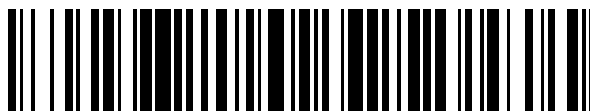


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 544**

51 Int. Cl.:

F24J 2/48 (2006.01)

C23C 14/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.11.2012 PCT/IB2012/002289**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **23.05.2013 WO13072731**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.11.2012 E 12808455 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.07.2018 EP 2780646**

54 Título: **Miembro de conversión solar-térmica, pila de conversión solar-térmica, dispositivo de conversión solar-térmica y dispositivo de generación de energía solar térmica**

30 Prioridad:

14.11.2011 JP 2011249013

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

09.10.2018

73 Titular/es:

**TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA (33.3%)
1 Toyota-cho
Toyota-shi, Aichi 471-8571, JP;
JAPAN FINE CERAMICS CENTER (33.3%) y
KABUSHIKI KAISHA TOYOTA JIDOSHOKKI
(33.3%)**

72 Inventor/es:

**SATO, AKINORI;
OKUHARA, YOSHIKI;
SUDA, SEIICHI;
YOKOE, DAISAKU;
KATO, TAKEHARU y
SASATANI, TORU**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 685 544 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

Miembro de conversión solar-térmica, pila de conversión solar-térmica, dispositivo de conversión solar-térmica y dispositivo de generación de energía solar térmica

Antecedentes de la invención

5 1. Campo de la invención

La invención se relaciona con un miembro de conversión solar-térmica, un dispositivo de conversión solar-térmica, y un dispositivo de generación de energía solar térmica.

2. Descripción de la técnica relacionada

10 Los dispositivos de generación de energía solar térmica convencionales convierten la luz del sol en calor y usan este calor para generar energía. En estos dispositivos, la luz del sol se concentra en un colector y esta luz del sol concentrada se usa para calentar un medio térmico (aceite, sal disuelta, sodio fundido, y así sucesivamente) en un contenedor o un canal de flujo.

15 Se han llevado a cabo investigaciones acerca del recubrimiento de la superficie del contenedor o el canal de flujo para fomentar con este recubrimiento la absorción de la luz del sol concentrada e inhibir la radiación térmica por la emisión térmica al exterior desde el contenedor o el canal de flujo (Julio, 2002, NREL/TP-520-31267, "Revisión de Materiales Absorbentes Selectivos Solares de Temperatura Media a Alta", C. E. Kennedy (referido más adelante como Kennedy)).

20 En conexión con esto, como se muestra en la FIG. 1, el espectro solar (espectro de emisión térmica en una temperatura de radiación de cuerpo negro de aproximadamente 5500°C) se extiende centrado en la región de la luz visible hasta a longitudes de onda de varios cientos de nm. Por otro lado, el espectro de emisión térmica a varios cientos de °C (por ejemplo, a aproximadamente 580°C), que son las temperaturas que se pueden obtener fácilmente en los dispositivos de conversión solar-térmica, se extiende centrado en la región infrarroja hasta a longitudes de onda de varios miles de nm. Por tanto, el intervalo del espectro de emisión térmica a las temperaturas obtenidas en los dispositivos de conversión solar-térmica es desplazado desde el intervalo del espectro solar.

25 La emitancia de la emisión térmica a una temperatura concreta corresponde a la absorbancia para la luz en el espectro de emisión térmico correspondiente a esta temperatura. Por consiguiente, una baja radiación térmica debido a la emisión térmica a una temperatura de varios cientos de °C implica una baja absorbancia para la luz en el espectro de emisión térmica correspondiente a una temperatura de varios cientos de °C, esto es, una pequeña absorbancia para la luz infrarroja a las longitudes de onda de varios miles de nm.

30 Por tanto, un recubrimiento que muestre una alta absorbancia para la luz del sol y una baja radiación térmica debido a la emisión térmica a una temperatura de varios cientos de °C se puede decir que es un recubrimiento que tiene una gran absorbancia para la luz visible a longitudes de onda de varios cientos de nm y una baja absorbancia para la luz infrarroja a longitudes de onda de varios miles de nm. Dicho recubrimiento se puede usar de manera ventajosa para fomentar la absorción de la luz del sol concentrada y para inhibir la radiación térmica debida a la emisión térmica al exterior desde un contenedor o un canal de flujo.

35 Kennedy lista los materiales para dichos recubrimientos y muestra de manera específica el W, el Mo dopado de MoO₃, el Si dopado de B, el CaF₂, el HfC, el ZrB₂, el SnO₂, el In₂O₃, el Eu₂O₃, el ReO₃, el V₂O₅, el LaB₆, y así sucesivamente.

40 Además de la selección de material en sí para dichos recubrimientos, la estructura de capas del recubrimiento también se optimiza habitualmente.

Las estructuras de capas del recubrimiento son descritas de manera específica, por ejemplo, por Kennedy en la WO 02/103257. Estos documentos también proponen que la interferencia debida a la reflexión en las interfaces de una pluralidad de capas apiladas que tienen diferentes índices refractivos se pueden usar para proporcionar un recubrimiento que muestre una alta absorbancia para la luz infrarroja a longitudes de onda de varios miles de nm. Aquí, Kennedy describe el uso, por ejemplo, de pilas de capas de metal tales como el Mo, la Ag, el Cu, y el Ni con capas dieléctricas tales como el Al₂O₃, el SiO₂, el CeO₂ y el ZnS.

45 La US 2005/0186435 A1 describe un dispositivo de emisión de luz que comprende una película de β-FeSi₂ proporcionada en una superficie frontal de un sustrato de Si, un primer electrodo proporcionado en un lado de la superficie posterior del sustrato Si, unos segundos electrodos proporcionados en un lado de la superficie frontal de la película de β-FeSi₂. La película de β-FeSi₂ tiene una conductividad diferente de la del sustrato de Si. Entre el sustrato de Si y la película de β-FeSi₂, se forma una unión pn. La película de β-FeSi₂ funciona como una capa luminiscente. Su propiedad de luminiscencia no está influenciada demasiado por el tipo y pureza del sustrato.

Por lo tanto, la US 2005/186435 A1 y la JP 2007-109795 A describen un material de β-FeSi₂ que se usa en el campo técnico de los diodos emisores de luz. Por lo tanto, el material de β-FeSi₂ de la US 2005/186435 A1 y la JP 2007-

109795 A convierte la energía eléctrica en energía lumínica.

Compendio de la invención

5 La invención proporciona un miembro de conversión solar-térmica nuevo según la reivindicación 1 y una pila de conversión solar-térmica según la reivindicación 5. La invención también proporciona un dispositivo de conversión solar-térmica según la reivindicación 12 y un dispositivo de generación de energía solar térmica según la reivindicación 15 que incluye este miembro de conversión solar-térmica.

Los inventores descubrieron que un material de fase β -FeSi₂ es adecuado para un miembro de conversión solar-térmica y como resultado lograron la invención descrita anteriormente.

10 Un primer aspecto de la invención se relaciona con un miembro de conversión solar-térmica según la reivindicación 1 que incluye un material de fase β -FeSi₂.

La proporción de este material de fase β -FeSi₂ en el miembro de conversión solar-térmica puede ser de al menos el 95 vol%. Las partículas hechas del material de fase β -FeSi₂ se dispersan en una matriz de un material inorgánico. El miembro de conversión solar-térmica puede ser una película. El espesor de la película puede ser de 1 nm a 10 μ m.

15 Un segundo aspecto de la invención se relaciona con una pila de conversión solar-térmica según la reivindicación 5 en la que se apilan una primera capa que consiste del miembro de conversión solar-térmica anteriormente mencionado y una segunda capa que consiste de un material inorgánico.

20 La segunda capa incluye una primera capa cerámica que consiste de un óxido, un nitruro, un carburo, un oxinitruro, un oxicarburo o un oxicarbonitruro. La capa más exterior de la pila de conversión solar-térmica puede ser esta capa cerámica. Esta segunda capa puede incluir una capa de metal y esta capa de metal, la primera capa cerámica, y la primera capa se puede apilar en esta secuencia. La segunda capa puede incluir una capa de metal. La segunda capa cerámica puede ser la capa más exterior. Aquí, la pila de conversión solar-térmica puede incluir una capa distinta de la capa de metal, la primera capa cerámica, la primera capa, y la segunda capa cerámica. Por ejemplo, la pila de conversión solar-térmica puede contener, entre la primera capa y la segunda capa cerámica, una capa diferente de la primera capa y que contiene un miembro de conversión solar-térmica y una tercera capa que contiene un óxido, un nitruro, un carburo, un oxinitruro, un oxicarburo o un oxicarbonitruro. La capa de metal anteriormente mencionada se puede apilar directamente en un sustrato o se puede apilar en un sustrato con otra capa interpuesta entre ellas. La capa de metal puede ser una capa de molibdeno y la capa de cerámica puede ser una capa de SiO₂.

25 Un tercer aspecto de la invención se relaciona con un dispositivo de conversión solar-térmica según la reivindicación 12 que tiene una primera capa que consiste en el miembro de conversión solar-térmica anteriormente mencionado o la pila de conversión solar-térmica anteriormente mencionada. El dispositivo de conversión solar-térmica incluye un colector, un medio térmico; y un contenedor y/o un canal de flujo para el medio térmico. Preferiblemente la primera capa anteriormente descrita o la pila de conversión solar-térmica se disponen en la superficie del contenedor y/o el canal de flujo; el medio térmico se mantiene dentro del contenedor y/o el canal de flujo; la luz se concentra sobre el contenedor y/o el canal de flujo en el colector; y el medio térmico dentro del contenedor y/o el canal de flujo es calentado por la luz concentrada.

30 El medio térmico se puede calentar hasta una temperatura de 300°C a 900°C. El dispositivo de conversión solar-térmica puede ser de tipo reflector parabólico, de tipo torre solar, de tipo canal parabólico, de tipo Fresnel, o de tipo Fresnel lineal.

35 Un cuarto aspecto de la invención se relaciona con un dispositivo de generación de energía solar térmica según la reivindicación 15 que incluye el dispositivo de conversión solar-térmica anteriormente mencionado y un generador de energía eléctrica. En este dispositivo de generación de energía solar térmica, el medio térmico en el contenedor y/o el canal de flujo es calentado por el dispositivo de conversión solar-térmica y la energía eléctrica es generada mediante el generador de energía eléctrica usando la energía térmica del medio térmico calentado.

40 Un método para producir un miembro de conversión solar-térmica se describe también en la presente memoria, que sin embargo no es parte de la invención, método en el cual el anteriormente descrito material de fase β -FeSi₂ es obtenido mediante la deposición física de vapor (PVD) a una temperatura de sustrato de al menos 300°C. El material de fase FeSi₂ se puede calentar hasta una temperatura de al menos 300°C para convertir la fase de FeSi₂ en la fase de β -FeSi₂.

45 El uso del material de fase β -FeSi₂ como miembro de conversión solar-térmica es asimismo sugerido. No es, sin embargo, parte de la invención.

50 El nuevo miembro de conversión solar-térmica de la invención tiene una alta absorbanza para la luz visible a longitudes de onda de varios cientos de nm y también una baja absorbanza para la luz infrarroja a longitudes de onda de varios miles de nm. Como consecuencia, la luz visible a longitudes de onda de varios cientos de nm se absorbe y convierte en calor de manera eficiente mientras exista una pequeña radiación térmica debida a la emisión térmica a una temperatura de varios cientos de °C. Por consiguiente, el nuevo miembro de conversión solar-térmica

de la invención puede producir calor mediante la absorción de manera eficiente de la luz del sol y puede inhibir la radiación térmica debida a la emisión térmica.

Breve descripción de los dibujos

- 5 Las características, ventajas, e importancia técnica e industrial de las realizaciones ejemplares de la invención se describirá a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que los mismos números denotan los mismos elementos, y en donde:
- 10 La FIG. 1 es un diagrama que muestra la relación entre el espectro solar (el espectro de emisión térmico a la temperatura de radiación de un cuerpo negro a aproximadamente 5500°C) y el espectro de emisión térmico a aproximadamente 580°C, que es una temperatura fácilmente alcanzable por los dispositivos de conversión solar-térmica.
- 15 La FIG. 2A es un diagrama que muestra el espectro de transmitancia y reflectancia de las películas de Mo producidas a temperaturas de sustrato de 600°C y a temperatura ambiente (24°C), y la FIG. 2B es un diagrama que muestra el espectro de absorbancia de las películas de Mo producidas en el Ejemplo 1 a temperaturas de sustrato de 600°C y a temperatura ambiente (24°C).
- 20 La FIG. 3A es un diagrama que muestra el espectro de transmitancia y reflectancia de las películas de FeSi₂ producidas en el Ejemplo 1 a temperaturas de sustrato de 600°C y a temperatura ambiente (24°C), y la FIG. 3B es un diagrama que muestra el espectro de absorbancia de las películas de FeSi₂ producidas en el Ejemplo 1 a temperaturas de sustrato de 600°C y a temperatura ambiente (24°C).
- La FIG. 4 es un diagrama que muestra los resultados del análisis de difracción por rayos X de las películas de FeSi₂ producidas en el Ejemplo 1 a temperaturas de sustrato de 600°C y a temperatura ambiente (24°C).
- La FIG. 5A es un diagrama que muestra el espectro de reflectancia de las pilas 1-1 a 1-3, obtenido mediante el cálculo en el Ejemplo 2, y la FIG. 5B es un diagrama que muestra el espectro de reflectancia de las pilas 1-3 y 1-4, obtenido mediante el cálculo en el Ejemplo 2;
- 25 La FIG. 6A es un diagrama que muestra la estructura de la pila obtenida en el Ejemplo 3, y la FIG. 6B es un diagrama que muestra el espectro de reflectancia de la pila obtenida en el Ejemplo 3;
- La FIG. 7A es un diagrama que muestra la estructura de la pila obtenida en el Ejemplo 4, y la FIG. 7B es un diagrama que da una fotografía, tomada con un microscopio electrónico de barrido (SEM), de la sección transversal de la pila obtenida en el Ejemplo 4;
- 30 La FIG. 8A es un diagrama que muestra la relación entre el espectro solar y el espectro de emisión térmica a aproximadamente 580°C, y la FIG. 8B es un diagrama que muestra el espectro de reflectancia de la pila obtenida en el Ejemplo 4;
- La FIG. 9A y la FIG. 9B son diagramas que muestran el espectro de transmitancia y reflectancia para la película compuesta de FeSi₂-SiO₂ y la película compuesta de Mo-SiO₂ obtenidas en el Ejemplo 5;
- 35 La FIG. 10 es un diagrama que muestra el espectro de absorbancia de la película compuesta de FeSi₂-SiO₂ y la película compuesta de Mo-SiO₂ obtenidas en el Ejemplo 5;
- La FIG. 11A es un diagrama que muestra la estructura de la pila obtenida en el Ejemplo 6, y la FIG. 11B es un diagrama que proporciona una fotografía, tomada con un SEM, de la sección transversal de la pila obtenida en el Ejemplo 6;
- 40 La FIG. 12A es un diagrama que muestra la relación entre el espectro solar y el espectro de emisión térmica a aproximadamente 580°C, y la FIG. 12B es un diagrama que muestra el espectro de reflectancia de la pila obtenida en el Ejemplo 6;
- La FIG. 13A es un diagrama que muestra la estructura de la pila obtenida en el Ejemplo 7, y la FIG. 13B es un diagrama que proporciona una fotografía, tomada con un SEM, de la sección transversal de la pila obtenida en el Ejemplo 7;
- 45 La FIG. 14A es un diagrama que muestra la relación entre el espectro solar y el espectro de emisión térmica a aproximadamente 580°C, y la FIG. 14B es un diagrama que muestra el espectro de reflectancia de la pila obtenida en el Ejemplo 7;
- La FIG. 15 es un diagrama esquemático del dispositivo de generación de energía solar térmica; y
- 50 La FIG. 16 es un diagrama esquemático de la ruta de circulación del medio térmico entre el colector y el generador de energía eléctrica.

Descripción detallada de las realizaciones

(El miembro de conversión solar-térmica)

El miembro de conversión solar-térmica en una realización de la invención contiene un material de fase β -FeSi₂.

5 Los inventores determinaron que las características ópticas de un material de fase β -FeSi₂ incluían una gran absorbancia para la luz visible a longitudes de onda de varios cientos de nm y una pequeña absorbancia para la luz infrarroja a longitudes de onda de varios miles de nm. Por consiguiente, el miembro de conversión solar-térmica de esta realización, que contiene dicho material de fase β -FeSi₂, puede absorber de manera eficiente la luz del sol y convertirla en calor y puede inhibir la radiación térmica debido a la emisión térmica.

10 El material de fase β -FeSi₂ que se relaciona con esta realización denota un material en el que al menos una parte del Fe y del Si contenido forma la fase β -FeSi₂ así como un material sustancialmente compuesto de la fase β -FeSi₂. Más particularmente en relación con esta realización, el material de fase β -FeSi₂ denota un material en el que el Fe y el Si contenido forman la fase β -FeSi₂ en la medida que la presencia de la fase β -FeSi₂ se identifica cuando se lleva a cabo un análisis mediante análisis de la difracción por rayos X.

< El miembro de conversión solar-térmica (composición) >

15 El miembro de conversión solar-térmica de esta realización puede contener el material de fase β -FeSi₂ en cualquier proporción y, por ejemplo, puede contener el material de fase β -FeSi₂ en una proporción de al menos 10 vol%, al menos 20 vol%, al menos 30 %vol, al menos 40 vol%, al menos 50 vol%, al menos 60 vol%, al menos 70 vol%, al menos 80 vol%, al menos 90%vol o al menos 95 vol%. Además, esta proporción puede ser, por ejemplo menor que el 100 vol%, no superior del 95 vol%, no superior del 90 vol%, no superior del 80 vol%, no superior del 70 vol%, no superior del 60 vol%, no superior del 50 vol%, no superior del 40 vol%, o no superior del 30 vol%.

20 El miembro de conversión solar-térmica de esta realización puede estar compuesto sustancialmente de sólo material de fase β -FeSi₂. Además, el material de fase β -FeSi₂ puede tener una proporción de al menos 80 vol%, al menos 90%vol o al menos 95 vol%.

25 El miembro de conversión solar-térmica de esta realización puede ser también un material compuesto de material de fase β -FeSi₂ y otro material.

Específicamente, por ejemplo, el material de fase β -FeSi₂. En el miembro de conversión solar-térmica de esta realización puede ser una partícula y las partículas de material de fase β -FeSi₂ se pueden dispersar en una matriz de un material inorgánico.

30 En este caso, las reacciones entre el material de fase β -FeSi₂ y otro material pueden ser evitadas por el material inorgánico que sirve como matriz. También en este caso, el índice refractivo del miembro de conversión solar-térmica de esta realización se puede ajustar usando el material inorgánico que sirve como matriz.

35 Cualquier material que pueda dispersar y retener las partículas de material de fase β -FeSi₂ se puede usar como el material inorgánico que sirve como matriz, y se pueden usar en términos específicos los óxidos, los nitruros, los carburos, los oxinitruros, los oxicarburos y los oxicarbonitruros de metales y semimetales, por ejemplo, el óxido de silicio (SiO₂).

< El miembro de conversión solar-térmica (forma) >

En principio se puede usar el miembro de conversión solar-térmica de esta realización con cualquier forma, por ejemplo, en forma de una película, un cilindro, o una placa, y se puede usar en concreto en forma de película.

40 Cuando se usa un miembro de conversión solar-térmica con forma de película, el espesor de la película puede ser de al menos 1nm, al menos 5 nm, al menos 10 nm, al menos 20 nm, o al menos 30 nm. Además, el espesor de la película puede ser no superior a 10 μ m, no superior a 5 μ m, no superior a 1 μ m, o no superior a 500 nm.

< El miembro de conversión solar-térmica (método de producción) >

45 El miembro de conversión solar-térmica de esta realización se puede obtener mediante cualquier método. El material de fase β -FeSi₂ usado para el miembro de conversión solar-térmica de esta realización está disponible en sí. Por ejemplo, se ha considerado para su uso un material semiconductor (Publicación de Solicitud de Patente Japonesa N° 10-153704 (JP-10-153704 A)) y para la capa de absorción de luz de los elementos de absorción de luz en dispositivos ópticos tales como los discos ópticos, las cámaras, y las impresoras láser (Publicación de Solicitud de Patente Japonesa N° 2004-303868 (JP-2004-303868 A)). Como consecuencia, se puede hacer referencia a la técnica en estos campos con respecto a la producción del material de fase β -FeSi₂.

50 Se puede obtener el material de fase β -FeSi₂ en el miembro de conversión solar-térmica de esta realización, por ejemplo, mediante la deposición física de vapor (PVD), y concretamente mediante pulverización, a una temperatura de sustrato de al menos 300°C, al menos 400°C, o al menos 500°C. Se prefieren aquí temperaturas de sustrato

relativamente superiores para formar la fase β -FeSi₂. Además, la temperatura del sustrato puede ser, por ejemplo, no superior de 1000°C, no superior de 900°C, no superior de 800°C, o no superior de 700°C.

5 El material de fase β -FeSi₂ en el miembro de conversión solar-térmica de esta realización puede ser obtenido también mediante un método que incluye el calentamiento de un material de fase FeSi₂, por ejemplo, una película de material de fase FeSi₂ depositada sobre un sustrato, a una temperatura de al menos 300°C, al menos 400°C, o al menos 500°C para convertir la fase FeSi₂ en fase β -FeSi₂.

(La pila de conversión solar-térmica)

10 La pila de conversión solar-térmica de esta realización tiene una única capa o una pluralidad de capas del miembro de conversión solar-térmico con forma de película de esta realización apiladas con una capa única o una pluralidad de capas de material inorgánico.

15 Cuando se usan dos o más capas del miembro de conversión solar-térmica de esta realización, las propiedades de las capas del miembro de conversión solar-térmica y concretamente las propiedades ópticas tales como el índice de refracción, pueden ser ajustadas mediante, por ejemplo, el cambio de la proporción del material de fase β -FeSi₂ presente en los miembros de conversión solar-térmica o mediante el cambio del material que está presente en los miembros de conversión solar-térmica en combinación con el material de fase β -FeSi₂.

20 Con dicha pila de conversión solar-térmica de esta realización, la absorbancia para la luz visible a longitudes de onda de varios cientos de nm puede ser aumentada más mediante la utilización de la interferencia entre las diferentes capas que constituyen la pila de conversión solar-térmica. Específicamente, la diferencia de ruta óptica para la luz reflejada en la superficie de dos capas diferentes se puede hacer de $n + 1/2$ -veces (cuando la fase es desplazada por $1/2$ la longitud de onda mediante la reflexión de cada superficie o ambas superficies o cuando la fase no es desplazada por la reflexión de cada superficie o ambas superficies) la longitud de onda de la luz visible (por ejemplo, 550 nm) o n -veces (cuando la fase es desplazada por $1/2$ la longitud de onda sólo por la reflexión desde la superficie de una capa) la longitud de onda de la luz visible (por ejemplo, 550 nm) (n es 0 o un número entero positivo).

25 En este caso, la ocurrencia de la interferencia para la luz infrarroja se puede evitar haciendo que la diferencia de la ruta óptica no sea de $n + 1/2$ -veces o n -veces la longitud de onda de la luz infrarroja (longitud de onda de varios miles de nm).

Las reacciones entre el material de fase β -FeSi₂ y los otros materiales se pueden inhibir en la pila de conversión solar-térmica de esta realización usando una única capa o una pluralidad de capas de un material inorgánico.

30 Los materiales inorgánicos que se pueden usar para esta capa única o pluralidad de capas de material inorgánico se pueden seleccionar libremente en conformidad con el uso previsto, y en términos específicos se pueden usar el óxido, el nitruro, el carburo, el oxinitruro, el oxicarburo o el oxicarbonitruro de un metal o un semimetal.

35 Se pueden obtener los efectos debidos a las propiedades ópticas, por ejemplo, la reflexión de la luz, la absorción y así sucesivamente, generadas por una capa de metal – mientras que se evitan las reacciones entre la capa de metal y el material de fase β -FeSi₂ – apilando la capa de metal; una capa de óxido, nitruro, carburo, oxinitruro, oxicarburo o oxicarbonitruro; y una capa del miembro de conversión solar-térmica en la secuencia indicada ya sea de manera directa sobre un sustrato o con otra capa interpuesta entre ellas. La capa de metal referenciada aquí puede ser, por ejemplo, una capa de Molibdeno (Mo), una capa de Tungsteno (W), una capa de plata (Ag), una capa de oro (Au), o una capa de cobre (Cu) y concretamente una capa de molibdeno (Mo). Se puede usar una capa de dióxido de silicio (SiO₂) para la capa de óxido, nitruro, carburo, oxinitruro, oxicarburo u oxicarbonitruro. El sustrato puede ser, por ejemplo, un acero tal como un acero inoxidable (SUS). La otra capa puede ser, por ejemplo, un óxido tal como el SiO₂ y el Al₂O₃. La reacción entre el acero y la capa de metal es evitada por la otra capa formada por el óxido. Por lo tanto, se suprime la reducción del rendimiento y la degradación por corrosión de la pila de conversión solar-térmica.

(El dispositivo de conversión solar-térmica)

45 El dispositivo de conversión solar-térmica de esta realización tiene una pila de conversión solar-térmica de esta realización o una capa del miembro de conversión solar-térmica de esta realización, un colector, un medio térmico, y un contenedor y/o un canal de flujo para el medio térmico. La capa de miembro de conversión solar-térmica o la pila de conversión solar-térmica está cubierta en la superficie de este contenedor y/o canal de flujo; el medio térmico se mantiene dentro del contenedor y/o el canal de flujo; la luz del sol se concentra sobre el contenedor y/o el canal de flujo en el colector, y el medio térmico en el contenedor y/o el canal de flujo es calentado por la luz del sol concentrada.

50 La capa del miembro de conversión solar-térmica o de la pila de conversión solar-térmica de esta realización puede absorber de manera eficiente la luz del sol y convertirla en calor y puede hacerlo mientras inhibe la radiación térmica debida a la emisión térmica desde el contenedor y/o el canal de flujo calentados. Por consiguiente, el dispositivo de conversión solar-térmica de esta realización puede calentar de manera eficiente el medio térmico con la luz del sol.

El dispositivo de conversión solar-térmica de esta realización se puede usar para calentar el medio térmico hasta al menos 300°C, al menos 400°C, o al menos 500°C. La temperatura de calentamiento para este medio térmico puede ser, por ejemplo, no superior de 1100°C, no superior de 1000°C, no superior de 900°C, no superior de 800°C, o no superior de 700°C.

- 5 El colector usado por el dispositivo de conversión solar-térmica de esta realización puede ser cualquier tipo de colector y puede ser, por ejemplo, de tipo reflector parabólico, de tipo torre solar, de tipo canal parabólico, de tipo Fresnel, o de tipo Fresnel lineal.

10 El contenedor y/o el canal de flujo usado por el dispositivo de conversión solar-térmica de esta realización puede ser cualquier contenedor y/o canal de flujo que pueda contener el medio. Por ejemplo, se puede usar un tubo para este canal de flujo y el medio térmico puede fluir a través de éste.

(El dispositivo de generación de energía solar-térmica)

15 El dispositivo de generación de energía solar-térmica de esta realización tiene un dispositivo de conversión solar-térmica de esta realización y un generador de energía eléctrica, éste calienta el medio térmico en el contenedor y/o el canal de flujo usando el dispositivo de conversión solar-térmica y genera energía eléctrica en el generador de energía eléctrica utilizando la energía térmica del medio térmico calentado.

El dispositivo de conversión solar-térmica de esta realización puede calentar de manera eficiente el medio térmico usando la luz del sol. El dispositivo de generación de energía solar-térmica de esta realización puede generar de manera eficiente electricidad usando el calor solar.

20 Se puede usar cualquier mecanismo para generar energía eléctrica con el generador de energía eléctrica del dispositivo de generación de energía solar térmica de esta realización. Por consiguiente, por ejemplo, la energía puede ser generada mediante la evaporación de un medio de evaporación tal como el agua o el amoníaco con el medio térmico calentado y usando este vapor para encender la turbina de amoníaco/vapor de un generador de energía eléctrica.

25 En los Ejemplos 1 a 4, fueron evaluadas una película de fase única β -FeSi₂ sustancialmente compuesta de material de fase β -FeSi₂ y una pila que tiene esta película de fase única en comparación con una película de fase única de Mo sustancialmente compuesta de Mo y una pila que tiene esta película de fase única. En los ejemplos 5 a 7, fueron evaluadas una película de compuesto β -FeSi₂-SiO₂ que contiene un material de fase β -FeSi₂ y SiO₂ y una pila que contiene esta película compuesta en comparación con una película de compuesto Mo-SiO₂ que contiene Mo y SiO₂ y una pila que contiene esta película compuesta.

30 Ejemplo 1

Determinación de las propiedades ópticas de la película de Mo y la película de FeSi₂.

Una película de Mo y una película de FeSi₂ fueron formadas cada una mediante pulverización y se evaluaron los espectros de transmitancia, reflectancia, y absorbancia de estas películas. Específicamente, se formaron la película de Mo y la película de FeSi₂ y se llevaron a cabo las evaluaciones como sigue.

35 (Formación de la película de Mo y la película de FeSi₂)

40 Se usó cristal de cuarzo (longitud 30 mm x anchura 20 mm x espesor 1 mm) como el sustrato, y la temperatura de sustrato se estableció a 600°C o temperatura ambiente (24°C). La atmósfera durante la pulverización fue una atmósfera de Ar (tasa de flujo = 20 sccm, presión = 0,4 Pa). Se usaron metal Mo y β -FeSi₂ respectivamente para el objetivo. Se generó un plasma a una potencia de pulverización de 50 W usando una fuente de energía de corriente continua (DC). El tiempo de formación de la película fue de 30 minutos en ambos casos.

El espesor de la película obtenida fue aproximadamente de 160 nm para la película de Mo y de aproximadamente 90 nm para la película de FeSi₂.

(Evaluaciones)

45 Se evaluaron los espectros de transmitancia, reflectancia, y absorbancia de las películas de Mo y de las películas de FeSi₂ formadas a las temperaturas de sustrato de 600°C y temperatura ambiente (24°C). Los resultados de la evaluación para las películas de Mo se muestran en las FIG. 2A y 2B y los resultados de la evaluación para las películas de β -FeSi₂ se muestran en las FIG. 3A y 3B.

Las gráficas para la absorbancia en las FIG. 2B y la FIG. 3B se determinaron en base a la siguiente relación de las gráficas para la transmitancia y la reflectancia en la FIG. 2A y la FIG. 3A.

50 $(\text{absorbancia } (\%) = 100\% - (\text{transmitancia } (\%)) - \text{reflectancia } (\%))$

Como resulta claro de las FIG. 2A y 2B y las FIG. 3A y 3B, no había presentes grandes diferencias entre la película

de Mo y la película de FeSi₂ en cuanto a la transmitancia, reflectancia, y absorbancia cuando la formación de la películas se llevaba a cabo a temperatura ambiente.

5 En contraste a esto, como resulta claro de las FIG. 2A y 2B y de las FIG. 3A y 3B, cuando la formación de la película se lleva a cabo a 600°C aparecen grandes diferencias en cuanto a la transmitancia, reflectancia, y absorbancia entre la película de Mo y la película de FeSi₂.

10 Específicamente, en el espectro de la absorbancia para la película de FeSi₂ formada a 600°C, se muestra una gran absorbancia en longitudes de onda cercanas a la longitud de onda de la luz visible mientras que la absorbancia disminuye abruptamente en la longitud de onda cercana a los 1200 nm y se muestra una absorbancia bastante baja en la región del infrarrojo cercano. Esto es, se muestra que la película de FeSi₂ formada a 600°C absorbe de manera eficiente la luz visible a longitudes de onda de varios cientos de nm y la convierte en calor y muestra una baja radiación térmica debido a la emisión térmica a temperatura de varios cientos de °C.

15 Los resultados del análisis por difracción de rayos X (método de película delgada ($\theta = 1,5^\circ$)) de las películas de FeSi₂ formadas a 600°C y a temperatura ambiente se muestran en la FIG. 4. Como se puede entender a partir de esta FIG. 4, la película de FeSi₂ formada a 600°C es una película de fase β -FeSi₂ y la película FeSi₂ formada a temperatura ambiente (24°C) es una película de FeSi₂ amorfo.

Por consiguiente, estos resultados demuestran que la película de β -FeSi₂ – y la película de FeSi₂ no amorfa - tienen propiedades preferidas en términos de conversión solar térmica y que la película β -FeSi₂ es obtenida mediante pulverización a temperaturas elevadas.

Ejemplo 2

20 Investigación de las propiedades ópticas de las pilas que contiene una capa de β -FeSi₂

El espectro de reflectancia de las pilas 1-1 a 1-4 indicado a continuación fue determinado mediante el cálculo basado en las constantes ópticas de las capas individuales.

Tabla 1

	(capa exterior)		(capa del lado del sustrato)		
pila 1-1 (ejemplo comparativo)	Al ₂ O ₃ (50nm)	Mo (6 nm)	Al ₂ O ₃ (50 nm)	Mo (100 nm)	
pila 1-2 (ejemplo comparativo)	SiO ₂ (50 nm)	Mo (6 nm)	SiO ₂ (50 nm)	Mo (100 nm)	
pila 1-3 (invención)	SiO ₂ (50 nm)	β -FeSi ₂ (6 nm)	SiO ₂ (50 nm)	Mo (100 nm)	
pila 1-4 (invención)	SiO ₂ (50 nm)	β -FeSi ₂ (6 nm)	SiO ₂ (50 nm)	β -FeSi ₂ (27 nm)	Mo (100 nm)

25 El espectro de reflectancia calculado para las pilas 1-1 a 1-3 se muestra en la FIG. 5A. El espectro de reflectancia calculado para las pilas 1-3 y 1-4 se muestra en la FIG. 5B.

30 Como se puede entender a partir de la FIG. 5A, en comparación con las pilas 1-1 y 1-2 (ejemplos comparativos), que usan una capa de Mo para la capa de absorción de luz, la pila 1-3 (esta realización), que usa una capa de β -FeSi₂ como capa de absorción de luz, tiene una reflectancia menor en la región desde el infrarrojo cercano a la luz visible con longitudes de onda de varios cientos de nm y sufre un aumento abrupto en la reflectancia alrededor de los 1100 nm para alcanzar una mayor reflectancia en la región infrarroja a longitudes de onda de varios miles de nm.

Aquí, para un material opaco, esto es, un material con una transmitancia del 0%, ya que la absorbancia y la reflectancia tienen la relación indicada anteriormente, en las FIG. 5A y 5B una alta reflectancia implica una baja absorbancia y una baja reflectancia implica una alta absorbancia.

35
$$\text{absorbancia (\%)} = 100\% - (\text{reflectancia (\%)})$$

Por consiguiente, como se puede entender a partir de la FIG. 5A, en comparación con las pilas 1-1 y 1-2 (ejemplos

comparativos), que usan una capa de Mo para la capa de absorción de luz, la capa 1-3 (esta realización), que usa una capa de β -FeSi₂ como capa de absorción de luz, tiene una mayor absorbancia en la región desde el infrarrojo cercano a la luz visible con longitudes de onda de varios cientos de nm y sufre una disminución abrupta en la absorbancia alrededor de los 1100 nm para alcanzar una menor absorbancia en la región infrarroja a longitudes de onda de varios miles de nm. Por tanto, las FIG. 5A y 5B demuestran que la pila 1-3 (esta realización), que usa una

capa de β -FeSi₂ como capa de absorción de luz, absorbe de manera eficiente la luz visible y la convierte en calor y muestra una baja radiación térmica debido a la emisión térmica a temperaturas de varios cientos de °C. La FIG. 5B muestra un espectro de reflectancia para la pila 1-3 (esta realización), que usa una capa de β -FeSi₂ como capa de absorción de luz, y la pila 1-4 (esta realización), que usa dos capas de β -FeSi₂ como capa de absorción de luz. La FIG. 5B demuestra que la longitud de onda de la disminución abrupta en la absorbancia se puede desplazar desde la longitud de onda cercana a los 1100 nm a la longitud de onda cercana a los 1500 nm mediante el uso de dos capas de β -FeSi₂ como capas de absorción de luz. Este desplazamiento de la longitud de onda de la disminución abrupta en la absorbancia a la longitud de onda cercana a los 1500 nm puede proporcionar una mayor absorbancia en la región del infrarrojo cercano y puede de este modo aumentar más la absorbancia para la luz del sol.

Ejemplo 3

Problema con las estructuras en las que la película de β -FeSi₂ se apila directamente en una película de Mo

Procediendo como se indica anteriormente, se obtuvo una pila en la que una película de Mo se apiló directamente sobre el sustrato y una película de β -FeSi₂ se apiló directamente sobre esta película de Mo. Por tanto, se obtuvo una pila que tiene la estructura mostrada en la FIG. 6.

(Producción de la pila)

Se usó cristal de cuarzo (longitud 30 mm x anchura 20 mm x espesor de 1mm) como el sustrato, y se estableció la temperatura de sustrato a 600°C. La atmósfera durante la pulverización fue una atmósfera de Ar (tasa de flujo = 20 sccm, presión = 0,4 Pa).

Se generó un plasma para un objetivo de Mo a una potencia de pulverización de 50 W usando una fuente de energía de DC. El tiempo de formación de la película fue de 19 minutos, que proporcionó un espesor de la película de Mo de aproximadamente 100 nm.

Después de esto, se generó un plasma para un objetivo de β -FeSi₂ a una potencia de pulverización de 50 W usando una fuente de energía de DC. El tiempo de formación de la película fue de 10 minutos, que proporcionó un espesor de aproximadamente 30 nm para la película de β -FeSi₂ sobre la película de Mo.

(Evaluaciones)

Se midió el espectro de reflectancia en la pila obtenida como se describió anteriormente, esto es, teniendo la pila la estructura mostrada en la FIG. 6A, y se muestra como "valor medido" en la FIG. 6B.

Junto con el valor medido de este espectro de reflectancia, la FIG. 6B también proporciona los valores calculados para el espectro de reflectancia para una pila en el caso en el que no ocurran reacciones entre la película de β -FeSi₂ y la película de Mo (β -FeSi₂ : 30 nm, Mo : 100 nm) y para una pila en el caso en el que una película de Mo₃Si es producida mediante una reacción parcial entre la película de β -FeSi₂ y la película de Mo (β -FeSi₂ : 15 nm, Mo₃Si : 40 nm, y Mo : 80 nm).

Como es demostrado por la FIG. 6B el valor medido del espectro de reflectancia está más cercano al espectro de reflectancia calculado para la pila en el caso en que una película de Mo₃Si es producida mediante una reacción parcial entre la película de β -FeSi₂ y la película de Mo (β -FeSi₂ : 15 nm, Mo₃Si : 40 nm, y Mo : 80 nm), que el espectro de reflectancia calculado para la pila para el caso en el que no ocurran reacciones entre la película de β -FeSi₂ y la película de Mo (β -FeSi₂ : 30 nm, Mo : 100 nm). Esto es, la FIG. 6B demuestra que una película de Mo₃Si es producida mediante una reacción parcial entre la película de β -FeSi₂ y la película de Mo cuando se apila directamente una película de β -FeSi₂ sobre una película de Mo.

Por consiguiente, estos resultados demuestran que se proporciona de manera preferible una película de barrera que inhibe la reacción entre la película de Mo y la película de β -FeSi₂, por ejemplo, una película inorgánica tal como una película de SiO₂, entre la película de Mo y la película de β -FeSi₂.

Ejemplo 4

Investigación de las propiedades ópticas de una pila que tiene una película de Mo y una película de β -FeSi₂

Se produjo una pila que tiene la estructura mostrada en la FIG. 7A mediante pulverización y se evaluó el espectro de reflectancia de esta película. Específicamente, se produjo y evaluó una pila que tiene una película de Mo y una película de β -FeSi₂ como se describe a continuación.

(Preparación de la película de Mo y de la película de β -FeSi₂)

Se usó cristal de cuarzo (longitud 30 mm x anchura 20 mm x espesor de 1mm) como el sustrato, y se estableció la temperatura de sustrato a 600°C. La atmósfera durante la pulverización fue una atmósfera de Ar (tasa de flujo = 20 sccm, presión = 0,4 Pa).

- 5 Cuando se formó la película de Mo, se generó un plasma para un objetivo de Mo a una potencia de pulverización de 50 W usando una fuente de energía de DC. Cuando la película de SiO₂ se formó, se generó un plasma para un objetivo de SiO₂ a una potencia de pulverización de 200 W usando una fuente de energía de corriente de alta frecuencia (RF). Cuando se formó la película de β -FeSi₂, se generó un plasma para un objetivo de β -FeSi₂ a una potencia de pulverización de 50 W usando una fuente de energía de DC. El tiempo de formación de las películas se ajustó para obtener el espesor de capa individual mostrado en las FIG. 7A y 7B y en la Tabla 2.
- 10

Tabla 2

	(capa exterior)			(capa del lado del sustrato)		
pila 4	SiO ₂	FeSi ₂	SiO ₂	FeSi ₂	SiO ₂	Mo
(invención)	(75 nm)	(9 nm)	(60 nm)	(23 nm)	(10 nm)	(100 nm)

- 15 La estructura de la sección transversal de la pila obtenida se observó con un SEM, como resultado de lo cual se encontró que el espesor de la película de cada capa estaba cerca del valor previsto y que cada capa tenía una superficie plana.

(Evaluaciones)

Se evaluó el espectro de reflectancia de la pila obtenida. Los resultados de esta evaluación se muestran en las FIG. 8A y 8B junto con el espectro solar y el espectro de emisión térmica a 580°C.

- 20 Como se muestra en las FIG. 8A y 8B, esta pila tiene una baja reflectancia, de no más del 10% en la región desde la luz visible al infrarrojo cercano a longitudes de onda de 300 a 1400 nm. Además, la reflectancia de esta pila aumenta de manera abrupta en el lado de la mayor longitud de onda por encima de los 1400 nm y como consecuencia esta pila tiene una reflectancia de al menos el 90% a longitudes de onda de 3000 nm y por encima. Ya que la transmitancia de la pila es de aproximadamente cero en estos intervalos de longitudes de onda, la absorbancia está dada por la siguiente fórmula: (absorbancia (%)) = 100% - (reflectancia (%)).

- 25 Por consiguiente, las FIG. 8A y 8B demuestran que esta pila tiene una alta absorbancia en la región desde la luz visible al infrarrojo cercano y una baja absorbancia en la región de longitudes de onda largas que corresponden con la emisión térmica a temperaturas de varios cientos de °C (por ejemplo, 580°C). Una baja absorbancia en la región de longitudes de onda largas correspondientes a la emisión térmica a temperaturas de varios cientos de °C significa que la emitancia a estas temperaturas es baja. Esto es, las FIG. 8A y 8B demuestran que esta pila absorbe de manera eficiente la luz visible a longitudes de onda de varios cientos de nm y la convierte en calor y muestra una baja radiación térmica debida a la emisión térmica a temperatura de varios cientos de °C.
- 30

- 35 Se obtuvo un valor del 89,6 % cuando la absorbancia α que indica el rendimiento de la absorción de la luz del sol fue determinada a partir del espectro de reflectancia en las FIG. 8A y 8B, mientras que se obtuvo un valor del 6,62% cuando la emitancia ϵ (580°C) que indica la pérdida de rendimiento como calor emitido se determinó a partir del espectro de reflectancia en las FIG. 8A y 8B. La eficiencia de conversión foto térmica η a 580 °C calculada a partir de esta α y ϵ fue del 80,0%.

La absorbancia α que indica el rendimiento de la absorción para la luz del sol, la emitancia ϵ (580°C) que indica la pérdida de rendimiento como calor emitido, y la eficiencia de conversión foto térmica η referenciada en conexión con esta realización se describen a continuación.

- 40 (La absorbancia α indica el rendimiento de la absorción para la luz del sol)

La absorbancia α se refiere a la absorbancia solar definida en JIS R 3106 y fue determinada usando la siguiente ecuación como un peso promedio en el que la absorbancia $\alpha(\lambda)$ espectral es multiplicada por un factor de peso $E\lambda \cdot \lambda\Delta$ que está basada en la distribución espectral solar.

$$\alpha = \frac{\sum_{\lambda} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda \cdot \alpha(\lambda)}{\sum_{\lambda} E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda}$$

$\alpha(\lambda)$: absorbanza espectral E

λ : distribución espectral estándar $E_{\lambda} \cdot \lambda$ del valor relativo de la radiación solar directa

Δ : factor de peso (JIS R 3106)

- 5 (La emitancia ϵ (580°C) indica la pérdida de rendimiento como calor emitido)

La emitancia ϵ (580°C) se calculó usando la siguiente ecuación como un promedio pesado en el que la absorbanza espectral $\alpha(\lambda)$ es multiplicada por el espectro de emisión $B_{580^{\circ}\text{C}}(\lambda)$ a 580°C en base a la ecuación de Planck.

$$\epsilon = \frac{\int_0^{\infty} \alpha(\lambda) B_{580^{\circ}\text{C}}(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} B_{580^{\circ}\text{C}}(\lambda) d\lambda}$$

$$B_{580^{\circ}\text{C}}(\lambda) = \frac{2 \pi c^2 h}{\lambda^5 \left[\exp\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right) - 1 \right]}$$

$\alpha(\lambda)$: absorbanza espectral

- 10 c : velocidad de la luz

h : constante de Planck

k : constante de Boltzmann

T : temperatura absoluta (580°C = 853 K)

(La eficiencia de conversión foto térmica η)

- 15 La eficiencia de conversión foto térmica η fue determinada usando la siguiente ecuación, que se define en el documento anterior de Kennedy, y la absorbanza α y la emitancia ϵ como se describió anteriormente.

$$\eta = \alpha - \epsilon \frac{\sigma T^4}{CI}$$

σ : constante de Stefan-Boltzmann

T : temperatura absoluta

- 20 C : grado de concentración de luz

I : Intensidad solar (AM1.5)

Ejemplo 5

Evaluación de las propiedades ópticas de una película compuesta de $\beta\text{-FeSi}_2\text{-SiO}_2$

- 25 Las siguientes películas fueron formadas mediante pulverización y se evaluó su espectro de transmitancia, reflectancia, y absorbanza: una película compuesta de $\beta\text{-FeSi}_2\text{-SiO}_2$ en la que el $\beta\text{-FeSi}_2$ se dispersó en una matriz de SiO_2 (una película cersemi (cerámica + semiconductor = cersemi)) y una película compuesta de Mo-SiO_2 en la que el Mo se dispersó en una matriz de SiO_2 (una película cermet (cerámica + metal = cermet)). Estas películas compuestas se produjeron y evaluaron de manera específica como se describe a continuación.

(Formación y evaluación de la película compuesta de $\beta\text{-FeSi}_2\text{-SiO}_2$)

- 30 Se usó cristal de cuarzo (longitud 30 mm x anchura 20 mm x espesor de 1mm) como el sustrato, y se estableció la

temperatura de sustrato a 600°C. La atmósfera durante la pulverización fue una atmósfera de Ar (tasa de flujo = 20 sccm, presión = 0,4 Pa).

5 Se usaron un objetivo de β -FeSi₂ y un objetivo de SiO₂ para los objetivos. Se generó un plasma para el objetivo de β -FeSi₂ a una potencia de pulverización de 50 W usando una fuente de energía de DC. Se generó un plasma para el objetivo de SiO₂ a una potencia de pulverización de 100 W usando una fuente de energía de RF.

El tiempo de formación de la película se estableció a 20 minutos, proporcionando de este modo un espesor de aproximadamente 100 nm para la película compuesta de β -FeSi₂-SiO₂.

10 Según los resultados de la espectroscopia de fotoelectrones emitidos por rayos X (XPS), la proporción de β -FeSi₂ en la película compuesta de β -FeSi₂-SiO₂ fue de un 61 vol%. Además, las nano partículas de β -FeSi₂ en la película compuesta de β -FeSi₂-SiO₂ no reaccionaron con el silicio de la matriz de SiO₂, ni sufrieron oxidación, y se mantuvo así el estado del β -FeSi₂.

Los espectros de transmitancia y reflectancia para la película compuesta de β -FeSi₂-SiO₂ se muestran en la FIG. 9A. El espectro de absorbancia para esta película compuesta se muestra en la FIG. 10. El espectro de absorbancia en la FIG. 10 se determina en base a la siguiente relación de los espectros de transmitancia y reflectancia en la FIG. 9A:

$$15 \quad \text{Absorbancia (\%)} = 100\% - (\text{transmitancia (\%)} - \text{reflectancia (\%)}).$$

(Formación y evaluación de la película compuesta de Mo-SiO₂)

Se usó cristal de cuarzo (longitud 30 mm x anchura 20 mm x espesor de 1 mm) como el sustrato, y se estableció la temperatura de sustrato a 600°C. La atmósfera durante la pulverización fue una atmósfera de Ar (tasa de flujo = 20 sccm, presión = 0,4 Pa).

20 Se usaron un objetivo de Mo y un objetivo SiO₂ para los objetivos. Se generó un plasma para el objetivo de Mo a una potencia de pulverización de 20 W usando una fuente de energía de DC. Se generó un plasma para el objetivo SiO₂ a una potencia de pulverización de 200 W usando una fuente de energía de RF.

El tiempo de formación de la película se estableció a 18 minutos, proporcionando de este modo un espesor de aproximadamente 80 nm para la película compuesta de Mo-SiO₂.

25 Según los resultados de la XPS, la proporción de Mo en la película compuesta de Mo-SiO₂ fue del 54 vol%. Además, las nano partículas de Mo en la película compuesta de Mo-SiO₂ reaccionaron con el silicio de la matriz de SiO₂ durante el proceso de formación de la película, lo que resultó en un proceso de formación de silicio parcial.

30 Los espectros de transmitancia y reflectancia para la película compuesta de Mo-SiO₂ se muestran en la FIG. 9B. El espectro de absorbancia para esta película compuesta se muestra en la FIG. 10. El espectro de absorbancia en la FIG. 10 se determina en base a la siguiente relación de los espectros de transmitancia y reflectancia en la FIG. 9B:

$$\text{Absorbancia (\%)} = 100\% - (\text{transmitancia (\%)} - \text{reflectancia (\%)}).$$

(Análisis de los resultados de las evaluaciones)

35 Se debe entender a partir de los espectros de absorbancia mostrados en la FIG. 10 que, en comparación con la película compuesta de Mo-SiO₂, la película compuesta de β -FeSi₂-SiO₂ tiene una mayor absorbancia en las longitudes de onda cercanas a la longitud de onda de la luz visible y sufre un cambio más abrupto en la absorbancia en la región del infrarrojo cercano. Además, la película compuesta de β -FeSi₂-SiO₂ muestra tener una menor absorbancia en la región de las longitudes de onda largas que la película compuesta de Mo-SiO₂, a pesar del espesor de película algo más grande del anterior. Esto significa que, en relación a la película compuesta de Mo-SiO₂, la película compuesta de β -FeSi₂-SiO₂ absorbe la luz visible y la convierte en calor de manera más eficiente y muestra menos radiación térmica debido a la emisión térmica a temperaturas de varios cientos de °C.

40 La proporción de β -FeSi₂ en la película compuesta de β -FeSi₂-SiO₂ se puede ajustar usando la energía suministrada al objetivo de β -FeSi₂ y al objetivo SiO₂. Por ejemplo, suministrando una potencia de RF de 200 W al objetivo SiO₂ mientras se usan 10 W, 30 W, o 50 W para la energía de DC suministrada al objetivo de β -FeSi₂, la proporción de β -FeSi₂ en la película compuesta de β -FeSi₂-SiO₂ se podría ajustar a un 8 vol%, 31 vol%, y 46 vol%.

45 Ejemplo 6

Investigación de las propiedades ópticas de una pila que tiene una película compuesta de β -FeSi₂-SiO₂

(1) La pila mostrada en las FIG. 11A y 11B fue preparada mediante la formación por pulverización y se evaluó el espectro de absorbancia de esta película. La pila fue preparada y evaluada de manera específica como se describe a continuación.

50

(Formación de la pila)

Se usó cristal de cuarzo (longitud 30 mm x anchura 20 mm x espesor de 1 mm) como el sustrato, y se estableció la temperatura de sustrato a 600°C. La atmósfera durante la pulverización fue una atmósfera de Ar (tasa de flujo = 20 sccm, presión = 0,4 Pa).

- 5 Cuando se formó la película de Mo, se generó un plasma para un objetivo de Mo a una potencia de pulverización de 50 W usando una fuente de energía de DC. El tiempo de formación de la película se estableció en 20 minutos, proporcionando de este modo un espesor de aproximadamente 100 nm para la película de Mo.

- 10 Se usaron un objetivo de $\beta\text{-FeSi}_2$ y un objetivo de SiO_2 para la película compuesta de $\beta\text{-FeSi}_2\text{-SiO}_2$ ($\beta\text{-FeSi}_2$: 61 vol%) en el lado del sustrato. Se generó un plasma para el objetivo $\beta\text{-FeSi}_2$ a una potencia de pulverización de 50 W usando una fuente de energía de DC. Se generó un plasma para el objetivo SiO_2 a una potencia de pulverización de 100 W usando una fuente de energía de RF. El tiempo de formación de la película se estableció en 11 minutos, proporcionando de este modo un espesor de aproximadamente 50 nm para la película compuesta de $\beta\text{-FeSi}_2\text{-SiO}_2$.

La proporción de $\beta\text{-FeSi}_2$ en la película compuesta de $\beta\text{-FeSi}_2\text{-SiO}_2$ fue de un 61 vol%.

- 15 Se usaron un objetivo de $\beta\text{-FeSi}_2$ y un objetivo de SiO_2 para la película compuesta de $\beta\text{-FeSi}_2\text{-SiO}_2$ ($\beta\text{-FeSi}_2$: 8 vol%) en el lado exterior. Se generó un plasma para el objetivo $\beta\text{-FeSi}_2$ a una potencia de pulverización de 10 W usando una fuente de energía de DC. Se generó un plasma para el objetivo SiO_2 a una potencia de pulverización de 200 W usando una fuente de energía de RF. El tiempo de formación de la película se estableció en 19 minutos, proporcionando de este modo un espesor de aproximadamente 45 nm para la película compuesta de $\beta\text{-FeSi}_2\text{-SiO}_2$.

La proporción de $\beta\text{-FeSi}_2$ en la película compuesta de $\beta\text{-FeSi}_2\text{-SiO}_2$ fue de un 8 vol%.

- 20 Se usó un objetivo de SiO_2 para formar la película más superficial de SiO_2 . Se generó un plasma para el objetivo de SiO_2 a una potencia de pulverización de 200 W usando una fuente de energía de RF. El tiempo de formación de la película se estableció en 55 minutos, proporcionando de este modo un espesor de aproximadamente 45 nm para la película compuesta de SiO_2 .

- 25 La estructura de la sección transversal de la pila obtenida se examinó con un EM, como resultado de lo cual se encontró, como se muestra en la FIG. 11B, que el espesor de la película de las capas individuales estaba cerca de los valores previstos y que cada capa tenía una superficie plana.

(Evaluación)

Se evaluó el espectro de reflectancia de la pila obtenida. Los resultados de esta evaluación se muestran en las FIG. 12A y 12B.

- 30 Como se muestra en la FIG. 12B, esta pila tiene una baja reflectancia, de no más de aproximadamente el 10% en la región desde la luz visible al infrarrojo cercano a longitudes de onda de hasta 1300 nm. Además, esta pila presenta un aumento abrupto en la reflectancia a longitudes de onda mayores que esta y tiene una reflectancia de al menos el 90% a longitudes de onda de 3000 nm y por encima.

- 35 Según el espectro de reflectancia mostrado en la FIG. 12B, la absorbancia α que indica el rendimiento de la absorción para la luz del sol era del 91,5%, la emitancia ϵ (580°C) que indica la pérdida de rendimiento por calor emitido era del 7,26%, y la eficiencia de conversión foto térmica η a 580°C era del 80,6%. Esta eficiencia de conversión foto térmica η era mayor que el valor para la pila en el Ejemplo 4.

Ejemplo 7

Investigación de las propiedades ópticas de una pila que tiene una película compuesta de $\beta\text{-FeSi}_2\text{-SiO}_2$

- 40 (2) La pila mostrada en las FIG 13A y 13B fue preparada mediante formación de película por pulverización y se evaluó el espectro de absorbancia de luz de esta película. La pila se preparó y se evaluó específicamente como se describe a continuación.

(Formación de la pila)

- 45 Se usó cristal de cuarzo (longitud 30 mm x anchura 20 mm x espesor de 1 mm) como el sustrato, y se estableció la temperatura de sustrato a 600°C. La atmósfera durante la pulverización fue una atmósfera de Ar (tasa de flujo = 20 sccm, presión = 0,4 Pa).

Cuando se formó la película de Mo, se generó un plasma para un objetivo de Mo a una potencia de pulverización de 50 W usando una fuente de energía de DC. El tiempo de formación de la película se estableció en 20 minutos, proporcionando de este modo un espesor de aproximadamente 100 nm para la película de Mo.

- 50 Se usaron un objetivo de $\beta\text{-FeSi}_2$ y un objetivo de SiO_2 para la película compuesta de $\beta\text{-FeSi}_2\text{-SiO}_2$ ($\beta\text{-FeSi}_2$: 54

vol%) en el lado del sustrato. Se generó un plasma para el objetivo β -FeSi₂ a una potencia de pulverización de 50 W usando una fuente de energía de DC. Se generó un plasma para el objetivo SiO₂ a una potencia de pulverización de 90 W usando una fuente de energía de RF. El tiempo de formación de la película se estableció en 12 minutos, proporcionando de este modo un espesor de aproximadamente 55 nm para la película compuesta de β -FeSi₂-SiO₂.

5 La proporción de β -FeSi₂ en la película compuesta de β -FeSi₂-SiO₂ fue de un 54 vol%.

Se usaron un objetivo de β -FeSi₂ y un objetivo de SiO₂ para la película compuesta de β -FeSi₂-SiO₂ (β -FeSi₂ : 10 vol%) en el lado exterior. Se generó un plasma para el objetivo de β -FeSi₂ a una potencia de pulverización de 10 W usando una fuente de energía de DC. Se generó un plasma para el objetivo SiO₂ a una potencia de pulverización de 200 W usando una fuente de energía de RF. El tiempo de formación de la película se estableció en 21 minutos, proporcionando de este modo un espesor de aproximadamente 55 nm para la película compuesta de β -FeSi₂-SiO₂.

10

La proporción de β -FeSi₂ en la película compuesta de β -FeSi₂-SiO₂ fue de un 10 vol%.

Se usó un objetivo de SiO₂ para formar la película más superficial de SiO₂. Se generó un plasma para el objetivo de SiO₂ a una potencia de pulverización de 200 W usando una fuente de energía de RF. El tiempo de formación de la película se estableció en 15 minutos, proporcionando de este modo un espesor de aproximadamente 12 nm para la película compuesta de SiO₂.

15

El espesor del objetivo de SiO₂ en este ejemplo fue diferente del Ejemplo 6, lo que resultó en una mayor tasa de formación de la película de SiO₂ en este ejemplo.

La pila obtenida fue sometida a un tratamiento de calor durante 1 hora a 750°C al vacío (presión no superior de 5 Pa).

20

La estructura de la sección transversal de la pila obtenida antes y después del tratamiento de calor se examinó con un SEM, como resultado de lo cual, se confirmó, como se muestra en la FIG. 13B, que cada capa tenía una superficie plana. Sin embargo, el espesor de tanto el lado del sustrato como el lado exterior de las películas compuestas de β -FeSi₂-SiO₂ se redujo desde aproximadamente 55 nm hasta aproximadamente 50 nm por el tratamiento de calor. Además, las partículas de β -FeSi₂ en la película compuesta de β -FeSi₂-SiO₂ experimentaron un crecimiento cristalino y como resultado aumentó el tamaño de las partículas. La reducción en el espesor de la película compuesta de β -FeSi₂-SiO₂ está pensado para ser asociado con el crecimiento cristalino de las partículas de β -FeSi₂. El espesor de la película más superficial de SiO₂ experimentó un ligero aumento.

25

(Evaluación)

Se evaluó el espectro de reflectancia de la pila antes y después del tratamiento de calor. Los resultados de esta evaluación se muestran en las FIG. 14A y 14B.

30

Como se muestra en la FIG. 14B, el aumento en la reflectancia a una longitud de onda de aproximadamente 1300 nm con esta pila se hizo incluso más abrupto por el tratamiento de calor.

Según el espectro de reflectancia mostrado en la FIG. 14B, la absorbancia α que indica el rendimiento de la absorción para la luz del sol era del 90,6% antes del tratamiento de calor y 91,2% después del tratamiento de calor. La emitancia ϵ (580°C) que indica la pérdida de rendimiento por calor emitido era del 7,38% antes del tratamiento de calor y del 6,46% después del tratamiento de calor. La eficiencia de conversión foto térmica η era del 79,7% antes del tratamiento de calor y del 81,7% después del tratamiento de calor. La eficiencia de conversión foto térmica η fue por tanto mejorada mediante el tratamiento de calor.

35

Un diagrama esquemático de un dispositivo 1 de generación de energía solar térmica de tipo canal se muestra en la FIG. 15. Un colector 2 incluye una ventana 4 y una tubería 5 de recolección de calor. El primer medio térmico (sal fundida) en la tubería 5 de recolección de calor es calentado mediante la luz del sol recogida por el espejo. El primer medio térmico calentado se transfiere a un tanque 6 de almacenamiento de calor. Entonces, el primer medio térmico se transfiere a un intercambiador 7 de calor y se intercambia su calor con agua que es el segundo medio térmico. De este modo, el agua se convierte en vapor. El vapor es transferido a una turbina 8 y la electricidad es generada por un generador 9 de energía eléctrica. La electricidad generada se transfiere a una red eléctrica. Entonces, el vapor se convierte en agua mediante un condensador 10 y se transfiere al intercambiador 7 de calor. El primer medio térmico enfriado mediante el intercambiador 7 de calor se almacena en un tanque 11. Entonces, el primer medio térmico enfriado se transfiere a la tubería 5 de recolección de calor. Un dispositivo 12 de control controla de manera automática la dirección y el ángulo de los espejos 4 para concentrar la luz del sol de manera eficiente en la tubería 5 de recolección de calor. La FIG. 16 ilustra el diagrama esquemático de la tubería 5 de recolección de calor. La tubería 5 de recolección de calor incluye un canal 13 de flujo a través del cual fluye el primer medio térmico y un contenedor 14 que cubre el canal 13 de flujo. Al menos uno de entre el canal 13 de flujo y el contenedor 14 se recubre por la pila de conversión solar-térmica.

50

REIVINDICACIONES

1. Un miembro de conversión solar-térmica que comprende un material de fase β -FeSi₂, caracterizado por que las partículas hechas del material de fase β -FeSi₂ se dispersan en una matriz de un material inorgánico.
- 5 2. El miembro de conversión solar-térmica según la reivindicación 1, en donde la proporción del material de fase β -FeSi₂ en el miembro de conversión solar-térmica es al menos del 95 vol%.
3. El miembro de conversión solar-térmica según la reivindicación 1 o 2, en donde el miembro de conversión solar-térmica es una película.
4. El miembro de conversión solar-térmica según la reivindicación 3, en donde el espesor de la película es desde 1 nm hasta 10 μ m.
- 10 5. Una pila de conversión solar-térmica que comprende:
una primera capa que consiste de un miembro de conversión solar-que comprende un material de fase β -FeSi₂; caracterizado por comprender además
una segunda capa consistente de un material inorgánico, en donde la primera capa y la segunda capa se apilan, en donde la segunda capa incluye una primera capa cerámica consistente de un óxido, un nitruro, un carburo, un oxinitruro, un oxicarburo o un oxicarbonitruro.
- 15 6. La pila de conversión solar-térmica según la reivindicación 5, en donde la proporción del material de fase β -FeSi₂ en el miembro de conversión solar-térmica es al menos del 95 vol%.
7. La pila de conversión solar-térmica según la reivindicación 5 o 6, en donde la capa más exterior de la pila de conversión solar-térmica es la primera capa cerámica.
- 20 8. La pila de conversión solar-térmica según la reivindicación 5 o 6, comprendiendo además una capa de metal
en donde la capa de metal, la primera capa cerámica, y la primera capa se apilan en esta secuencia.
9. La pila de conversión solar-térmica según la reivindicación 5 o 6, comprendiendo además una capa de metal,
- 25 y una segunda capa cerámica,
en donde la capa de metal, la primera capa cerámica, la primera capa, y la segunda capa cerámica se apilan en esta secuencia, y la segunda capa cerámica consiste de un óxido, un nitruro, un carburo, un oxinitruro, un oxicarburo o un oxicarbonitruro.
- 30 10. La pila de conversión solar-térmica según la reivindicación 8 o 9, en donde la capa de metal se apila directamente sobre un sustrato o se apila sobre un sustrato con otra capa interpuesta entre ellas.
11. La pila de conversión solar-térmica según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en donde la capa de metal es una capa de molibdeno, y la primera capa cerámica y/o la segunda capa o capas cerámicas son capas de SiO₂.
12. Un dispositivo de conversión solar-térmica que comprende:
35 uno de entre una primera capa consistente de un miembro de conversión solar-térmica que comprende un material de fase β -FeSi₂ y la pila de conversión solar-térmica según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 11;
un colector (2);
un medio térmico; y
al menos uno de entre un controlador (14) y un canal (13) de flujo para el medio térmico,
- 40 en donde la primera capa o la pila de conversión solar-térmica se disponen sobre la superficie de al menos uno de entre el contenedor y el canal de flujo;
el medio térmico se mantiene dentro de al menos uno de entre el contenedor (14) y el canal (13) de flujo;

la luz se concentra en al menos uno de entre el contenedor (14) y el canal (13) de flujo; y

el medio térmico dentro de al menos uno de entre el contenedor (14) y el canal (13) de flujo es calentado mediante luz concentrada.

5 13. El dispositivo de conversión solar-térmica según la reivindicación 12, en donde el medio térmico es calentado hasta una temperatura de 300°C a 900°C.

14. El dispositivo de conversión solar-térmica según cualquiera de las reivindicaciones 12 o 13, en donde el dispositivo de conversión solar-térmica es de tipo reflector parabólico, de tipo torre solar, de tipo canal parabólico, de tipo Fresnel, o de tipo Fresnel lineal.

15. Un dispositivo de generación de energía solar térmica que comprende:

10 el dispositivo de conversión solar-térmica según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14; y

un generador (9) de energía eléctrica,

en donde el medio térmico en al menos uno de entre el contenedor (14) y el canal (13) de flujo es calentado mediante el dispositivo de conversión solar-térmica, y la energía eléctrica es generada por el generador (9) de energía eléctrica usando la energía térmica del medio térmico calentado.

15

FIG. 1

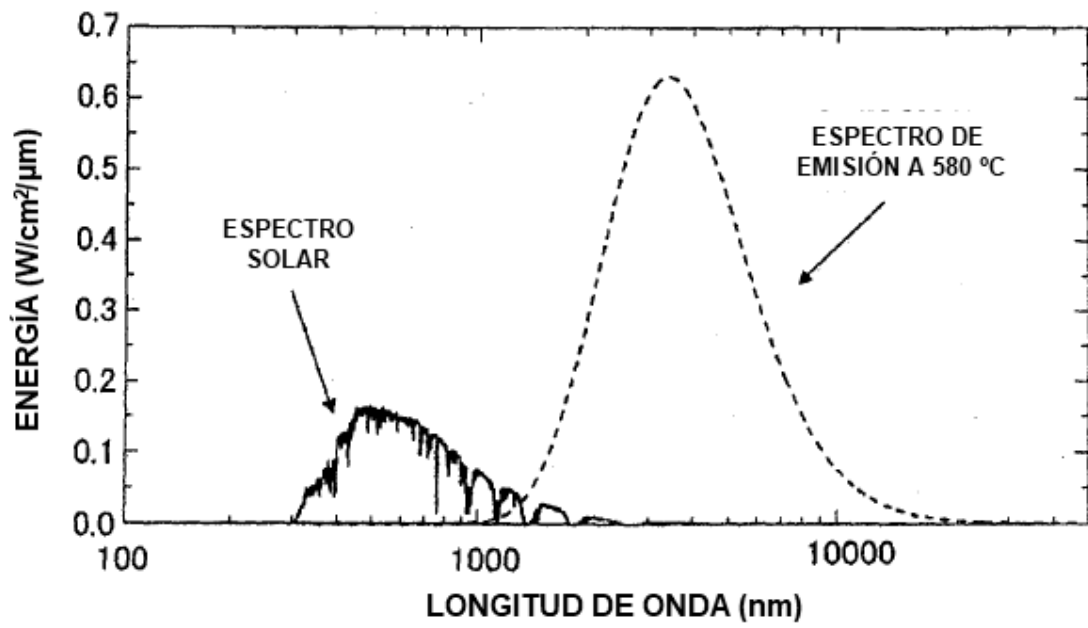


FIG. 2A

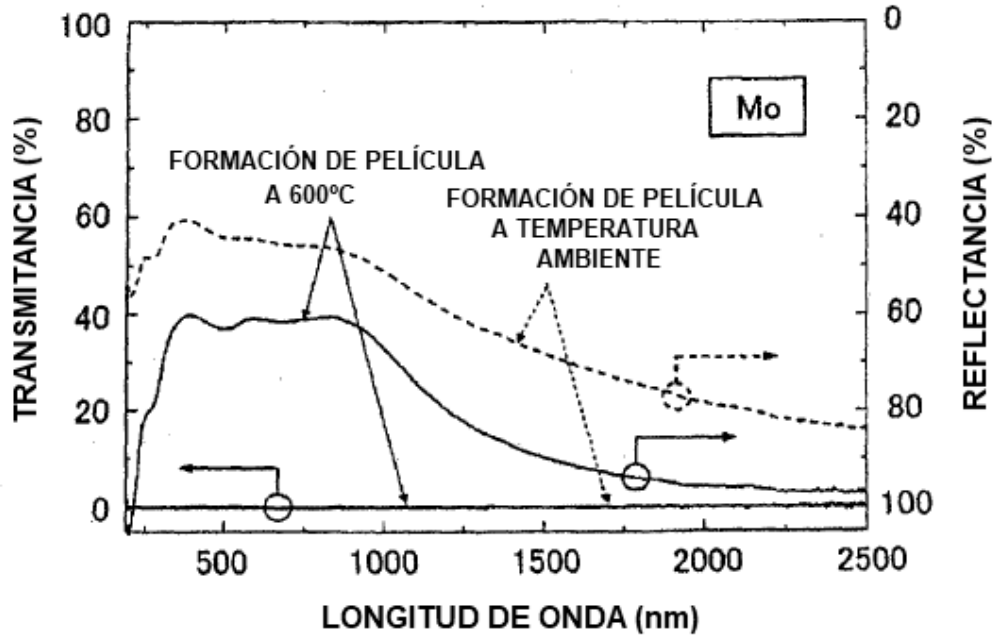


FIG. 2B

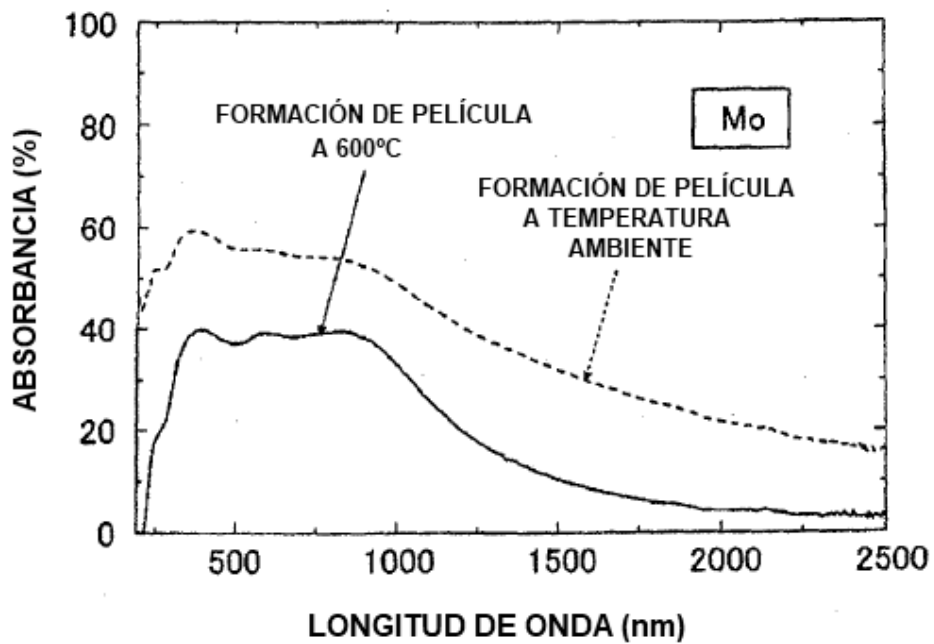


FIG. 3A

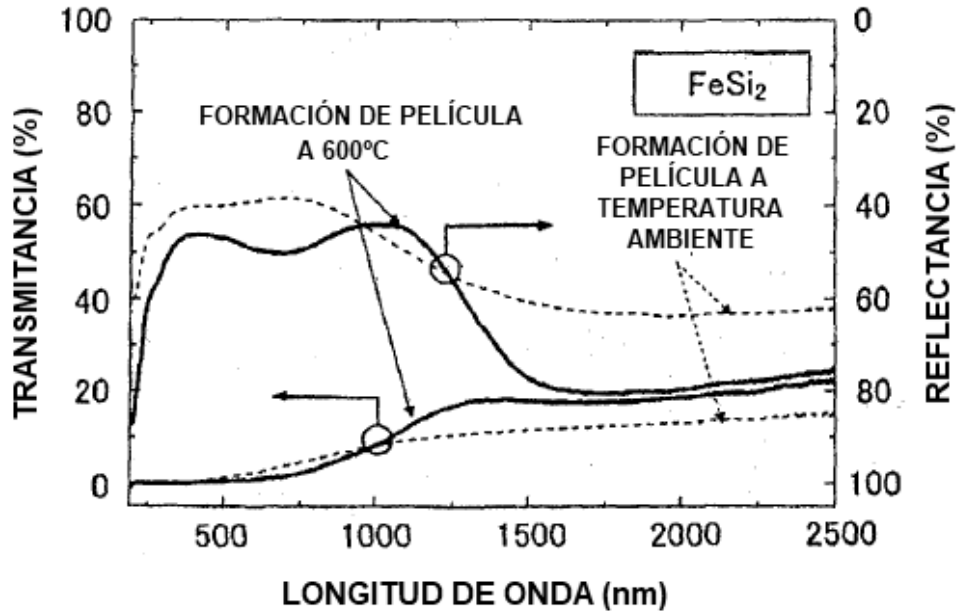


FIG. 3B

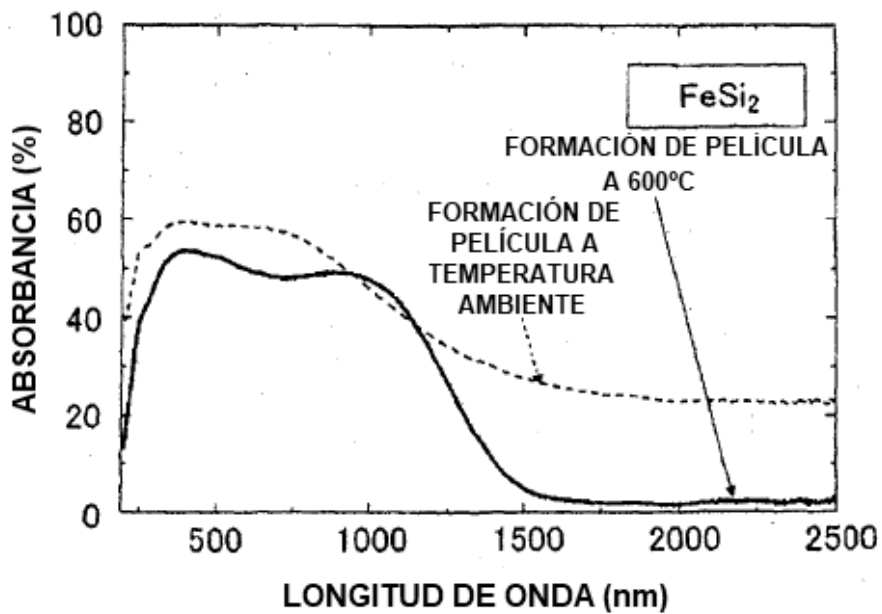


FIG. 4

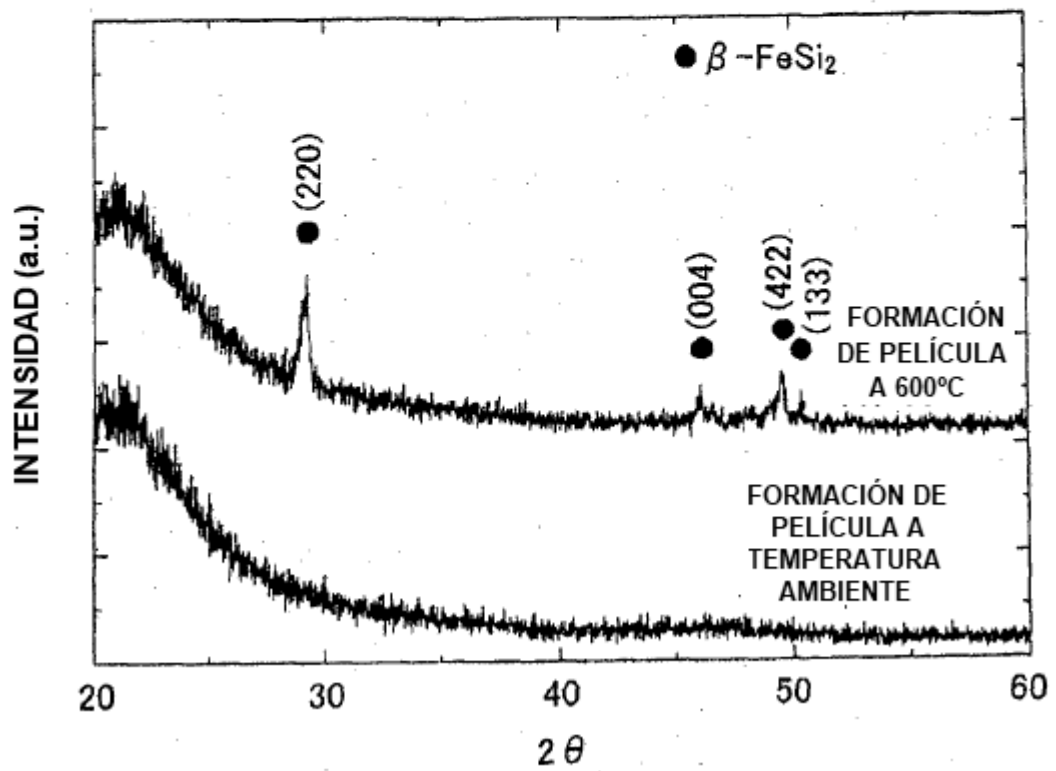


FIG. 5A

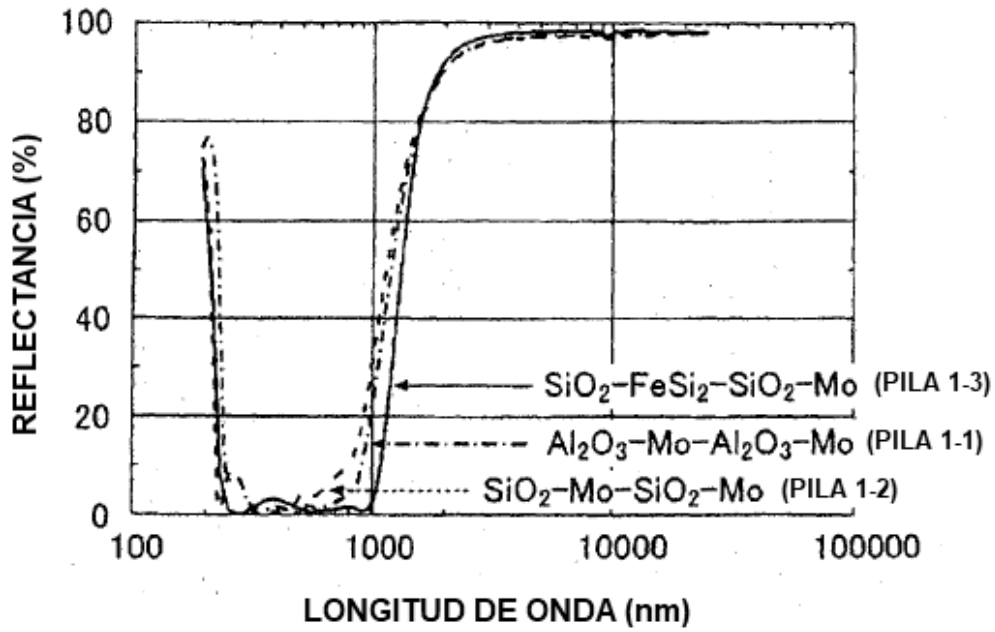


FIG. 5B

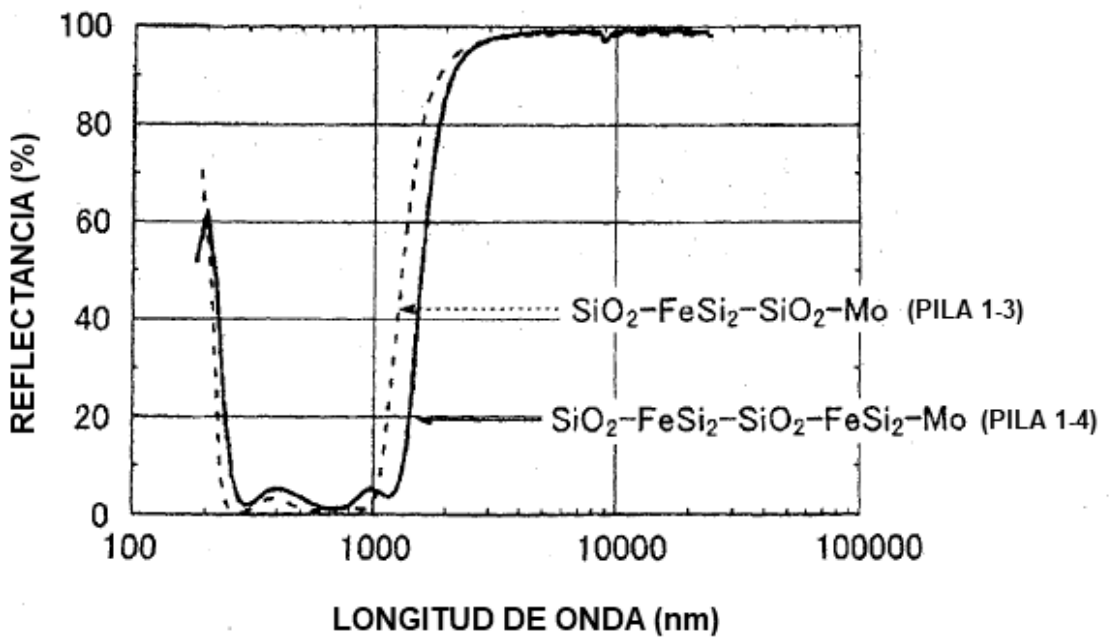


FIG. 6A

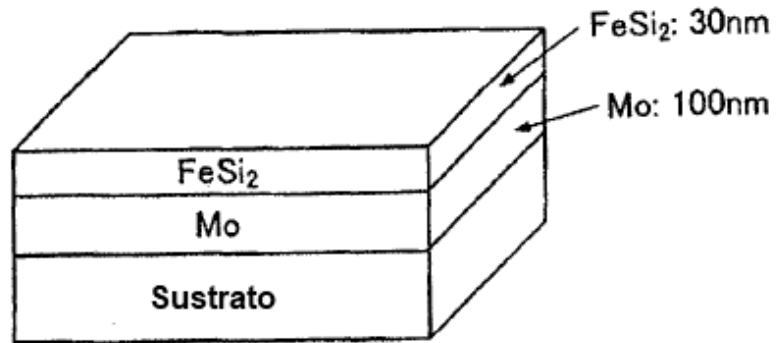


FIG. 6B

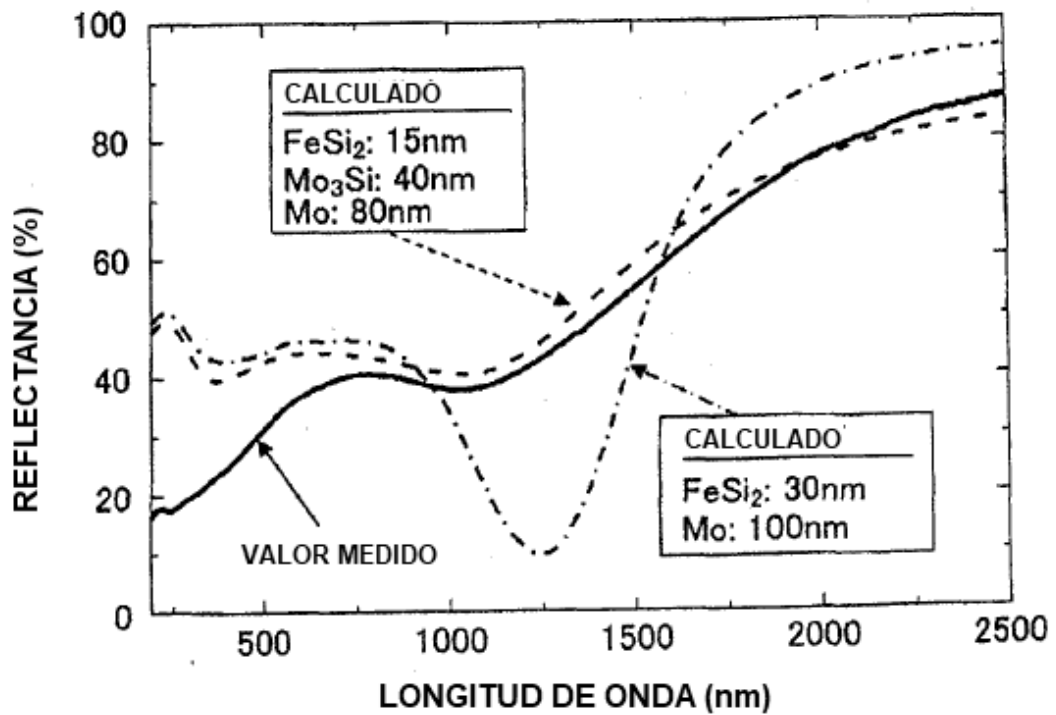


FIG. 7A

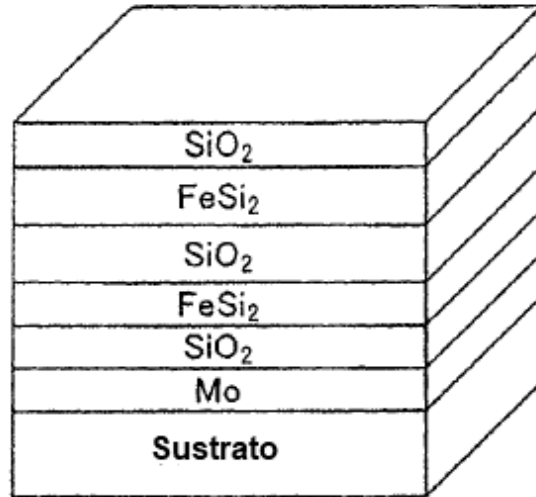


FIG. 7B

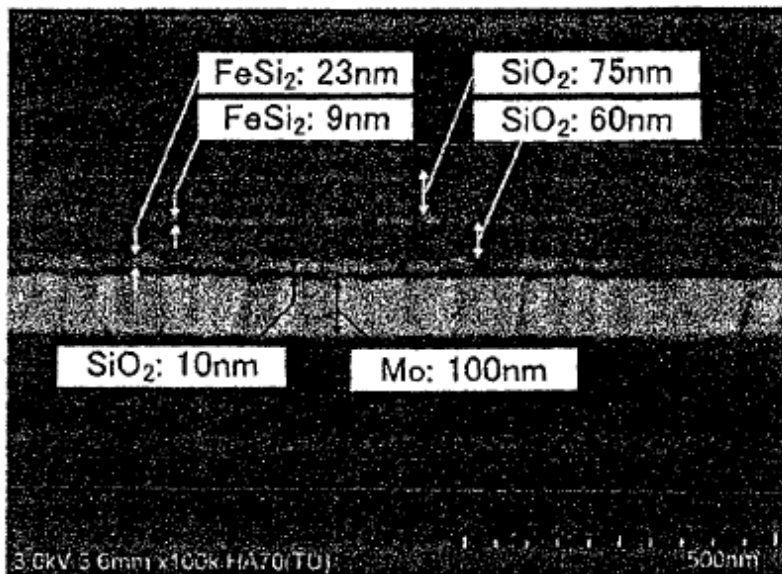


FIG. 8A

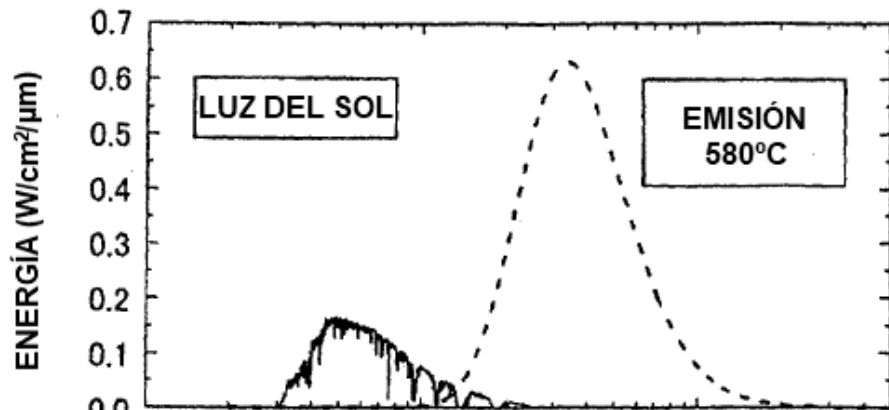


FIG. 8B

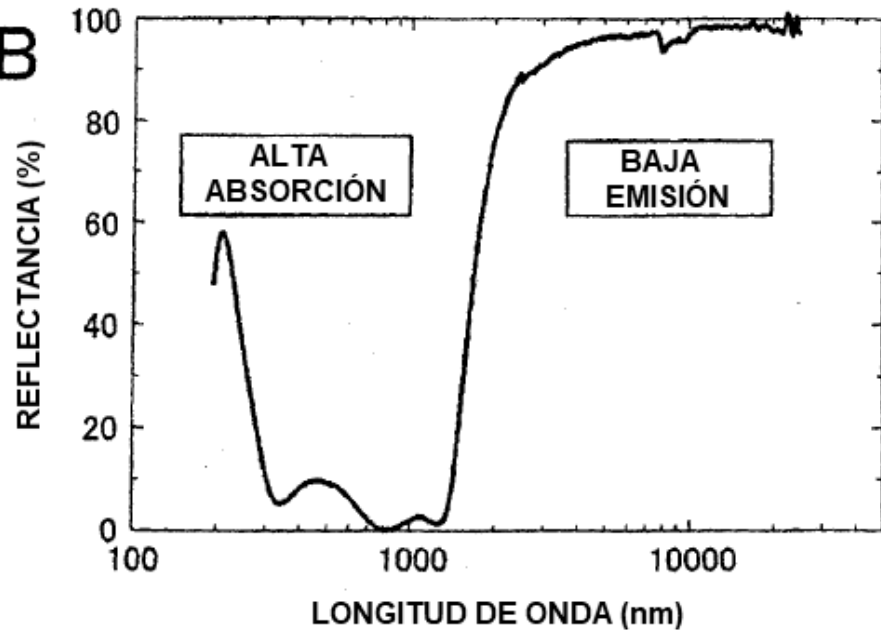


FIG. 9A

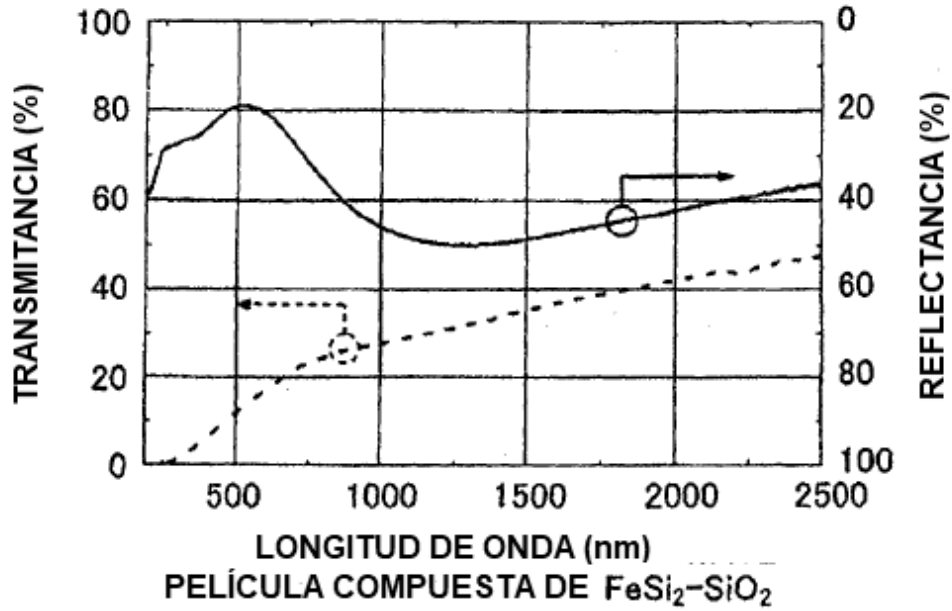


FIG. 9B

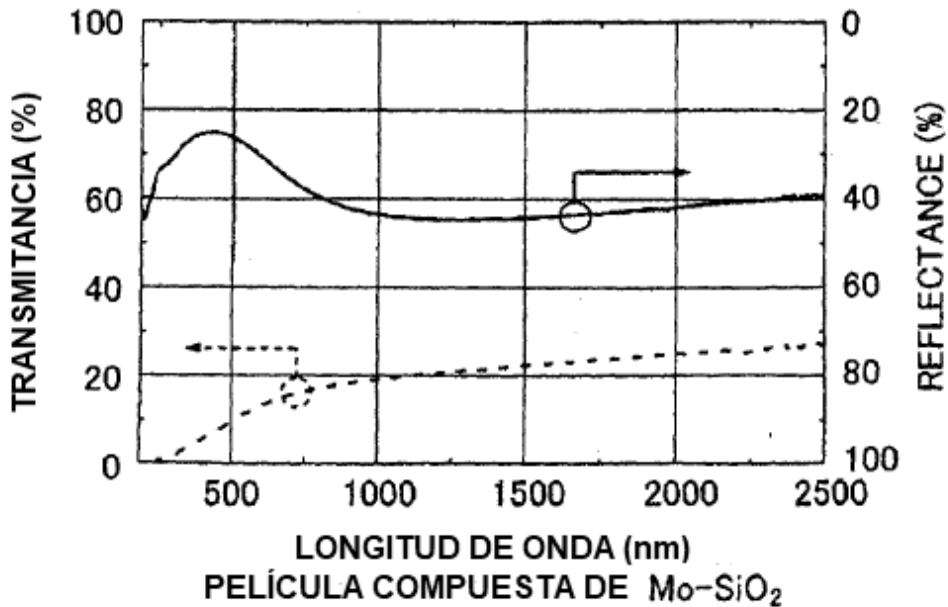


FIG. 10

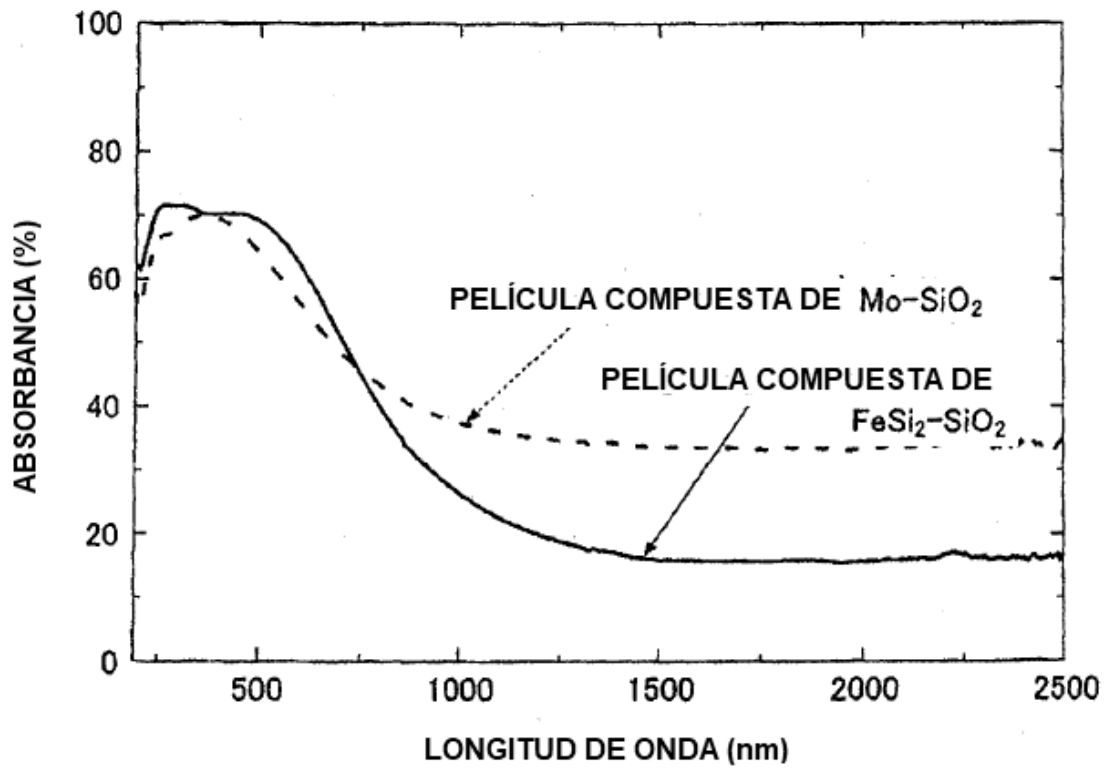


FIG. 11A

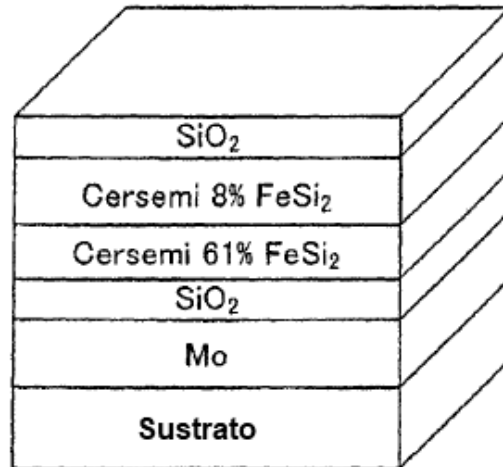


FIG. 11B

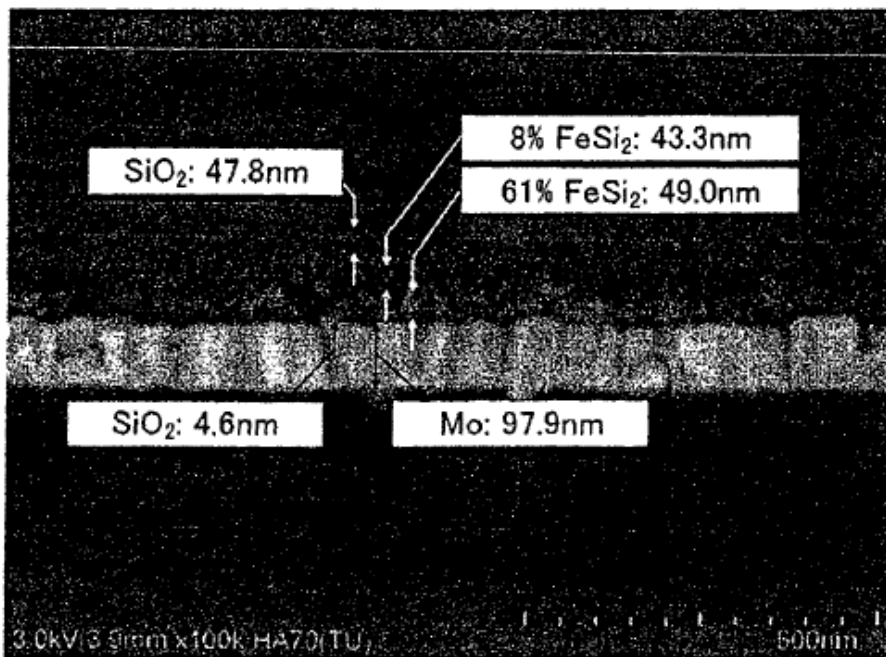


FIG. 12A

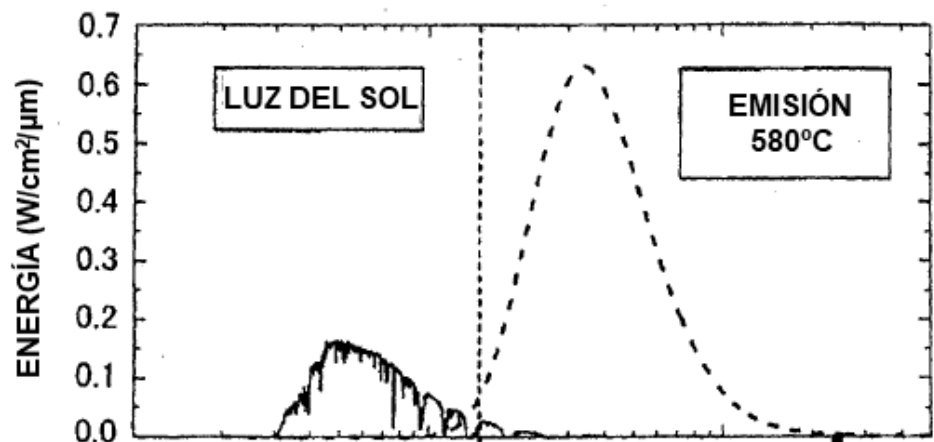


FIG. 12B

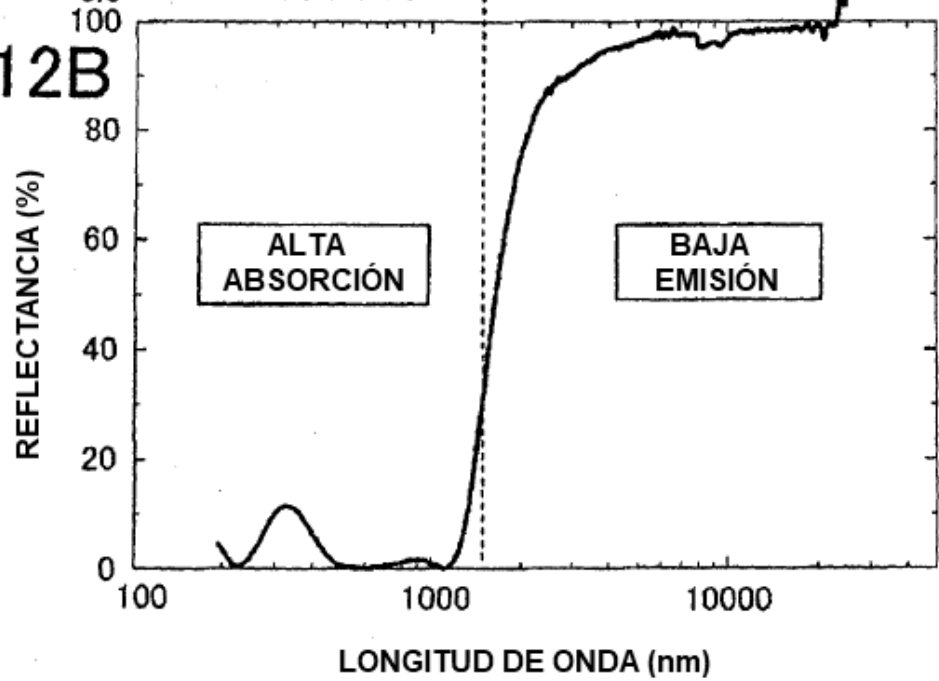


FIG. 13A

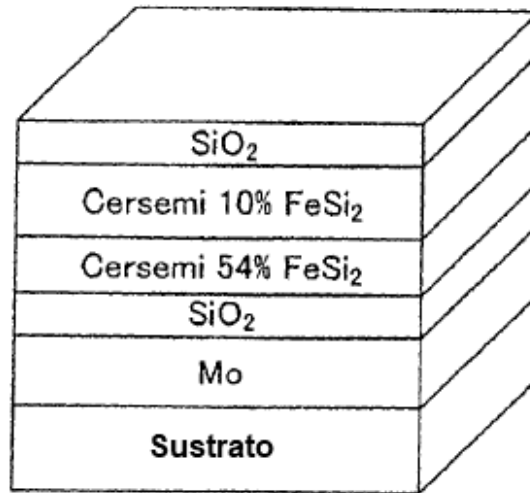


FIG. 13B

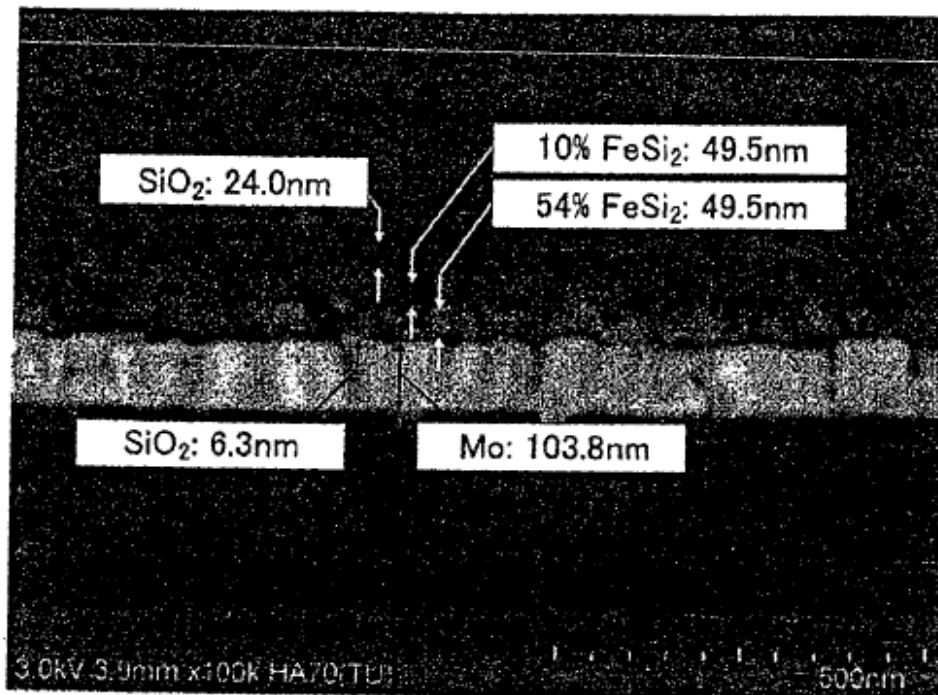


FIG. 14A

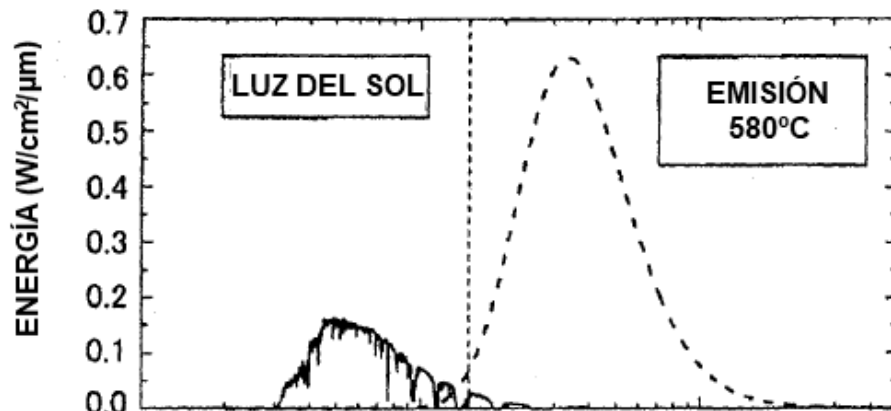


FIG. 14B

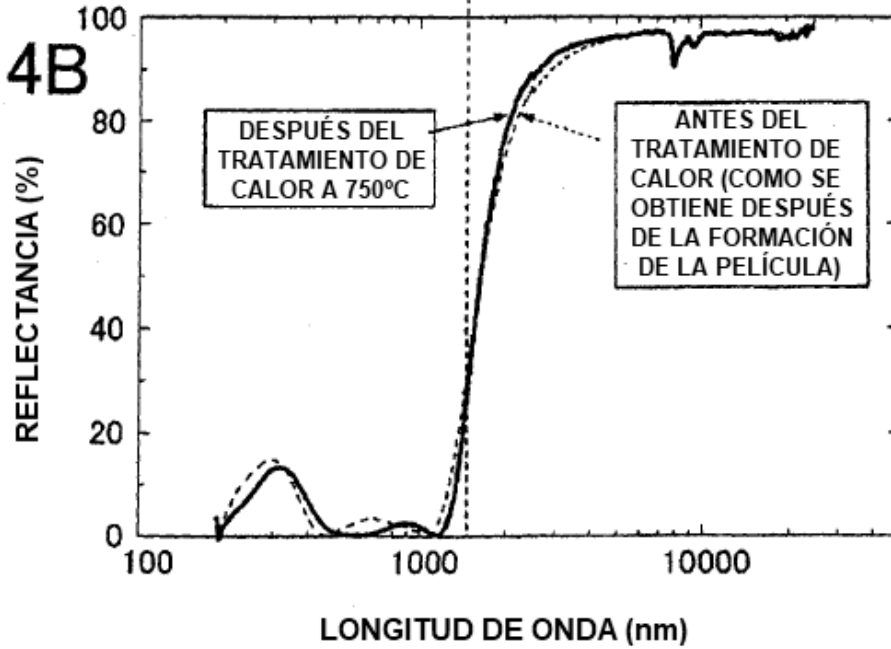


FIG. 15

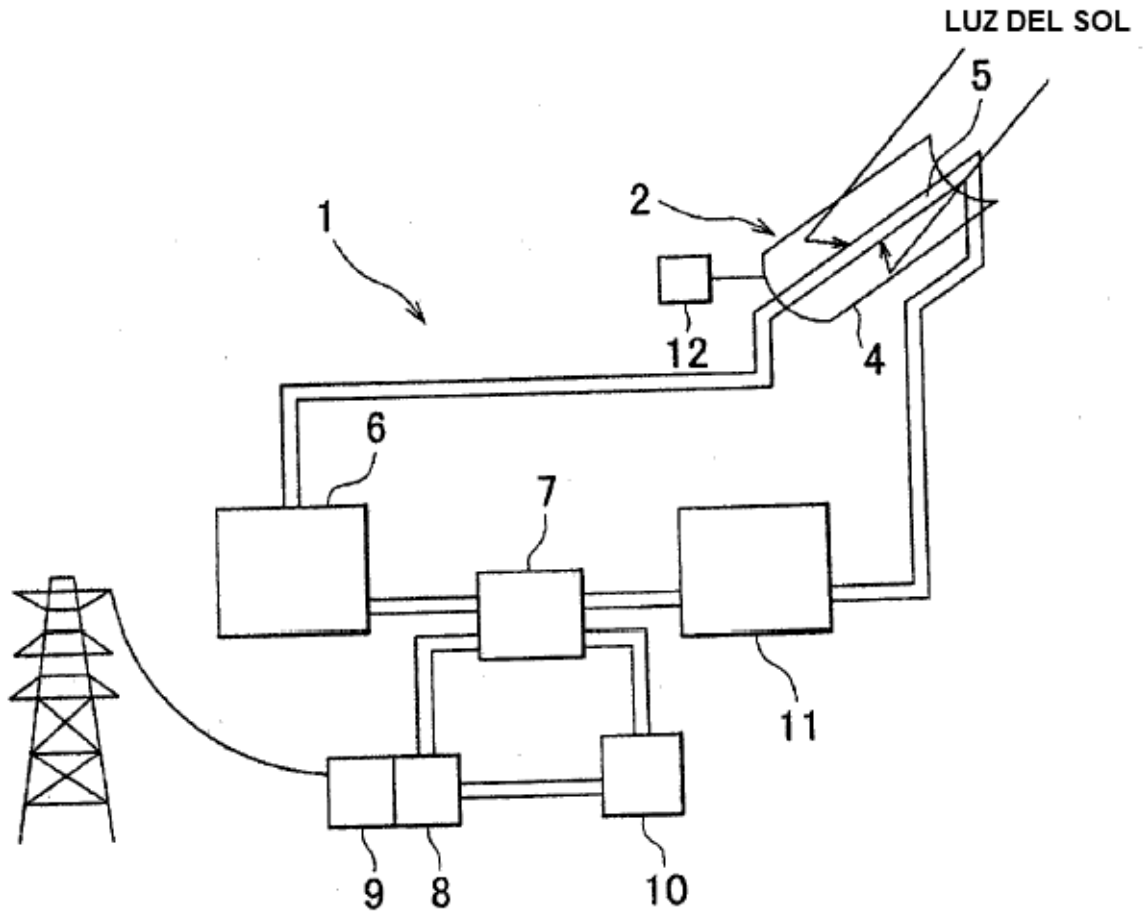


FIG. 16

