de canal de 30 μm se puso a prueba en cuanto a las propiedades de conducción. La figura 1 muestra la característica mediante la curva 12. La movilidad de efecto de campo fue de 5 cm<sup>2</sup>/Vs.

45 Tal como se ha descrito anteriormente, se obtuvo un elemento de TFT de mayor rendimiento mediante el uso de un semiconductor de óxido amorfo que tiene una mayor densidad como la capa de canal.

Este semiconductor de óxido amorfo de alta densidad es efectivo no sólo en el TFT sino también en un dispositivo que requiere una elevada movilidad tal como un material de electrodo transparente en un dispositivo electrónico.

50 El semiconductor de óxido amorfo que contiene In, Ga y Zn en una proporción de composición de In<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>Zn<sub>z</sub> fabricado según la presente invención es ampliamente utilizado como material para piezas de dispositivos electrónicos tales como pantallas de visualización. En particular, el TFT que utiliza este semiconductor de óxido amorfo es ampliamente utilizado como elemento de conmutación para un LCD, y una pantalla EL orgánica o similar y un elemento de conmutación de un dispositivo matriz tal como un elemento receptor de luz y un elemento de sensor. Además, el semiconductor de óxido amorfo es útil para una tarjeta IC, una etiqueta IC o similar.

55 Aún cuando la presente invención se ha descrito en referencia a las realizaciones de ejemplo, se debe entender que la invención no está limitada a las realizaciones de ejemplo dadas a conocer sino como se define en las siguientes reivindicaciones.

60

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Método de fabricación de un transistor de película fina de tipo puerta inferior que utiliza un semiconductor de óxido amorfo  $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Zn}_z$  como capa de canal, en el que el semiconductor de óxido amorfo contiene In, Ga y Zn en una proporción atómica de  $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Zn}_z$ , la densidad de masa  $M$  [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ] del semiconductor de óxido amorfo satisface la expresión (1) siguiente:

$$M \geq 0,94 \times (7,121x + 5,941y + 5,675z)/(x+y+z) \quad (1)$$

- 10 en la que  $0 < x \leq 1$ ,  $0 < y \leq 1$ ,  $0 < z \leq 1$ , y

en el que dicho canal se prepara mediante un proceso de pulverización a una temperatura de formación de la película en el rango desde  $150^\circ\text{C}$  hasta la temperatura de cristalización.

- 15 2. Método, según la reivindicación 1, en el que las proporciones  $x/(x+y+z)$ ,  $y/(x+y+z)$  y  $z/(x+y+z)$  no son menores de 0,2 respectivamente.

FIG. 1

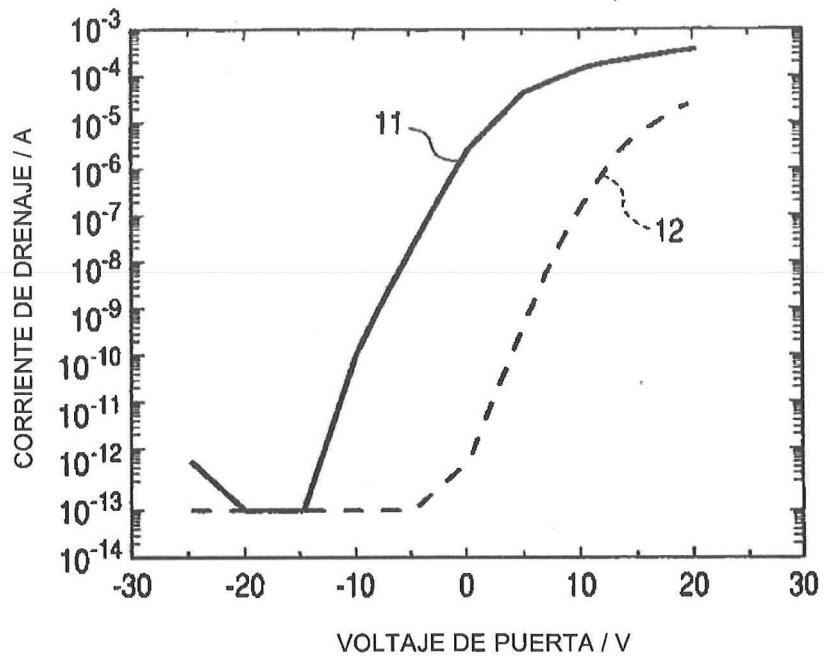
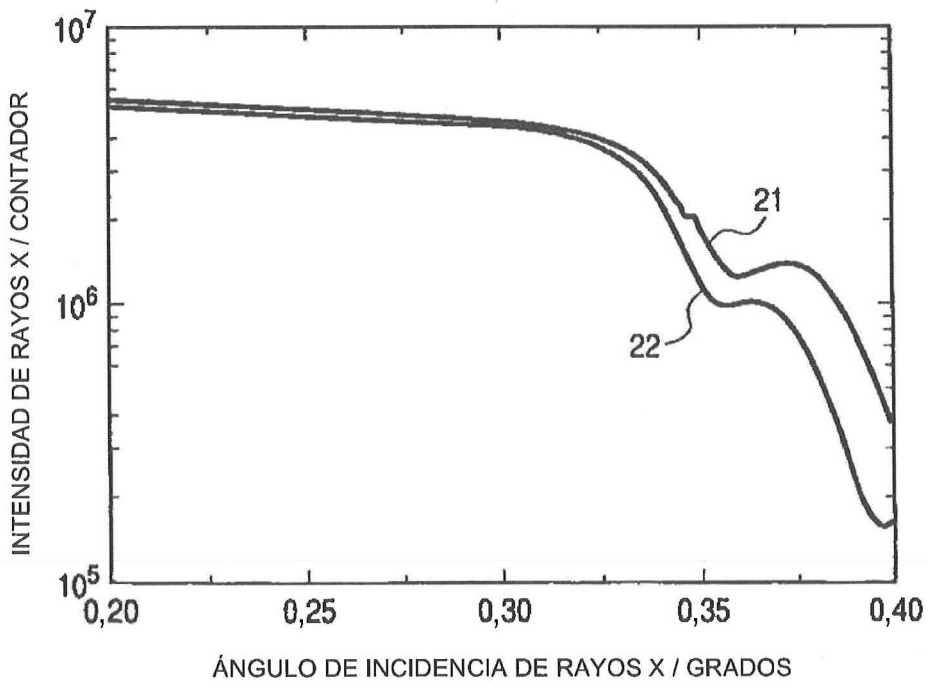


FIG. 2



**FIG. 3**

