

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 626 810**

51 Int. Cl.:

H01L 21/363 (2006.01)

H01L 21/02 (2006.01)

H01L 31/042 (2014.01)

H01L 31/18 (2006.01)

H01L 31/0392 (2006.01)

H01L 31/032 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.04.2009 PCT/US2009/039103**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.12.2009 WO09146063**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.04.2009 E 09755426 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.03.2017 EP 2260506**

54 Título: **Método para la formación de una película delgada semi-conductora compuesta**

30 Prioridad:

02.04.2008 US 61450

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

26.07.2017

73 Titular/es:

**SUNLIGHT PHOTONICS INC. (100.0%)
2045 Lincoln Highway Suite One West
Edison, NJ 08817, US**

72 Inventor/es:

**BRUCE, ALLAN, JAMES;
FROLOV, SERGEY y
CYRUS, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 626 810 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 para la formación de una película delgada semi-conductora compuesta

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un método para la formación de una película delgada semiconductor compuesta tal como una película delgada semiconductor adecuada para su uso en células solares fotovoltaicas y otros dispositivos.

10

Antecedentes de la invención

Los dispositivos fotovoltaicos representan una de las mayores fuentes de limpieza medioambiental y energía renovable. Se utilizan con frecuencia para convertir energía óptica en energía eléctrica. De forma característica, un dispositivo fotovoltaico está hecho de un material de semiconducción con regiones p-dopadas y n-dopadas. La eficacia de conversión de energía solar en electricidad de este dispositivo está limitada a un máximo de aproximadamente el 37%, dado que la energía de fotón en exceso de la banda prohibida del semiconductor se pierde como el calor. La comercialización de los dispositivos fotovoltaicos depende de los avances tecnológicos que conducen a eficacias más elevadas, coste inferior y estabilidad de tales dispositivos. El coste de la electricidad se puede reducir significativamente mediante el uso de módulos solares construidos a partir de semiconductores de película delgada económicos tales como el diselenuro de cobre indio (CuInSe_2 o CIS) o telururo de cadmio (CdTe). Ambos materiales han mostrado un gran compromiso, pero se deben superar ciertas dificultades antes de su comercialización.

25 Como se muestra en la Figura 1, la forma básica de un CIS o CdTe , célula solar de película delgada semiconductor compuesta (1) comprende una estructura multicapa superpuesta en un sustrato (2) en el siguiente orden, un electrodo trasero (3), una capa de absorción de luz (4), una capa amortiguadora interfacial (5), una capa de ventana (6) y un electrodo superior (7). El sustrato es comúnmente de vidrio sódico-cálcico, cinta de metal u hoja de poliimida. El electrodo trasero es comúnmente una película de metal Mo.

30

La capa de absorción de luz consiste en una película delgada de un semiconductor compuesto de calcopirita de grupo CIS p-tipo Cu-III-VI_2 , p. ej. diselenuro de cobre indio (CIS). Las sustituciones parciales de Ga para In (CIGS) y/o S para SE (CIGSS) son prácticas comunes utilizadas para ajustar la banda prohibida del material de absorción para una correspondencia mejorada con la iluminación.

35

CIS y capas de absorción de luz similares están formadas comúnmente por varios métodos de procesamiento. Estos incluyen el procesamiento de deposición en fase de vapor (PVD) en cuyas películas de los elementos constitutivos se transfieren de forma simultánea o secuencial desde una fuente y se depositan sobre un sustrato. El equipo y las prácticas de PVD estándar se utilizan en numerosas industrias.

40

Los métodos de PVD incluyen la evaporación térmica o sublimación desde fuentes de calor. Estos son apropiados para materiales elementales o compuestos que se vaporizan sin inconvenientes como entidades moleculares. Son menos apropiados para materiales multi-componente del tipo tratado en este documento, que se pueden descomponer y exponer el transporte preferente de los subcomponentes.

45

Un subconjunto de métodos de PVD es apropiado para la deposición de material multi-componente de fuente única, que incluye pulverización con magnetrón y ablación por láser. En estas implementaciones, los compuestos multi-componente o mezclas físicas de elementos o sub-compuestos se convierten en objetivos. Los objetivos se calientan o enfrían de forma típica y su superficie se bombardea con partículas de energía elevada, iones o fotones con el objetivo de que la capa de superficie del blanco se transporte en su totalidad constitutiva. De esta forma se pueden depositar los materiales complejos. Por este medio, la composición objetivo y la estructura molecular se puede reproducir de cerca en la película. Ocurren excepciones, más comúnmente, cuando los objetivos están hechos de mezclas físicas de elementos o sub-componentes en vez de compuestos que han reaccionado completamente. En tales casos, el objetivo se puede consumir de forma no uniforme con transporte preferente de constituyentes.

55

Los objetivos de PVD pueden estar formados por fundido, mecanizado o modificación de otro modo de materiales a granel. Esto incluye la presión de materiales pulverulentos. Las formas y tamaños de objetivo varían en diferentes sistemas y al final de la vida útil, los materiales de objetivo usados se reciclan frecuentemente.

60

En el caso de CIS y capas de absorción de luz similares, la evaporación se utiliza con frecuencia para depositar películas de los elementos constituyentes sobre el sustrato. Esto se puede llevar a cabo bajo una atmósfera reactiva de Chalcogen (Se o S) o, alternativamente, estos elementos pueden ser introducidos posteriormente por post-procesamiento en atmósferas reactivas (p. ej., H₂Se). El calentamiento de los sustratos durante el procesamiento de deposición y/o post-deposición, a temperaturas en el intervalo de 500 °C para períodos extensos, se emplea con frecuencia para promover la mezcla y la reacción de los componentes de película in situ.

Una limitación de los métodos de deposición al vacío multi-fuente convencional es la dificultad de lograr una homogeneidad estructural y constitutiva, ambas en perfil y en amplias áreas para la fabricación de dispositivo. Más específicamente, el rendimiento del dispositivo se puede ver afectado de forma adversa como resultado de tales faltas de homogeneidad, incluyendo las propiedades de semi-conducción, eficacias de conversión, beneficios de fiabilidad y fabricación. Los intentos de eliminar la falta de homogeneidad a través del procesamiento de post-deposición son imperfectos y pueden generar otros efectos perjudiciales. Tal post-procesamiento se lleva a cabo de forma típica a temperaturas sub-líquidas del material de película delgada.

Cuando se emplea la deposición simultánea desde fuentes confocales para los constituyentes, la composición de la película difiere de la composición diseñada fuera de la región focal. Tales métodos son adecuados para demostración, pero están más limitados en el logro de las deposiciones de amplia área uniforme como se concibe para la fabricación de dispositivo de bajo coste.

Cuando la deposición es de fuentes secuenciales o parcialmente superpuestas (p. ej., células de efusión de banda utilizadas para el procesamiento en-línea), la composición elemental de las películas varía en perfil. La mezcla posterior a través de la inter-difusión térmica es imperfecta de forma típica especialmente si el procesamiento está limitado por la selección de sustratos y otros componentes de célula. Como ejemplo, las películas CIGS depositadas en-línea exponen concentraciones In y Ga clasificadas, consecuentes con la secuencia y superposición de las fuentes elementales.

En los dispositivos fotovoltaicos y otros dispositivos multi-capa, las reacciones y la difusión en interfaces de película durante la deposición o durante el procesamiento de post-deposición pueden afectar al rendimiento. Por ejemplo, se ha mostrado que Na se dispersa térmicamente desde los sustratos sódico-cálcicos en las capas CIS. En este ejemplo, el efecto se considera beneficioso para el rendimiento de la célula fotovoltaica. Tales efectos son una consecuencia natural del procesamiento estándar y no están controlados de forma independiente.

Las células solares CIGS se han fabricado en el laboratorio de energía renovable nacional (NREL) en Colorado que demuestra un 19,5% de eficacia de conversión según la iluminación AM 1,5. Estos son dispositivos de área pequeña producidos por co-evaporación elemental sobre sustratos sódico-cálcicos. Los dispositivos de área mayor, fabricados por métodos al vacío y no al vacío por diversas entidades, en vidrio, cinta de metal o sustratos de polímero, demuestran de forma más típica eficacias del área de conversión en el intervalo del 8-12%. Se acepta generalmente que se debe a las limitaciones en el procesamiento del dispositivo, incluyendo la capa de absorción de luz. En esta capa, puede ser la falta de uniformidad constitutiva incompleta, desarrollo estructural y/o químico incompleto y/o otros defectos en toda el área, perfil y en las interfaces de la capa.

Las técnicas ya mencionadas para las fabricaciones de películas delgadas semiconductoras basadas en CIS para uso en dispositivos fotovoltaicos no han resultado en soluciones de coste efectivo con eficacias de conversión que son suficientes para muchas aplicaciones prácticas.

La patente de EE.UU. n. ° 4.959.106 describe un procedimiento para la producción de películas delgadas por medio de pulverización. En este procedimiento, los policristales ZnSe o ZnSe_{1-x}Te_x se utilizan como un objetivo. Las películas producidas a partir de este objetivo incluyen átomos impurificadores o hidrógeno.

La patente de EE.UU. n. ° 4.818.357 describe un método para deposición por pulverización de una homounión semiconductor. Conforme al método conocido, ciertas presiones parciales de gas argón se seleccionan para ajustar la energía incidente de las especies pulverizadas, para alterar el recorrido libre medio de las especies pulverizadas e incidentes con el fin de controlar el índice de elementos no metálicos a metálicos en el material depositado.

La patente de EE.UU. n. ° 5.286.306 a la que se hace referencia en la sección 4.3 de la acción de la oficina describe una deposición de pulverización de tres capas. Un gas reactivo tal como H₂Se se introduce como fuente Se.

La patente de EE.UU. n. ° 4.013.533 describe la deposición de pulverización desde un objetivo que comprende

materiales semiconductores II-VI. Las impurezas de dopaje metálicas se depositan por co-pulverización desde un segundo objetivo.

Resumen de la invención

5 Conforme a la presente invención, se proporciona un método para la fabricación de un dispositivo semiconductor de película delgada. El método incluye el suministro de una pluralidad de materias primas semiconductoras. Las materias primas semiconductoras se someten a un procedimiento de pre-reacción para formar un material objetivo semiconductor compuesto homogéneo. Esta pre-reacción incluye de forma típica el procesamiento por encima de la
10 temperatura líquida del semiconductor compuesto. El material objetivo semiconductor compuesto se deposita sobre un sustrato para formar una película delgada que tiene una composición que es sustancialmente la misma que una composición del material objetivo semiconductor compuesto.

15 Conforme a un aspecto de la invención, las materias primas semiconductoras comprenden materiales semiconductores compuestos II-VI.

Conforme a otro aspecto de la invención, los materiales semiconductores compuestos II-VI se pueden seleccionar del grupo constituido por Cd-S, Cd-Se, Cd-Te, Cd-Zn-Te, Cd-Hg-Te y Cu-In-Se.

20 Conforme a otro aspecto de la invención, Cu se puede proporcionar como un constituyente menor junto con los materiales semiconductores compuestos II-VI.

Conforme a otro aspecto de la invención, las materias primas semiconductoras comprenden materiales semiconductores compuestos I-III-VI.

25 Conforme a otro aspecto de la invención, los materiales semiconductores compuestos I-III-VI se pueden seleccionar del grupo constituido por Cu-In-Se, Cu-In-Ga-Se, Cu-In-Ga-Se-S.

Conforme a otro aspecto de la invención, Al se puede proporcionar en sustitución completa o parcial para Ga.

30 Conforme a otro aspecto de la invención, Na se puede proporcionar como un constituyente menor junto con los materiales semiconductores compuestos I-III-VI.

35 Conforme a otro aspecto de la invención, un elemento alcalino distinto de Na se puede proporcionar como un constituyente menor junto con los materiales semiconductores compuestos I-III-VI.

Conforme a la invención F se proporciona como un constituyente adicional junto con los materiales semiconductores compuestos I-III-VI.

40 Conforme a otro aspecto de la invención, un elemento halógeno distinto de F se puede proporcionar como un constituyente menor junto con los materiales semiconductores compuestos I-III-VI.

Conforme a otro aspecto de la invención, el material objetivo semiconductor compuesto se puede depositar por deposición de vapor físico.

45 Conforme a otro aspecto de la invención, el material objetivo semiconductor compuesto se puede depositar por pulverización con magnetrón.

50 Conforme a otro aspecto de la invención, el material objetivo semiconductor compuesto se puede depositar por ablación por láser.

Conforme a otro aspecto de la invención, la pre-reacción de las materias primas semiconductoras puede incluir el aislamiento de las materias primas semiconductoras a una temperatura elevada para establecer una estructura y perfil de adhesión representativo de la película delgada depositada.

55 En un ejemplo, se proporciona un dispositivo fotovoltaico que incluye un sustrato, un primer electrodo dispuesto en el sustrato y una capa de absorción de luz que incluye una película delgada semiconductoras compuesta de deposición física objetivo de reacción (RTPD). Un segundo electrodo está dispuesto sobre la capa de absorción de luz.

60

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un diagrama esquemático simplificado de una célula solar de película delgada semiconductor compuesta CIS o CdTe.

5

La FIG. 2 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de un procedimiento que se puede emplear para fabricar un dispositivo semiconductor de película delgada tal como un dispositivo fotovoltaico.

Descripción detallada.

10

En la siguiente descripción detallada, numerosos detalles específicos se establecen con el fin de proporcionar una comprensión profunda de formas de realización de ejemplo u otros ejemplos.

Los procedimientos de la presente invención se pueden utilizar para fabricar dispositivos semiconductores de película delgada de alta calidad basados en diselenuro de cobre indio (CIS) que tienen efectos fotovoltaicos y son espacialmente adaptables para aplicaciones de célula solar. Con fines de simplicidad, la descripción de los procedimientos de esta invención se centrará principalmente en estructuras basadas en CIS. No obstante, se debería entender que los procedimientos y técnicas descritos en esta invención se pueden aplicar también a la fabricación de una amplia variedad de otras estructuras de película delgada semiconductoras compuestas.

20

Los procedimientos de la presente invención implican un método de deposición física objetivo de reacción (RTPD), que proporciona una ruta alternativa para la formación de películas delgadas semiconductoras compuestas. El método RTPD puede producir una película uniforme con una composición designada a la vez que requiere niveles reducidos de procesamiento de post-deposición en comparación con otros métodos de fabricación establecidos.

25

Estos atributos imparten múltiples ventajas para el diseño, rendimiento y fabricación de tales películas para células solares fotovoltaicas y otros dispositivos.

Las películas delgadas fabricadas conforme al método RTPD habrán mejorado la uniformidad constitutiva, química y estructural tanto en perfil como en área. Como consecuencia, se pueden mejorar las propiedades que dependen de la uniformidad. Los procedimientos de post-deposición química y/o térmica que se utilizan de forma convencional para aproximarse a tal uniformidad se pueden reducir o eliminar también. El último será beneficioso para minimizar las interacciones entre las capas de dispositivo, la simplificación de procedimiento y la reducción de coste de fabricación.

30

El procedimiento RTPD está formado por dos partes. Específicamente, (i) la producción de un objetivo "pre-reaccionado" de composición designada, que es uniforme de manera constitutiva y tiene una estructura molecular que es representativa del semiconductor compuesto completamente formado y (ii) el uso de un método de deposición físico, tal como la pulverización con magnetrón, que es adecuada para la deposición de película delgada con composición idéntica o casi idéntica y estructura molecular al objetivo identificado.

40

Para el método RTPD, el objetivo pre-reaccionado se puede realizar por cualquier método disponible de síntesis. El atributo clave del objetivo es su naturaleza pre-reaccionada, que proporciona un material de origen para la deposición que tiene una composición definida y estructura molecular. Esta pre-reacción incluye de forma típica el procesamiento por encima de la temperatura líquida del semiconductor compuesto. El objetivo del procedimiento de pre-reacción es lograr la homogeneización y atributos de definición estructurales en el objetivo, con el fin de simplificar la deposición de película y post procesamiento.

45

A diferencia del procedimiento RTPD, los objetivos convencionales realizados a partir de las mezclas físicas simples de los elementos no reaccionados o sub-componentes son generalmente insatisfactorios para muchos propósitos.

50

Siendo las razones que (i) la estructura y adhesión del compuesto no están preestablecidas y (ii) es probable que los componentes segregados expongan un transporte preferente.

En algunos ejemplos, el procedimiento RTPD se utiliza para fabricar semi-conductores compuestos de película delgada que tiene un espesor de capa menor de aproximadamente 10 micrómetros de espesor y más específicamente que tienen un espesor de capa de unos pocos micrómetros. Con respecto a CIS y materiales similares del tipo utilizado en células solares, las películas delgadas son de forma típica policristalinas o microcristalinas en morfología. Es distinta de la estructura de las películas de cristal únicas de crecimiento epitaxial, que se utilizan también en ocasiones en ciertos dispositivos de célula solar. Es distinta también de la estructura de algunas películas amorfas Si, que se utilizan en ocasiones en otros dispositivos de célula solar. El método RTPD emplea procedimientos de deposición, como se indica en los ejemplos anteriores, que pueden producir películas

60

policristalinas o amorfas. Su forma se puede ver influenciada por la temperatura del sustrato durante la deposición o por recocido térmico después de la deposición.

5 Para los semiconductores compuestos, la preparación de los materiales a granel y los objetivos RTPD requieren de forma típica una estrategia especial. De forma específica, las materias primas ("el lote"), que incluyen elementos volátiles tales como el Chalcogens, S, Se o Te, se deberían contener en su totalidad en un crisol hecho de un material que no reaccionará de forma significativa con los materiales objetivo o la atmósfera de procesamiento. Por ejemplo, se pueden utilizar los crisoles de carbono o recipientes de vidrio de sílice recubierto de carbono. Los recipientes de sílice se pueden evacuar y sellar alrededor del lote de materias primas. De forma alternativa, los
10 crisoles pueden estar colocados en una cámara sellada bajo una presión apropiada de gas inerte tal como el argón.

Los recipientes sellados se pueden procesar en calderas u hornos convencionales. En cámaras presurizadas, el calentamiento se proporciona localmente al crisol y al lote mientras las paredes de la cámara se enfrían o refrigeran.

15 El lote se debería procesar a una temperatura suficiente, de forma típica por encima de la temperatura líquida del semiconductor compuesto, durante un tiempo suficiente para permitir que los constituyentes mezclen y reaccionen químicamente de forma que puedan formar un cuerpo semiconductor compuesto homogéneo. Al permitir que tal mezcla y reacción química se produzcan en el lote se minimizará el post-procesamiento requerido para las películas delgadas de RTPD. El procesamiento típico puede ser a temperaturas en la región de 1.000 °C bajo presiones de
20 muchas atmósferas.

Ciertos aspectos del método de crecimiento de cristal única Czochralski (véase, por ejemplo, la patente de EE.UU. n. ° 4.652.332 por Ciszek) son similares a la síntesis objetivo de RTPD ya que se refieren al procesamiento de lote en una cámara sellada. El objetivo del método Czochralski es extraer un cristal único de una fusión. En el método
25 RTPD, el objetivo es más amplio, abarcando diferentes procesamientos, prácticas de solidificación y objetivos de material.

Durante el procesamiento en recipientes evacuados, los vapores de equilibrio se forman por encima del lote. Durante el procesamiento en las cámaras presurizadas, la vaporización se inhibe por la sobrepresión del gas inerte.
30 La pérdida de componente en el caso anterior se compensa por el ajuste de la formulación de lote.

El objetivo semiconductor compuesto producido desde el lote de la manera ya mencionada puede ser amorfo, policristalino o en forma de cristal único. Esta forma se puede ver influenciada según se desee por el ajuste, por ejemplo, de la tasa de refrigeración del lote tras el procesamiento de temperatura elevada.
35

La estrategia RTPD permite también dopantes beneficiosos, tales como Na en el caso de las células solares CIS, que se van a introducir de manera más uniforme en las películas delgadas depositadas mediante la incorporación de precursores apropiados en el lote.

40 El objetivo se puede utilizar en la forma en la que se formó en el recipiente o crisol. De manera opcional, el objetivo se puede fabricar o de otro modo reformar en una forma apropiada para un sistema de deposición dado. En el caso de los objetivos de pulverización con magnetron, las formas típicas incluyen placas circulares o rectangulares que están adheridas a un transportador de metal para facilitar la refrigeración trasera durante el procedimiento de deposición.
45

Las películas delgadas semiconductoras compuestas depositadas por el método RTPD mediante el uso de objetivos fabricados de la manera descrita más arriba están caracterizadas porque son uniformes en composición y tienen una estructura molecular sustancialmente desarrollada y mediante la adhesión en su forma depositada, según se requiere en el producto final. En tales películas delgadas, la optimización de sus tamaños de grano y otras
50 características deseables requiere menos procesamiento adicional en términos de tiempo a temperatura que las películas formadas por técnicas convencionales. Cuando se emplean técnicas convencionales, el procesamiento térmico se requiere también para producir la mezcla y reacción química de los componentes, mientras que en las películas delgadas de RTPD, estas cuestiones se abordan por adelantado.

55 El método RTPD puede transmitir muchas ventajas para el procesamiento de película delgada semiconductor compuesta a través de los métodos actuales. Estos incluyen:

1. Procesamiento de los materiales por lote a temperaturas más elevadas que en las estrategias convencionales. Esto facilita un mejor mezclado y una reacción más completa de los constituyentes.
- 60 2. Control constitutivo mejorado de los constituyentes principales por composición objetivo. Esto puede facilitar

la organización de banda prohibida sin cambios de procesamiento, p. ej., la relación entre composición y la banda prohibida del semiconductor compuesto $\text{CuIn}_{(1-x)}\text{Ga}_x(\text{S}_y\text{Se}_{(1-y)})_2$ se da por:

$$E_g = 0,95 + 0,8x - 0,17x(1-x) + 0,7y - 0,05y(1-y) \quad (1)$$

5

3. Dopado mejorado de las películas delgadas a través del pre-dopado de objetivos con, p. ej., Na.
4. Películas más uniformes con menos ausencias u otros defectos de limitación de rendimiento.
5. Películas más delgadas para el uso de materiales reducidos para la reducción de coste.
6. Películas con composiciones reproducibles en áreas más amplias. Para un rendimiento más alto, fabricación de bajo coste y productividad.
7. Simplificaciones de procedimiento que incluyen (i) eliminación de deposición multi-fuente, monitoreo y control y (ii) eliminación de química (p. ej., selenización) y/o pasos de post-procesamiento térmico.
8. Si se desea, el procesamiento de RTPD múltiple se puede utilizar de forma simultánea o en secuencia para la organización de clasificación constitutiva. Se puede utilizar también en combinación con otras técnicas de deposición.

10

15

Por el método RTPD, se pueden producir CIS o películas similares que son más uniformes en composición en toda el área y en perfil que se pueden conseguir por prácticas habituales. Se supone que esta uniformidad va a impartir un rendimiento, reproductibilidad y facilidad de fabricación más alta para las células solares CIS.

20

La FIG. 2 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de un procedimiento que se puede emplear para fabricar un dispositivo semiconductor de película delgada tal como un dispositivo fotovoltaico. El método comienza en el paso 110 cuando la capa de absorción del dispositivo semiconductor se designa mediante la selección de los compuestos o elementos constituyentes. A continuación, en el paso 120, estos materiales constituyentes se mezclan juntos y en el paso 130, se experimenta un procedimiento de pre-reacción para formar un material objetivo semiconductor compuesto homogéneo (es decir, un material objetivo RTPD). El material objetivo se remodela de forma opcional o de otro modo se vuelve a configurar en el paso 140 según sea apropiado para la técnica de deposición que se va a emplear. El material objetivo se deposita entonces en un sustrato adecuado por la técnica de deposición seleccionada en el paso 150. La película delgada resultante tiene una composición que es sustancialmente la misma que la composición del material objetivo semiconductor compuesto. Finalmente, en el paso 160 cualquier post-procesamiento que sea necesario se lleva a cabo en la película delgada.

25

30

REIVINDICACIONES

1. Un método de fabricación de un dispositivo semiconductor de película delgada, que comprende:
 - 5 el suministro de una pluralidad de materias primas semiconductoras;
 - la pre-reacción de las materias primas semiconductoras para formar un material objetivo semiconductor compuesto homogéneo;
 - en el que las materias primas semiconductoras comprenden materiales semiconductores compuestos I-III-VI y F como un constituyente adicional junto con los materiales semiconductores compuestos I-III-VI o
 10 comprenden materiales semiconductores compuestos II-VI; y
 - depósito del material objetivo semiconductor compuesto sobre un sustrato para formar una película delgada que tiene una composición igual que una composición del material objetivo semiconductor compuesto.
 2. El método de la reivindicación 1 en el que las materias primas semiconductoras incluyen materiales
 15 semiconductores compuestos II-VI seleccionados del grupo constituido por Cd-S, Cd-Se, Cd-Te, Cd-Zn-Te y Cd-Hg-Te.
 3. El método de la reivindicación 2 que comprende además el suministro de Cu como un constituyente
 20 adicional junto con los materiales semiconductores compuestos II-VI.
 4. El método de la reivindicación 1 en el que las materias primas semiconductoras comprenden un
 elemento halógeno distinto de F como un constituyente adicional junto con los materiales semiconductores compuestos I-III-VI.
 - 25 5. El método de la reivindicación 1 en el que las materias primas semiconductoras comprenden
 materiales semiconductores compuestos I-III-VI seleccionados del grupo constituido por Cu-In-Se, Cu-In-Ga-Se, Cu-In-Ga-Se-S.
 6. El método de la reivindicación 5 que comprende además el suministro de Al en sustitución completa o
 30 parcial para Ga.
 7. El método de la reivindicación 5 que comprende además el suministro de Na y/o un elemento alcalino
 distinto de Na como un constituyente adicional junto con los materiales semiconductores compuestos I-III-VI.
 - 35 8. El método de la reivindicación 1 en el que el material objetivo semiconductor compuesto se deposita
 por deposición de vapor físico.
 9. El método de la reivindicación 8 en el que el material objetivo semiconductor compuesto se deposita
 por pulverización con magnetrón o por ablación por láser.
 - 40 10. El método de la reivindicación 1 en el que la pre-reacción de las materias primas semiconductoras
 incluye la reacción de las materias primas semiconductoras a una temperatura elevada para establecer una
 estructura cristalina representativa de la película delgada depositada.
 - 45 11. El método de la reivindicación 1 en el que las materias primas semiconductoras pre-reaccionan por
 encima de una temperatura líquida del material objetivo semiconductor compuesto.

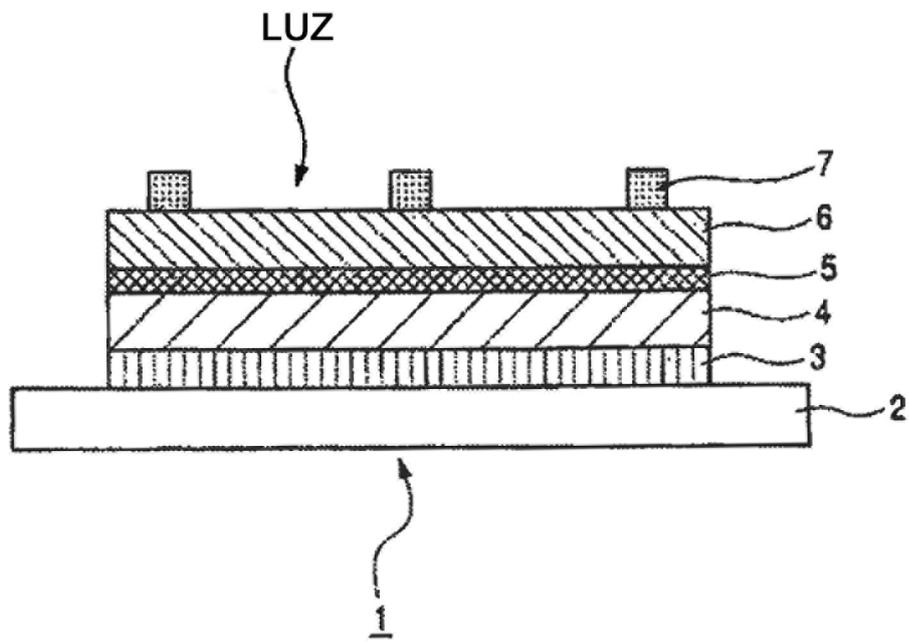


FIG. 1

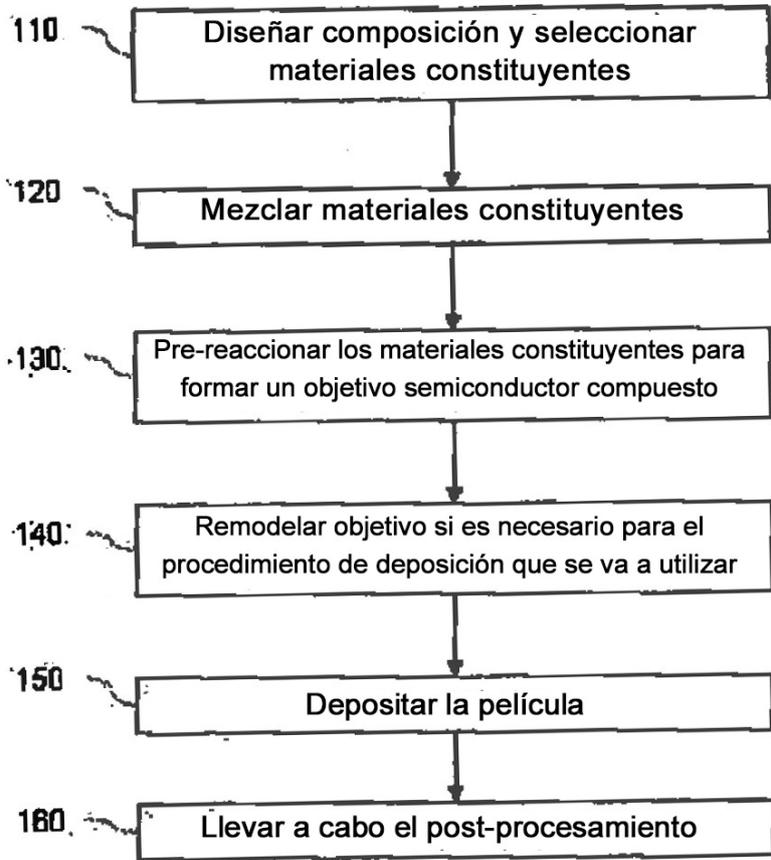


Figura 2