

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 575 527**

21 Número de solicitud: 201431774

51 Int. Cl.:

C03C 17/36 (2006.01)

G02B 5/08 (2006.01)

F24J 2/10 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

28.11.2014

43 Fecha de publicación de la solicitud:

29.06.2016

56 Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2015/070852

71 Solicitantes:

ABENGOA SOLAR NEW TECHNOLOGIES, S.A.

(100.0%)

Calle Energia Solar nº 1

41014 SEVILLA ES

72 Inventor/es:

BOYLE, Keith;

ALCAÑIZ GARCIA, Carlos;

ALCÓN CAMAS, Mercedes;

NUÑEZ BOOTELLO, Juan Pablo;

MÍGUEZ GARCÍA, Hernán Ruy ;

CALVO ROGGIANI, Mauricio Ernesto;

JIMÉNEZ SOLANO, Alberto y

ANAYA MARTÍN, Miguel

74 Agente/Representante:

TEMIÑO CENICEROS, Ignacio

54 Título: **Espejo para aplicaciones de energía solar y método de fabricación de dicho espejo**

57 Resumen:

Espejo para aplicaciones de energía solar y método de fabricación del mismo.

La presente invención se refiere a espejos para aplicaciones termosolares, que preferiblemente comprenden: una capa de metal (3) que puede reflejar un rango de longitudes de onda comprendidas dentro del espectro de irradiancia solar; una estructura aperiódica multicapa (1) adyacente a la capa de metal (3), que comprende una pluralidad de capas de diferentes índices de refracción y espesores, que presenta bandas de reflexión a rangos de longitud de onda en los que la capa de metal (3) adyacente absorbe. La estructura del espejo permite una alta reflexión fuera de las bandas de absorción del espectro solar terrestre y presenta valores de R.S o SWIR tanto estables como constantes con respecto a la dirección de incidencia de la luz.

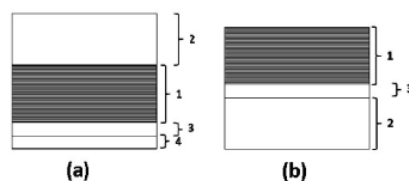


FIG. 1

DESCRIPCIÓN**ESPEJO PARA APLICACIONES DE ENERGÍA SOLAR Y MÉTODO DE FABRICACIÓN DEL MISMO****5 CAMPO DE LA INVENCION**

La presente invención pertenece al campo de las tecnologías de energía solar. Más específicamente, la invención se refiere a espejos para aplicaciones termosolares.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La investigación en nuevos espejos para mejorar la eficiencia de tecnologías de energía solar es extensa, tanto en diseños como en materiales. Una de las tecnologías de este tipo que más demanda, en términos de la eficiencia de los espejos reflectores, es la conocida como termosolar, en la que la luz del sol se concentra en un objetivo predeterminado, mediante conjuntos de espejos ubicados de manera adecuada alrededor de dicho objetivo. Tales conjuntos de espejos se conocen comúnmente como heliostatos. En las tecnologías de heliostatos, para obtener un rendimiento óptimo es necesario mantener las superficies reflectoras de los espejos perpendiculares al bisector del ángulo entre la dirección del sol y el objetivo, desde el punto de vista del espejo.

Los costes del heliostato representan aproximadamente la mitad del coste de capital de una central de energía solar de torre. Por tanto, resulta de interés diseñar heliostatos menos costosos para su fabricación a gran escala, de modo que las centrales de energía solar puedan producir electricidad a costes más competitivos que los costes de centrales eléctricas convencionales (basadas en otras fuentes, tales como carbón). Además de los costes, la reflectividad a lo largo de todo el rango del espectro solar (denominado comúnmente en la técnica como "reflectividad solar (R.S) o factor de reflexión de la energía solar, o en inglés "solar spectrum weighted integrated reflectance" (SWIR)) y la durabilidad frente al entorno son factores que deberán considerarse a la hora de comparar los diseños de los heliostatos.

Los intentos de reducir los costes de heliostatos se basan, principalmente, en la sustitución del diseño del heliostato convencional por uno que use materiales menos costosos. Un diseño convencional para el heliostato comprende espejos de segunda cara, cuya estructura consiste generalmente en: (i) una capa protectora, (ii) una capa de plata reflectora y (iii) una capa protectora superior de vidrio grueso. La invención descrita en el presente documento se refiere a reflectores alternativos, cuyo diseño permite el uso de materiales menos costosos que la plata, disminuyendo por tanto la dependencia de esta tecnología de metales preciosos, cuyos precios de mercado presentan grandes fluctuaciones. Cualquier material reflectante utilizado debe, en todo caso, reflejar la energía solar incidente con una mínima pérdida, y su rendimiento no debe verse afectado por su interacción con la humedad, la radiación ultravioleta, el polvo, la temperatura y otros parámetros ambientales. En general, la plata es la elección

preferida como material para la capa reflectora, debido a la sólida base tecnológica establecida en la industria de los espejos, y porque su reflectancia se encuentra generalmente en el intervalo entre 0,95 y 0,97, para superficies depositadas mediante procedimientos de fabricación de espejos bien establecidos.

5 El uso de otros metales más rentables se ha evitado hasta ahora por la presencia de bandas de fuerte absorción que disminuirían en gran medida la reflectividad del espejo. Por otro lado, los enfoques basados en espejos dieléctricos (también conocidos como reflectores de Bragg, espejos dicróicos, espejos de interferencia, reflectores de Bragg distribuidos o, en una terminología más moderna, cristales fotónicos unidimensionales) presentan algunos inconvenientes graves. En primer lugar, la mayoría de los
10 diseños se basan en una distribución periódica de capas de índices de refracción altos y bajos, lo que proporciona un fuerte pico de reflexión en un rango espectral que es mucho más estrecho que el espectro solar completo que se tiene como objetivo para aplicaciones de energía renovable (véanse, por ejemplo, las solicitudes de patente estadounidenses con las referencias US 2912/0263885 y US 2013/0342900). Además, la fuerte dependencia angular del espectro de reflectancia impide su uso en
15 tecnologías en las que la luz del sol alcanza el espejo con diversos ángulos de incidencia. El problema de cubrir un rango espectral mayor puede solucionarse mediante diseños multicapa basados en el acoplamiento de estructuras con diferentes periodicidades (véase la solicitud internacional con la referencia WO2013/059228) pero, incluso en tal caso, el número de capas necesarias para cubrir todo el espectro solar es tan grande que no resulta una opción viable. Los enfoques relacionados con este
20 concepto, aunque se basan en la distribución aleatoria de capas más que en diseños aperiódicos, también se han propuesto para construir reflectores en rangos de longitudes de onda más cortos (véase el documento WO2009/043374), pero no podrían extenderse para reflejar todo el espectro solar.

Debido a las limitaciones y los problemas técnicos mencionados anteriormente, la presente invención
25 propone configuraciones de espejo novedosas y sus correspondientes métodos de fabricación que pueden proporcionar rendimientos mejorados en términos de su sensibilidad a la longitud de onda, sus propiedades de reflexión angular y su dependencia de materiales de alto coste.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

30 La presente invención soluciona los problemas técnicos mencionados anteriormente proponiendo el uso de espejos basados en una capa reflectora hecha de un metal de libre elección, que se acopla de manera adyacente a una secuencia aperiódica de capas de diferente composición, espesores e índices de refracción. La principal ventaja técnica de estos espejos, que surge como consecuencia de este
35 particular diseño, es que presentan una alta reflectancia óptica para todo el espectro solar ($350 \text{ nm} < \lambda < 2500 \text{ nm}$). Además, los espejos de la invención pueden optimizarse para conseguir una reflectividad máxima para un ángulo de incidencia de la luz solar dado. Además de estas características, la capacidad de usar metales de libre elección, que también pueden estar basados en materiales de bajo coste, hace que la invención sea muy competitiva con los espejos de plata convencionales en términos de
40 rendimiento.

Con relación a los costes relacionados a las estructuras multicapa, se ven afectados significativamente por la complejidad y los costes de deposición de sus capas. Por tanto, reducir significativamente el número de capas de una estructura multicapa mejora de manera significativa sus costes de producción. Por otro lado, reducir el número de capas de una estructura de reflector multicapa introduce caídas puntuales en el espectro de reflectividad (también conocidas como bandas de baja reflectividad). La presente invención tiene en cuenta el efecto de las caídas puntuales de reflectividad dentro de la estructura aperiódica, forzándolas a que coincidan con las bandas de absorción en el espectro solar terrestre, permitiendo por tanto una alta reflectancia óptica con un número de capas reducido en gran medida. En este sentido, la presente invención propone una solución al problema de conseguir una alta reflectancia óptica viable para la generación de electricidad a partir de energía solar sin la necesidad de estructuras con un gran número de capas, haciendo coincidir las caídas puntuales de reflectancia de la estructura de capas aperiódica, inherente a las estructuras con un menor número de capas, con las bandas de absorción atmosféricas en el espectro solar terrestre.

Por tanto, según las consideraciones anteriores, un objetivo de la invención es un espejo para aplicaciones de energía solar que comprende: una capa de metal que presenta reflexión de al menos un primer rango de longitudes de onda comprendidas dentro del espectro de irradiancia solar y absorción de al menos un segundo rango de longitudes de onda comprendidas en dicho espectro; y una estructura aperiódica multicapa adyacente a la capa de metal, que comprende una pluralidad de capas de diferentes índices de refracción y espesores, que presenta reflexión dentro del segundo rango de longitudes de onda en el que la capa de metal adyacente presenta absorción; estando dispuesta la distribución de capas en la estructura aperiódica multicapa de manera que los rangos de longitud de onda con reflexión mínima en dicha estructura aperiódica multicapa corresponden a rangos de longitud de onda con una absorción máxima en el espectro solar terrestre.

Por tanto, la estructura aperiódica multicapa de la invención está configurada para reflejar la luz en los rangos de longitudes de onda que absorbe la capa de metal adyacente, haciendo que los rangos de longitudes de onda de baja reflectividad (debido a, por ejemplo, la interferencia entre las capas) coincidan con los rangos de longitudes de onda en los que el espectro solar tiene caídas puntuales de irradiancia (correspondientes a aquellas longitudes de onda comprendidas en las bandas de absorción de la atmósfera), de modo que la estructura multicapa refleja las longitudes de onda con valores de irradiancia mayores dentro del espectro solar. Con relación a las propiedades de reflexión/absorción de la capa de metal, ha de observarse que esta capa puede presentar propiedades tanto de reflexión como de absorción en el mismo rango de longitudes de onda (es decir los denominados rangos de longitudes de onda primero y segundo comprendidas dentro del espectro de irradiancia solar pueden ser rangos que se solapan, o incluso que coinciden). Sin embargo, en esta situación la reflexión en dicho rango normalmente es menos intensa que en otros rangos de longitud de onda del espectro, debido a la presencia del efecto de absorción.

En una realización preferida de la invención, el espejo comprende además una capa de sustrato y/o una

capa protectora aplicada a la capa de metal.

En otra realización preferida de la invención, el grosor de las capas que forman la estructura aperiódica multicapa está comprendido entre 1 nm y 1 μ m. Más preferiblemente, el grosor de las capas que forman la estructura aperiódica multicapa está comprendido entre 10 nm y 400 nm.

En una realización adicional preferida de la invención, el número de capas en la estructura aperiódica multicapa está entre 2 y 1000. Más preferiblemente, el número de capas en la estructura aperiódica multicapa está entre 4 y 200.

En una realización preferida de la invención, la estructura aperiódica multicapa está formada por una secuencia alternada de dos materiales de diferente índice de refracción. Más preferiblemente, la estructura aperiódica multicapa está formada por capas alternadas de óxido de silicio y óxido de titanio o cualquier compuesto derivado de los mismos.

En una realización preferida de la invención, la capa de metal comprende uno o más de los siguientes materiales: cobre, aluminio, cromo, hierro, titanio, níquel, cobalto, paladio, rodio, plata, oro, platino, o cualquier aleación de los mismos.

En una realización adicional preferida de la invención, la estructura aperiódica multicapa y la capa de metal están dispuestas para formar un espejo de primera o segunda cara.

En una realización adicional preferida de la invención, las capas de menor índice de refracción dentro de la estructura aperiódica multicapa presentan una porosidad comprendida entre el 10% y el 95% y las capas de mayor índice de refracción presentan una porosidad comprendida entre el 0% y el 10%.

Un objetivo adicional de la invención se refiere a un método para fabricar un espejo para aplicaciones de energía solar, que comprende preferiblemente las etapas de:

- Deposición de una capa de metal, que puede reflejar un rango de longitudes de onda comprendidas dentro del espectro de irradiancia solar, adyacente a una pluralidad de capas de diferente índice de refracción y espesor, que forman una estructura aperiódica multicapa que presenta bandas de reflexión a rangos de longitud de onda en los que la capa de metal adyacente absorbe;

- depositar las capas en la estructura aperiódica multicapa, de manera que las bandas de reflexión más débil de la estructura aperiódica multicapa corresponden a rangos de longitud de onda coincidentes con las bandas de absorción más intensas en el espectro solar terrestre.

En una realización adicional preferida del método de la invención, la estructura aperiódica multicapa o la capa de metal se deposita sobre un sustrato (por ejemplo, un sustrato de vidrio). Además, el método de la invención puede comprender la etapa de depositar una capa protectora sobre la capa de metal.

En una realización adicional preferida de la invención, la técnica empleada para depositar las capas que

forman la estructura aperiódica multicapa o la capa de metal comprende uno o más de la siguiente lista: deposición por rotación (spin-coating), recubrimiento por inmersión (dip-coating), Langmuir-Blodgett, técnicas de deposición química en fase de vapor o deposición física en fase de vapor como evaporación térmica o pulverización catódica.

5

Tal como se describe en los párrafos anteriores del presente documento, diseñando el espejo para un ángulo de incidencia de luz solar de libre elección y usando materiales de bajo coste, la invención resulta altamente competitiva, en términos de rendimiento, frente a espejos de plata convencionales. La estructura del espejo basada en la combinación de una capa de metal de libre elección y una estructura

10 aperiódica multicapa prediseñada, permite una alta reflexión fuera de las bandas de absorción del espectro solar terrestre (es decir, la estructura aperiódica refleja intensamente las longitudes de onda incidentes que el metal absorbe), y presenta valores de SWIR tanto estables como constantes con respecto a la dirección de incidencia de la luz.

15 DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La figura 1 muestra dos realizaciones de la distribución multicapa de un espejo de segunda cara (figura 1a) y un espejo de primera cara (figura 1b) según la presente invención.

20 La figura 2 muestra una distribución gráfica del espectro solar terrestre según la norma ASTM G173-03 en el que las regiones espectrales de menor intensidad de la radiación solar se resaltan en vertical.

La figura 3 muestra un diagrama de flujo que incluye las etapas principales de un proceso de optimización empleado para el diseño de la estructura aperiódica multicapa para un espejo según la

25 presente invención.

La figura 4 muestra las partes real (n) e imaginaria (k) del índice de refracción de los materiales usados para construir una estructura multicapa según la invención, que comprende TiO_2 (figuras superiores) y SiO_2 (figuras inferiores).

30

La figura 5 muestra la reflectancia calculada teóricamente de un espejo de primera cara según la invención, cuyas composiciones de capa y espesores de capa se describen en la tabla 1 del presente documento. Se incluye el espectro de masa de aire (AM) de 1,5 así como el valor de SWIR obtenido.

35 La figura 6 muestra valores de obtenidos a diferentes ángulos de incidencia para la composición multicapa descrita en la tabla 1 del presente documento.

La figura 7 muestra la parte real (n) e imaginaria (k) del índice de refracción de los materiales usados para construir una estructura apilamiento multicapa según la invención, que comprende TiO_2 (figuras superiores) y SiO_2 poroso (figuras inferiores).

40

La figura 8 muestra la reflectancia calculada teóricamente de un espejo de primera cara cuya composición de capa y espesores de capa se describen en la tabla 3 del presente documento. Se incluye un espectro AM de 1,5 así como el valor de SWIR obtenido.

- 5 La figura 9 muestra valores de SWIR obtenidos a diferentes ángulos de incidencia para el sistema según la invención descrito en la tabla 3 del presente documento.

La figura 10 muestra imágenes de sección transversal obtenidas a través de microscopía electrónica de barrido por emisión de campo (FESEM) de un sistema de 20 capas de $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ con una capa de cobre encima. En el lado izquierdo y derecho de la figura, se muestra respectivamente una imagen de electrones secundarios y una imagen de electrones retrodispersados. La barra de escala mostrada en la figura es de 2 micrómetros.

La figura 11 muestra espectros de reflectancia de una película de $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ multicapa calculada teóricamente (línea intensa) y experimental (línea tenue) construida según la invención, usando los valores de grosor descritos en la tabla 5 del presente documento. También se incluyen los valores de SWIR.

La figura 12 muestra valores de SWIR obtenidos a diferentes ángulos de incidencia para el sistema según la invención descrito en la tabla 5 del presente documento.

La figura 13 muestra espectros de reflectancia de una película de $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2$ multicapa calculada teóricamente (línea intensa) y experimental (línea tenue) construida según la invención, usando los espesores descrito en la tabla 7 del presente documento. También se incluyen los valores de SWIR.

La figura 14 muestra valores de SWIR obtenidos a diferentes ángulos de incidencia para el sistema según la invención descrito en la tabla 7 del presente documento.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

A continuación se procede a describir algunas de las realizaciones preferidas y no limitativas de la invención, con relación a las referencias numéricas de las figuras 1-14 en el presente documento. Las definiciones proporcionadas pretenden facilitar la comprensión de determinados términos y, de ningún modo limitarán el alcance de las reivindicaciones del presente documento.

Tal como se muestra en la figura 1(a) del presente documento, una realización de la invención se refiere a un espejo de segunda cara que combina:

- una estructura aperiódica multicapa (1) hecha de capas de espesores e índices de refracción prediseñados, que pueden reflejar la luz del sol de manera eficiente, en la que las bandas de menor

reflectividad de dicha estructura aperiódica multicapa (1) se hacen coincidir con las bandas de absorción atmosférica en el espectro solar terrestre, reflejándose de ese modo de manera intensa en las bandas de alta energía del espectro solar terrestre. La estructura aperiódica multicapa (1) se deposita sobre una capa de vidrio de sustrato (2) transparente plana;

5 - una capa de un metal (3) a elección depositado sobre tal estructura aperiódica multicapa (1), que puede reflejar de manera eficiente una determinada región espectral de luz del sol;

10 - una capa de recubrimiento protectora (4), tal como pintura de esmalte, cuya función es impedir la degradación de toda la estructura aperiódica multicapa (1). Este diseño está orientado hacia la luz incidente desde el lado que termina en la capa de vidrio (2).

15 El diseño de la estructura aperiódica multicapa (1) es tal que refleja de manera eficiente la región espectral en la que el metal absorbe, teniendo el efecto de dar lugar a un espejo de banda ancha de alta reflexión que cubre el espectro solar completo para todo un cono de direcciones de incidencia de la luz incidente. La capa de recubrimiento protectora (4) de pintura de esmalte sirve para proteger la cara trasera de la capa de metal (3) frente a la corrosión u otras amenazas ambientales.

20 Otra realización de la invención se refiere a un espejo de primera cara con un diseño que combina una capa de un metal (3) de libre elección, que puede reflejar de manera eficiente una determinada región espectral, que se deposita sobre una capa de sustrato (2). El espejo también comprende una estructura aperiódica multicapa (1) hecha de capas de espesores e índices de refracción prediseñados, que puede reflejar de manera eficiente la región espectral en la que el metal absorbe. Este efecto se obtiene forzando que las bandas de menor reflectividad de la estructura coincidan con las bandas de absorción atmosférica en el espectro solar terrestre y mediante la alta reflexión en las bandas de alta energía del espectro solar terrestre (véase la figura 2 del presente documento, en la que se muestra una distribución gráfica de bandas de baja energía en el espectro directo y circunsolar). En este caso, el espejo está diseñado para que la luz incida en el mismo desde el extremo que termina en la estructura aperiódica multicapa (1). Este diseño da lugar a un espejo de alta reflexión en un amplio rango espectral que cubre 25 las bandas de alta energía del espectro solar terrestre para un cono ancho y ajustable de ángulos de incidencia de la luz.

30 Un objetivo adicional de la presente invención se refiere a un método para fabricar un espejo de segunda cara que comprende las siguientes etapas:

35 (a) Preparación de una estructura aperiódica multicapa (1), en la que las capas de materiales de índices de refracción altos y bajos de diferente espesor se alternan de manera aperiódica (es decir, no periódica pero no caótica). Esta estructura aperiódica multicapa (1) se forma sobre la superficie inferior de una capa de vidrio (2) que actúa como capa protectora (4) superior de la estructura de espejo completa. Es 40 el resultado de la deposición alternada de capas de espesor controlado de diferentes materiales a elegir

de modo que se consigue una modulación espacial aperiódica del índice de refracción a través de la estructura aperiódica multicapa (1). Esta modulación es responsable de las propiedades de reflexión de la multicapa y está diseñada para proporcionar la máxima reflectividad solar (R.S también llamada SWIR en inglés) posible en el rango de longitudes de onda de 350-2500 nm para la estructura completa del espejo, teniendo en cuenta las pérdidas ópticas específicas provocadas por la absorción de los materiales que la constituyen, particularmente la capa de metal (3), y las capas de sustrato (2) y protectora (4). La deposición de estas capas puede conseguirse mediante cualquier tipo de técnica de recubrimiento de película delgada tal como deposición por rotación (spin-coating), deposición por inmersión (dip-coating), Langmuir-Blodgett, deposición química en fase de vapor o un método de deposición física en fase de vapor, tal como evaporación o pulverización catódica, y a partir de un amplio rango de precursores. El espesor de cada una de las capas que forman la multicapa está comprendido entre 1 nm y 1 micrómetro. El número de capas en las multicapas puede variar entre 2 y 1000. La estructura de este espejo de múltiples capas que conduce a una alta reflectividad solar (R.S o SWIR) que es máxima para un ángulo de incidencia a elegir, y que es tan constante como sea posible para un amplio rango de direcciones de incidencia alrededor de ese, es la clave de la innovación propuesta en esta invención.

(b) Deposición de una capa metálica (3) de composición de libre elección sobre la estructura aperiódica multicapa (1) descrita en la etapa (a). La deposición de esta capa de metal (3) puede conseguirse mediante cualquier tipo de técnica de recubrimiento de película delgada tal como deposición por rotación (spin-coating), deposición por inmersión (dip-coating), Langmuir-Blodgett, deposición química en fase de vapor o una técnica de deposición física en fase de vapor, tal como evaporación o pulverización catódica, y a partir de un amplio rango de precursores.

(c) Deposición de una capa protectora (4) de esmalte que protege la capa de metal (3) frente a la corrosión o cualquier tipo de degradación.

En una realización alternativa de la presente invención, el procedimiento tiene como objetivo la fabricación de un espejo de primera superficie que comprende las siguientes etapas:

(a) Deposición de una capa metálica (3) de composición de libre elección sobre el sustrato (2) de vidrio. La deposición de esta capa metálica (3) puede llevarse a cabo mediante cualquier tipo de técnica de recubrimiento de película delgada tal como deposición por rotación (spin-coating), deposición por inmersión (dip-coating), Langmuir-Blodgett, deposición química en fase de vapor o deposición física en fase de vapor, tal como, evaporación o pulverización catódica, y a partir de un amplio rango de precursores.

(b) Preparación de una estructura aperiódica multicapa (1) en la que se alternan capas de materiales de índices de refracción altos y bajos de diferente espesor de manera aperiódica (es decir, no periódica pero no caótica). La estructura aperiódica multicapa (1) según esta realización particular de la invención

se forma preferiblemente sobre la superficie libre de la capa de metal (3) depositada en la etapa (a).

Para conseguir la modulación mencionada anteriormente del índice de refracción, la estructura aperiódica multicapa (1) puede estar compuesta por cualquier secuencia de capas de materiales de diferente índice de refracción y espesores, sin limitación alguna impuesta en cuanto al número y el tipo de composiciones de material que va a emplearse, su micro o nanoestructura, o su porosidad. Los espejos descritos en el presente documento pueden usarse para cualquier fin adecuado, incluyendo pero sin limitarse a heliostatos y cualquier tipo de elemento óptico que va a implementarse en una central solar térmica, fotovoltaica, o central combinada solar térmica y fotovoltaica.

- PROCEDIMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO DEL ESPEJO:

Se define la reflectividad solar o factor de reflexión de la energía solar, en inglés “solar spectrum weighted integrated reflectance” (SWIR o R.S) como el resultado de integrar, entre el rango de longitudes de onda seleccionado, el producto de cualquier espectro solar objetivo (que puede ser un espectro estándar tal como AM0, AM1,0, AM1,5... o cualquier otro) y el espectro de reflectancia $R(\lambda)$ (es decir, la intensidad de luz reflejada dividida entre la intensidad de luz incidente para cada longitud de onda), normalizado por el espectro solar integrado. Todos los ejemplos proporcionados en este documento presentan valores de R.S o SWIR calculados según:

$$SWIR = \frac{\int_{350}^{2500} R(\lambda) AM1.5(\lambda) d\lambda}{\int_{350}^{2500} AM1.5(\lambda) d\lambda}$$

Todos los cálculos de propiedades ópticas se han realizado usando el método de la matriz de transferencia en el que se ha tenido en cuenta la propagación de la luz como un vector de onda. Todos los materiales se han modelado usando datos bien establecidos procedentes o bien de bibliografía relacionada o bien estimados a partir de mediciones fiables. El valor de R.S o SWIR, según se define en esta sección, se usa como factor de mérito para encontrar un diseño optimizado. El método de optimización se basa en un algoritmo genético que muestrea una población inicial, por ejemplo una población de 150 individuos (diseños de espejo), y conserva, de cada generación a la siguiente, sólo un porcentaje (por ejemplo del 10%) que muestra un mejor valor de R.S o SWIR. Este proceso se itera tanto como sea necesario para alcanzar un valor máximo estable, que normalmente tiene lugar tras evaluar 45.000 individuos (300 generaciones) cuando la R.S o SWIR se optimiza para un ángulo de incidencia específico. Cuando la meta es optimizar la R.S o SWIR para un amplio rango simultáneamente (lo que significa que el R.S o SWIR para cada ángulo pudiera no ser óptimo para ese ángulo específico, pero la eficiencia global del reflector es superior cuando se tienen en cuenta todas las direcciones de incidencia), entonces el número de generaciones requeridas para alcanzar una configuración optimizada está cerca

de 1000. En cualquier caso, el número máximo de generaciones que se someten a prueba es de 5000, aunque tal valor nunca se alcanzó en los cálculos realizados para encontrar los diseños descritos en el presente documento. En cada individuo, los índices de refracción de las capas de las que está hecho, se consideran valores fijos de entrada, mientras que el espesor puede variar libremente. En general, se consideran un máximo de 30 capas dieléctricas para la estructura aperiódica multicapa (1), aparte de la capa de metal (3) y el sustrato (2). Tal restricción se impone para encontrar soluciones que sean realmente viables. Para la mayoría de materiales considerados, los resultados optimizados consideran algunas capas de espesor nulo, lo que indica que el valor superior impuesto no sólo es práctico, sino que está por encima del número necesario para optimizar la estructura en términos absolutos. A continuación se proporciona un diagrama de flujo del proceso de optimización y un sumario de los parámetros de entrada. Se usa una tolerancia de 10^{-12} como criterio para detener los cálculos. En esta divulgación, "tolerancia" se define como la diferencia entre la R.S. o SWIR obtenida para los diseños optimizados de dos generaciones consecutivas. En la figura 3 del presente documento se muestra una descripción esquemática del proceso de optimización descrito.

En los siguientes párrafos, se describen realizaciones preferidas de las técnicas de preparación y caracterización de espejos:

- PREPARACIÓN DEL ESPEJO:

Aunque existe una amplia variedad de métodos que pueden usarse para fabricar los espejos propuestos en el presente documento, tal como se indica en las reivindicaciones y entiende un experto en la técnica con conocimientos medios, se proporcionan detalles de dos de los mismos como ejemplos no limitativos de realizaciones de la invención:

Sol-Gel: De entre las diversas rutas de procesamiento de líquido, el método sol-gel proporciona una opción versátil y de bajo coste para preparar óxidos metálicos con diferentes microestructuras y estados de agregación. Además, los métodos sol-gel pueden combinarse con técnicas de deposición de líquido para obtener películas con estructuras estables y libres de grietas. Se preparó la estructura aperiódica multicapa (1) usando dispersiones de capa de SiO_2 y TiO_2 obtenidas mediante técnica sol-gel. Se obtuvo una dispersión de SiO_2 mezclando tetraóxido de silicio en una disolución etanólica de ácido clorhídrico, mientras que se preparó una dispersión de TiO_2 a partir de una disolución de ácido nítrico en isopropanol, a la que se añadió lentamente tetraisopropóxido de titanio. Se depositaron ambas dispersiones sobre una capa de sustrato (2) de vidrio usando un dispositivo de recubrimiento por rotación (Laurell WS-400E-6NPP), en el que pueden determinarse de manera precisa tanto la rampa de aceleración como la velocidad de rotación final. Se centrifugaron las muestras durante 1 minuto y después se trataron a una temperatura de entre 300°C y 550°C en una placa de calentamiento durante un intervalo de entre 10 y 300 segundos. Tras el enfriamiento en una capa metálica (3), se repite el procedimiento de recubrimiento tantas veces como sea necesario para obtener la estructura aperiódica multicapa (1) deseada. Se realizó el mismo proceso mediante recubrimiento por inmersión (ND-RDC,

Nadetech Innovation) sumergiendo los sustratos en las mismas dispersiones de óxido de metal. Ambos procesos dan como resultado una estructura aperiódica multicapa (1) densa.

Deposición física en fase de vapor: Este método implica la deposición de la capa metálica (3) y las láminas de óxidos metálicos para la estructura aperiódica multicapa (1). El metal es depositado mediante una técnica de evaporación térmica o mediante pulverización catódica. Ambos métodos de deposición implican una cámara de alto vacío (Leica EM SCD500) equipada con una balanza de cuarzo (Leica EM QSG100) que monitoriza el espesor depositado. Se evaporó el metal (conformado como alambre) a través de una resistencia de tungsteno polarizada a 4 V y con una corriente aplicada de 30 mA. Se realizó la pulverización catódica de metal usando un blanco específico polarizado a alta tensión a una presión de argón de entre 5×10^{-3} y 1×10^{-2} mbar.

- CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL:

Caracterización de los espejos: Se tomaron imágenes por microscopía electrónica de barrido por emisión de campo (FESEM) de las capas depositadas sobre silicio usando un microscopio Hitachi 5200 funcionando a 5 kV. Se sumergieron muestras en nitrógeno líquido antes de ser cortadas para analizar la sección transversal.

Mediciones de reflectancia óptica: Se obtuvieron espectros de reflectancia especular de incidencia normal usando un espectrofotómetro de barrido en el UV visible (SHIMADZU UV-2101PC) unido a una esfera de integración y un espectrofotómetro de transformada de Fourier (BRUKER) acoplado a un microscopio que funciona en el rango de longitud de onda de 450 nm-2500 nm

EJEMPLOS DE REALIZACIONES DE LA INVENCION

EJEMPLO 1: En una primera realización de la invención descrita en el presente documento, se presenta en este caso un diseño optimizado de un espejo de primera cara o de primera superficie que maximiza la R.S o SWIR para un amplio rango de ángulos de incidencia de la luz simultáneamente, suponiendo en este caso valores de índice de refracción estándar de las fases densas de los materiales empleados (SiO_2 y TiO_2). La dependencia espectral del índice de refracción y el coeficiente de absorción supuestos para estos cálculos se presentan en la figura 4. Tal espejo está hecho de una secuencia de capas cuya composición y espesor se enumera en la tabla 1 del presente documento. Este diseño calculado se consiguió en la generación 1001. La figura 5 visualiza su reflectancia calculada a incidencia normal. Los valores de R.S o SWIR para diferentes ángulos de incidencia se enumeran en la tabla 2 del presente documento y se representan gráficamente en la figura 6, en la que puede observarse la R.S o SWIR casi constante entre ángulos de incidencia de 0° y 40° , que es una de las propiedades novedosas más relevantes de las estructuras (1) multicapa descritas en el presente documento.

EJEMPLO 2: En una segunda realización de la invención descrita en el presente documento, se presenta

en este caso un diseño optimizado de un espejo de primera cara o de primera superficie que maximiza la R.S o SWIR para un amplio rango de ángulos de incidencia de la luz simultáneamente, suponiendo en este caso un contraste de índice de refracción muy grande pero realista entre los dos tipos de capas consideradas (SiO_2 poroso y TiO_2 denso). La dependencia espectral del índice de refracción y el coeficiente de absorción supuestos para estos cálculos se presentan en la figura 7. Tal espejo está hecho de una secuencia de capas cuya composición y espesor se enumeran en la tabla 3 del presente documento. Este diseño calculado se consiguió en la generación 1001. La figura 8 visualiza su reflectancia calculada a incidencia normal. Los valores de R.S o SWIR para diferentes ángulos de incidencia se enumeran en la tabla 4 y se representan gráficamente en la figura 9, en la que puede observarse la reflectancia optimizada a un ángulo de incidencia de luz incidente a 25° , así como la R.S o SWIR casi constante entre ángulos de incidencia de 0° y 40° , que es una de las propiedades novedosas más relevantes de las estructuras multicapa descritas en el presente documento.

EJEMPLO 3: En una tercera realización de la invención se describe cómo preparar un espejo de segunda cara de alta reflectividad solar usando el método sol-gel para depositar una estructura aperiódica multicapa (1) combinada con un proceso de evaporación para depositar una capa de metal (3) de cobre. El diseño seguido, obtenido a partir de los cálculos de optimización descritos en párrafos anteriores, se proporciona en la tabla 5 del presente documento, y se consiguió tras 162 generaciones. Se emplearon dos suspensiones de precursor diferentes para crear películas delgadas de óxido de silicio y óxido de titanio mediante deposición por rotación. Para el primero, se usaron tetraetóxido de silicio (0,50 M), ácido clorhídrico (10^{-3} M), agua (2,37 M) y etanol (14,44 M), mientras que para el último, se usó tetraisopropóxido de titanio (0,30 M), ácido nítrico ($5,60 \cdot 10^{-3}$ M), agua (0,16 M) e isopropanol (11,78 M). La deposición alternada mediante deposición por rotación (spin-coating), seguida por estabilización térmica a 600°C durante 10 segundos de cada tipo de capa, proporcionó una estructura aperiódica multicapa (1) estable que presentó una fuerte reflectancia a aquellas frecuencias a las que el cobre, el metal a elegir seleccionado para esta realización, absorbe fuertemente. Tras ello se depositó una capa metálica (3) de cobre de 100 nm sobre la estructura aperiódica multicapa (1) para conseguir un reflector de alta intensidad para todo el espectro solar. En la figura 10, se muestran una típica imagen de electrones secundarios (izquierda) e imagen de electrones retrodispersados (derecha) de una sección transversal de la estructura multicapa, según se observó en el microscopio electrónico de barrido funcionando a 5 kV. En este caso, pueden observarse 20 capas. Tal espejo está hecho de una secuencia de capas cuya composición y espesor se enumera en la tabla 5 del presente documento. La capa (3) de cobre se observa como una capa brillante más gruesa en la parte superior. En la figura 11, se visualiza la reflectancia del espejo para el rango de longitud de onda objetivo tanto para la realización de multicapa calculada como para la experimental, que muestran una concordancia muy buena en todo el rango espectral. La dependencia angular de la R.S o SWIR se presenta en la figura 12 y los datos correspondientes se visualizan en la tabla 6.

EJEMPLO 4: En una cuarta realización de la invención, se describe cómo preparar un espejo de primera cara de alta reflectividad solar usando sólo un método de deposición física para construir una estructura

aperiódica multicapa (1). Tal espejo está hecho de una secuencia de capas cuya composición y espesor se enumeran en la tabla 7 del presente documento. Este diseño calculado se consiguió en la generación 1001. Encima del sustrato se depositó una capa (3) de cobre mediante pulverización catódica. Se emplearon dos blancos diferentes para crear películas delgadas de óxido de silicio y óxido de titanio mediante pulverización catódica. En la figura 13, se visualiza la reflectancia del espejo para el rango de longitud de onda objetivo tanto para la realización de multicapa calculada como para la experimental, que muestran una concordancia muy buena por todo el rango espectral. Presenta una reflectividad solar del 94,3% y demuestra que la realización de los diseños de espejo según la invención es absolutamente viable. Los valores de R.S o SWIR para diferentes ángulos de incidencia se enumeran en la tabla 8 y se representan gráficamente en la figura 14.

A lo largo de los ejemplos 1-4 descritos anteriormente y las correspondientes tablas 1, 3, 5 y 7 del presente documento, se proporcionan todas las distribuciones de espesor para la estructura aperiódica multicapa (1), la capa de vidrio de sustrato (2) y la capa de metal (3) como valores medios de referencia. Sin embargo, también se ha encontrado que variaciones de dichos valores dentro de $\pm 20\%$ en cada capa proporcionan las propiedades deseadas de alta reflexión fuera de las bandas de absorción de espectro solar terrestre, y valores de R.S o SWIR estables con respecto a la dirección de incidencia de la luz.

TABLAS

Capa	Espesor (nm)	Material
1	41	TiO ₂
2	70	SiO ₂
3	85	TiO ₂
4	52	SiO ₂
5	49	TiO ₂
6	64	SiO ₂
7	49	TiO ₂
8	93	SiO ₂
9	189	TiO ₂
10	61	SiO ₂
11	53	TiO ₂
12	94	SiO ₂
13	90	TiO ₂
14	78	SiO ₂
15	66	TiO ₂
16	63	SiO ₂
17	111	TiO ₂
18	80	SiO ₂

19	72	TiO ₂
20	106	SiO ₂
21	225	TiO ₂
22	78	SiO ₂
23	129	TiO ₂
24	87	SiO ₂
25	241	TiO ₂
26	95	SiO ₂
27	149	TiO ₂
28	123	SiO ₂
29	150	Cu
30	1,6·10 ⁶	Vidrio

Tabla 1

Ángulo (grados)	R.S o SWIR
0	0,9726
5	0,9728
10	0,9735
15	0,9734
20	0,9737
25	0,9741
30	0,9733
35	0,9721
40	0,9701
45	0,9664
50	0,9629
55	0,9575
60	0,9524
65	0,9471
70	0,9424
75	0,9387
80	0,9376
85	0,9430

Tabla 2

Capa	Espesor (nm)	Material
-------------	---------------------	-----------------

1	40	TiO ₂
2	78	SiO ₂
3	80	TiO ₂
4	54	SiO ₂
5	49	TiO ₂
6	54	SiO ₂
7	50	TiO ₂
8	92	SiO ₂
9	189	TiO ₂
10	78	SiO ₂
11	57	TiO ₂
12	95	SiO ₂
13	87	TiO ₂
14	77	SiO ₂
15	97	TiO ₂
16	63	SiO ₂
17	103	TiO ₂
18	81	SiO ₂
19	78	TiO ₂
20	148	SiO ₂
21	224	TiO ₂
22	78	SiO ₂
23	126	TiO ₂
24	86	SiO ₂
25	241	TiO ₂
26	117	SiO ₂
27	152	TiO ₂
28	125	SiO ₂
29	150	Cu
30	1,6·10 ⁶	Vidrio

Tabla 3

Ángulo (grados)	R.S o SWIR
0	0,9811
5	0,9896
10	0,9901
15	0,9896

20	0,9896
25	0,9896
30	0,9882
35	0,9873
40	0,9850
45	0,9837
50	0,9819
55	0,9806
60	0,9793
65	0,9778
70	0,9766
75	0,9755
80	0,9749
85	0,9752

Tabla 4

Capa	Espesor (nm)	Material
1	$1 \cdot 10^6$	Vidrio
2	20	TiO ₂
3	50	SiO ₂
4	30	TiO ₂
5	50	SiO ₂
6	40	TiO ₂
7	65	SiO ₂
8	40	TiO ₂
9	65	SiO ₂
10	50	TiO ₂
11	65	SiO ₂
12	50	TiO ₂
13	65	SiO ₂
14	110	Cu

Tabla 5

Ángulo (grados)	R.S o SWIR
0	0,936
5	0,934

10	0,935
15	0,933
20	0,932
25	0,930
30	0,925
35	0,923
40	0,919
45	0,913
50	0,910
55	0,904
60	0,901
65	0,897
70	0,896
75	0,894
80	0,894
85	0,910

Tabla 6

Capa	Espesor (nm)	Material
1	42	TiO ₂
2	73	SiO ₂
3	84	TiO ₂
4	59	SiO ₂
5	43	TiO ₂
6	67	SiO ₂
7	52	TiO ₂
8	75	SiO ₂
9	196	TiO ₂
10	48	SiO ₂
11	62	TiO ₂
12	81	SiO ₂
13	97	TiO ₂
14	90	SiO ₂
15	57	TiO ₂
16	55	SiO ₂
17	126	TiO ₂
18	94	SiO ₂

19	64	TiO ₂
20	98	SiO ₂
21	209	TiO ₂
22	67	SiO ₂
23	143	TiO ₂
24	90	SiO ₂
25	229	TiO ₂
26	101	SiO ₂
27	148	TiO ₂
28	120	SiO ₂
29	150	Cu
30	1,6·10 ⁶	Vidrio

Tabla 7

Ángulo (grados)	R.S o SWIR
0	0,9488
5	0,9531
10	0,9504
15	0,9506
20	0,9635
25	0,9400
30	0,9487
35	0,9447
40	0,9306
45	0,9283
50	0,9303
55	0,9241
60	0,9107
65	0,8970
70	0,9096
75	0,9000
80	0,8966
85	0,9131

Tabla 8

REIVINDICACIONES

1. Espejo para aplicaciones de energía solar que comprende:
 - una capa de metal (3) que presenta una reflexión de al menos un primer rango de longitudes de onda comprendidas dentro del espectro de irradiancia solar y una absorción de al menos un segundo rango de longitudes de onda comprendidas en dicho espectro;
 - una estructura aperiódica multicapa (1) adyacente a la capa de metal (3), que comprende una pluralidad de capas de diferentes índices de refracción y espesores, que presenta una reflexión dentro del segundo rango de longitudes de onda en el que la capa de metal (3) adyacente presenta absorción;

caracterizado por que la distribución de capas en la estructura aperiódica multicapa (1) está dispuesta de manera que los rangos de longitud de onda con reflexión mínima en dicha estructura aperiódica multicapa (1) corresponden a rangos de longitud de onda con absorción máxima en el espectro solar terrestre.
2. Espejo según la reivindicación anterior, que comprende además una capa de sustrato (2) y/o una capa protectora (4) aplicada a la capa de metal (3).
3. Espejo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el espesor de las capas que forman la estructura aperiódica multicapa (1) está comprendido entre 1 nm y 1 µm.
4. Espejo según la reivindicación anterior, en el que el grosor de las capas que forman la estructura aperiódica multicapa (1) está comprendido entre 10 nm y 400 nm.
5. Espejo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el número de capas en la estructura aperiódica multicapa (1) está entre 2 y 1000.
6. Espejo según la reivindicación anterior, en el que el número de capas en la estructura aperiódica multicapa (1) está entre 4 y 200.
7. Espejo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la estructura aperiódica multicapa (1) está formada por una secuencia alternada de dos materiales de diferente índice de refracción.
8. Espejo según la reivindicación anterior, en el que la estructura aperiódica multicapa (1) está formada por capas alternadas de óxido de silicio y óxido de titanio o cualquier compuesto derivado de los mismos.
9. Espejo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la capa de metal (3) comprende uno o más de los siguientes materiales: cobre, aluminio, cromo, hierro, titanio, níquel,

cobalto, paladio, rodio, plata, oro, platino, o cualquier aleación de los mismos.

10. Espejo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la estructura aperiódica multicapa (1) y la capa de metal (3) están dispuestas para formar un espejo de primera cara.
- 5 11. Espejo según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en el que la estructura aperiódica multicapa (1) y la capa de metal (3) están dispuestas para formar un espejo de segunda cara.
- 10 12. Espejo según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las capas de menor índice de refracción dentro de la estructura aperiódica multicapa (1) presentan un valor de porosidad comprendido entre el 10% y el 95% y las capas de mayor índice de refracción presentan un valor de porosidad comprendido entre el 0% y el 10%.
- 15 13. Espejo según la reivindicación 2, en el que la estructura aperiódica multicapa (1) , la capa de sustrato (2) y la capa de metal (3) comprenden la siguiente composición de materiales con un valor medio de espesor, en el que el grosor de cada capa está comprendido entre $\pm 20\%$ de dicho valor medio:

Capa	Espesor (nm)	Material
1	41	TiO ₂
2	70	SiO ₂
3	85	TiO ₂
4	52	SiO ₂
5	49	TiO ₂
6	64	SiO ₂
7	49	TiO ₂
8	93	SiO ₂
9	189	TiO ₂
10	61	SiO ₂
11	53	TiO ₂
12	94	SiO ₂
13	90	TiO ₂
14	78	SiO ₂
15	66	TiO ₂
16	63	SiO ₂
17	111	TiO ₂
18	80	SiO ₂
19	72	TiO ₂

20	106	SiO ₂
21	225	TiO ₂
22	78	SiO ₂
23	129	TiO ₂
24	87	SiO ₂
25	241	TiO ₂
26	95	SiO ₂
27	149	TiO ₂
28	123	SiO ₂
29 (metal)	150	Cu
30 (sustrato)	1,6·10 ⁶	Vidrio

14. Espejo según la reivindicación 2, en el que la estructura aperiódica multicapa (1) , la capa de sustrato (2) y la capa de metal (3) comprenden la siguiente composición de materiales y valor medio de espesor, en el que el espesor de cada capa está comprendido entre $\pm 20\%$ de dicho valor medio:

5

Capa	Espesor (nm)	Material
1	40	TiO ₂
2	78	SiO ₂
3	80	TiO ₂
4	54	SiO ₂
5	49	TiO ₂
6	54	SiO ₂
7	50	TiO ₂
8	92	SiO ₂
9	189	TiO ₂
10	78	SiO ₂
11	57	TiO ₂
12	95	SiO ₂
13	87	TiO ₂
14	77	SiO ₂
15	97	TiO ₂
16	63	SiO ₂
17	103	TiO ₂
18	81	SiO ₂
19	78	TiO ₂

20	148	SiO ₂
21	224	TiO ₂
22	78	SiO ₂
23	126	TiO ₂
24	86	SiO ₂
25	241	TiO ₂
26	117	SiO ₂
27	152	TiO ₂
28	125	SiO ₂
29 (metal)	150	Cu
30 (sustrato)	$1,6 \cdot 10^6$	Vidrio

15. Espejo según la reivindicación 2, en el que la estructura aperiódica multicapa (1) , la capa de sustrato (2) y la capa de metal (3) comprenden la siguiente composición de materiales y valor medio de espesor, en el que el espesor de cada capa está comprendido entre $\pm 20\%$ de dicho valor medio:

5

Capa	Espesor (nm)	Material
1 (sustrato)	$1 \cdot 10^6$	Vidrio
2	20	TiO ₂
3	50	SiO ₂
4	30	TiO ₂
5	50	SiO ₂
6	40	TiO ₂
7	65	SiO ₂
8	40	TiO ₂
9	65	SiO ₂
10	50	TiO ₂
11	65	SiO ₂
12	50	TiO ₂
13	65	SiO ₂
14 (metal)	110	Cu

16. Espejo según la reivindicación 2, en el que la estructura aperiódica multicapa (1) , la capa de sustrato (2) y la capa de metal (3) comprenden la siguiente composición de materiales y valor medio de espesor, en el que el espesor de cada capa está comprendido entre $\pm 20\%$ de dicho valor medio:

10

Capa	Espesor (nm)	Material
1	42	TiO ₂
2	73	SiO ₂
3	84	TiO ₂
4	59	SiO ₂
5	43	TiO ₂
6	67	SiO ₂
7	52	TiO ₂
8	75	SiO ₂
9	196	TiO ₂
10	48	SiO ₂
11	62	TiO ₂
12	81	SiO ₂
13	97	TiO ₂
14	90	SiO ₂
15	57	TiO ₂
16	55	SiO ₂
17	126	TiO ₂
18	94	SiO ₂
19	64	TiO ₂
20	98	SiO ₂
21	209	TiO ₂
22	67	SiO ₂
23	143	TiO ₂
24	90	SiO ₂
25	229	TiO ₂
26	101	SiO ₂
27	148	TiO ₂
28	120	SiO ₂
29 (metal)	150	Cu
30 (sustrato)	1,60·10 ⁶	Vidrio

17. Método para fabricar un espejo para aplicaciones de energía solar, que comprende las etapas de:

5 deposición de una capa de metal (3), que presenta una reflexión de al menos un primer rango de longitudes de onda comprendidas dentro del espectro de irradiancia solar y una absorción de al menos un segundo rango de longitudes de onda comprendidas en dicho espectro; y una estructura aperiódica multicapa (1) adyacente a la capa de metal (3), en el que dicha estructura aperiódica multicapa (1) comprende una pluralidad de capas

de diferentes índices de refracción y espesores, que presenta una reflexión dentro del segundo rango de longitudes de onda en el que la capa de metal (3) adyacente presenta absorción;

y **caracterizado por que** las capas en la estructura aperiódica multicapa (1) se depositan de manera que se hace que los rangos de longitud de onda con una reflexión mínima en dicha estructura aperiódica multicapa (1) correspondan con rangos de longitud de onda con una absorción máxima en el espectro solar terrestre.

18. Método según la reivindicación anterior, en el que la estructura aperiódica multicapa (1) o la capa de metal (3) se deposita sobre un sustrato (2).

19. Método según la reivindicación anterior, que comprende además depositar una capa protectora (4) sobre la capa de metal (3).

20. Método según cualquiera de las reivindicaciones 17-19, en el que la técnica empleada para depositar las capas que forman la estructura aperiódica multicapa (1) o depositar la capa de metal (3) comprende uno o más de la siguiente lista: recubrimiento por rotación (spin-coating), recubrimiento por inmersión (dip-coating), Langmuir-Blodgett, técnicas de deposición química en fase de vapor o una técnica de deposición física en fase de vapor como evaporación térmica o pulverización catódica.

21. Método según cualquiera de las reivindicaciones 17-20, en el que la disposición de capas en la estructura aperiódica multicapa (1) se ajusta de manera que su reflectividad solar se maximiza a un rango predeterminado de ángulos de incidencia de la luz.

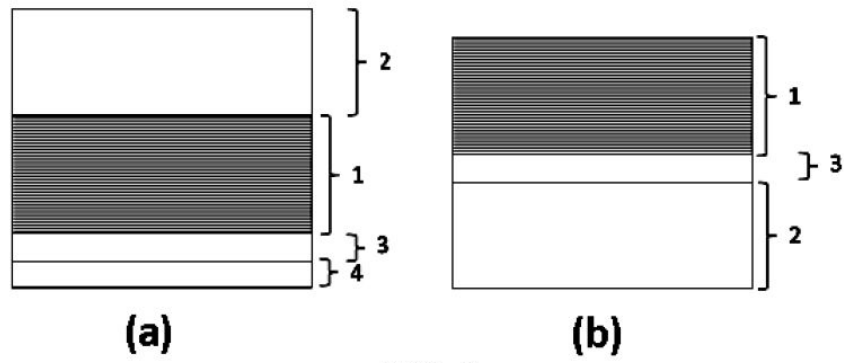


FIG. 1

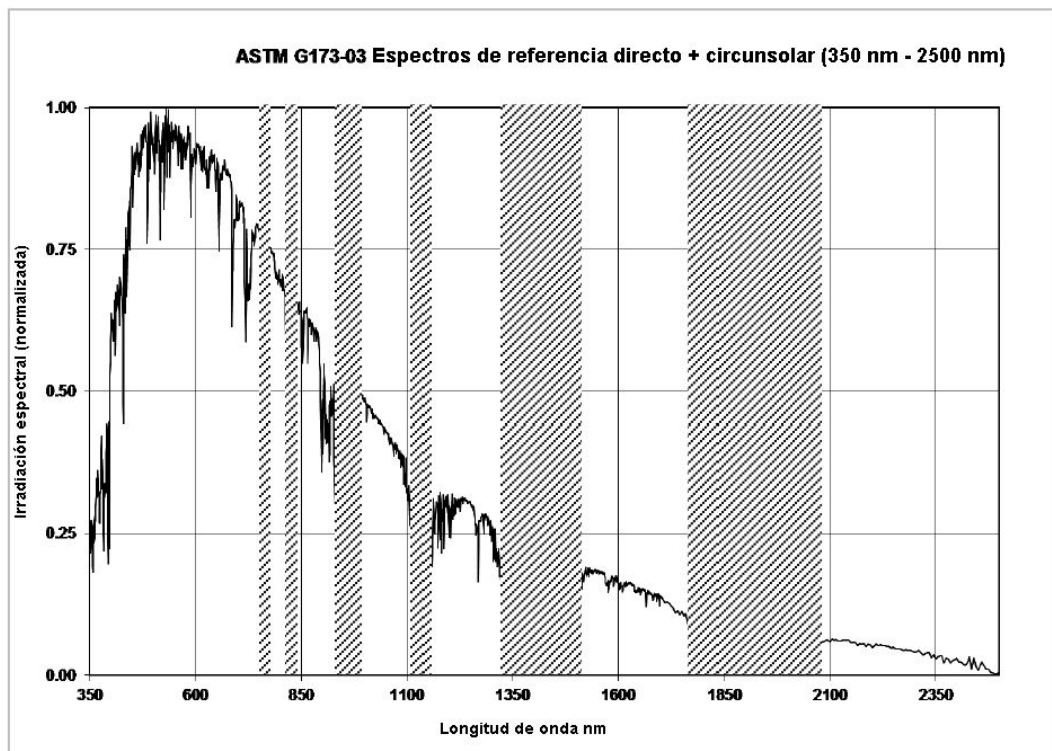


FIG. 2

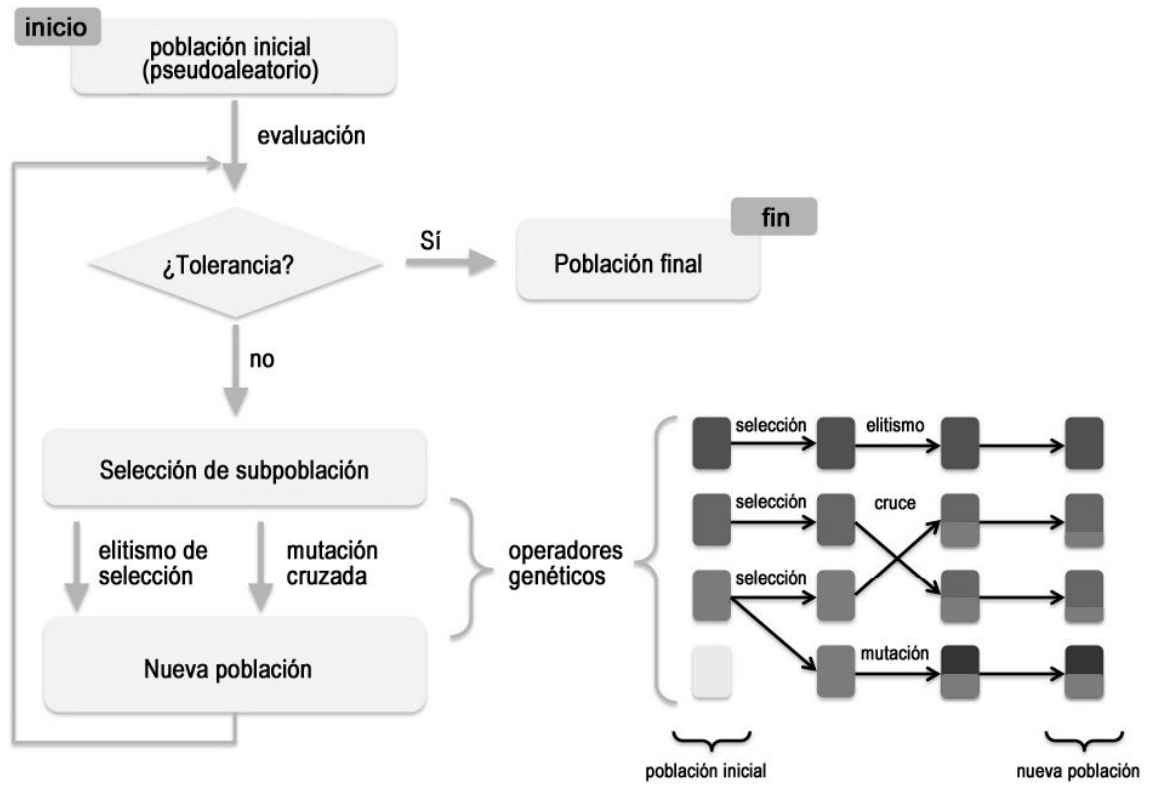


FIG. 3

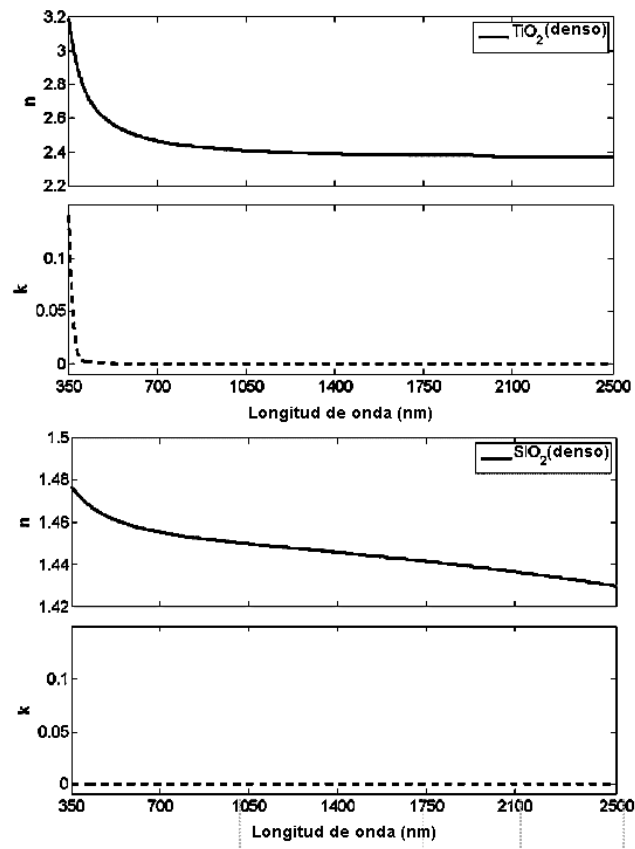


FIG. 4

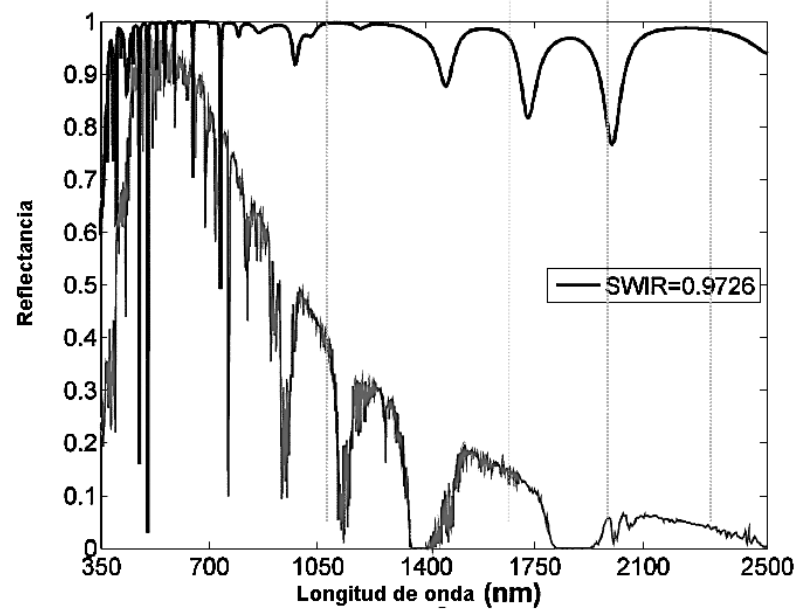


FIG. 5

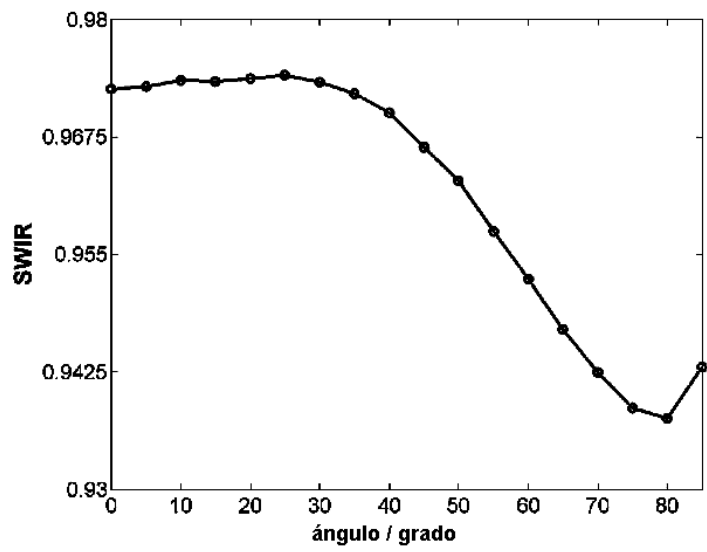


FIG. 6

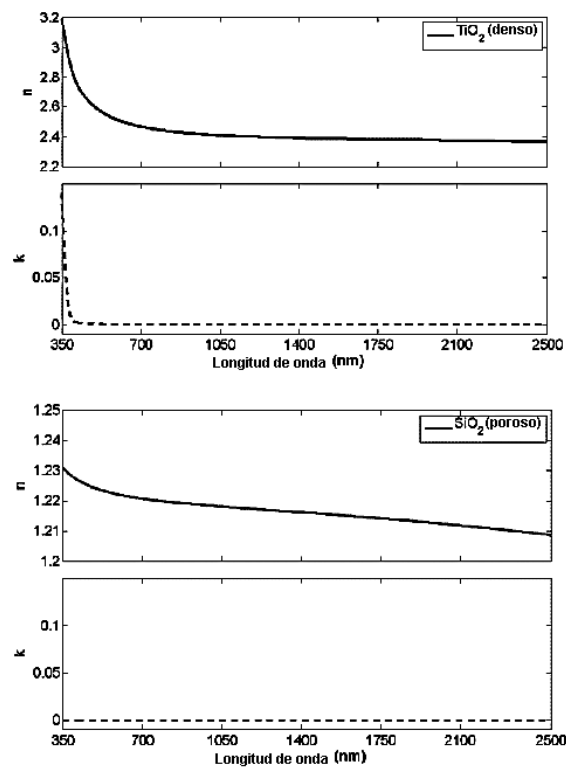


FIG. 7

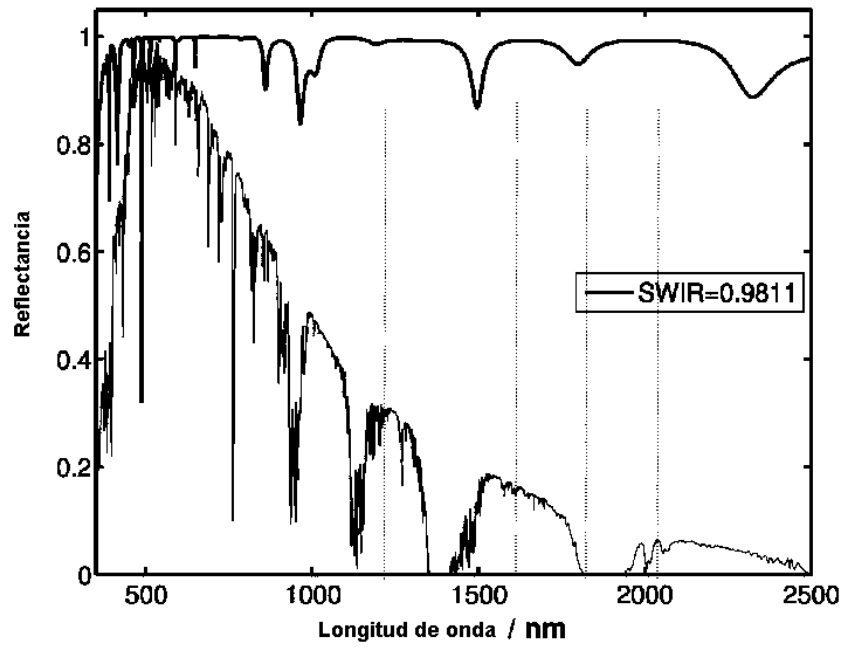


FIG. 8

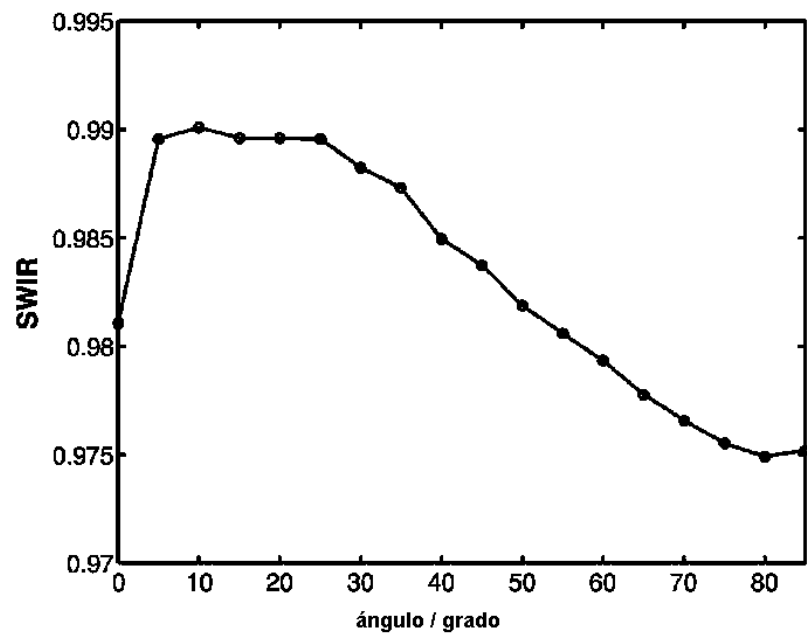


FIG. 9

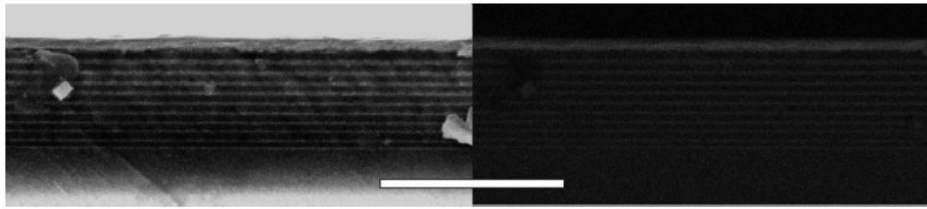


FIG. 10

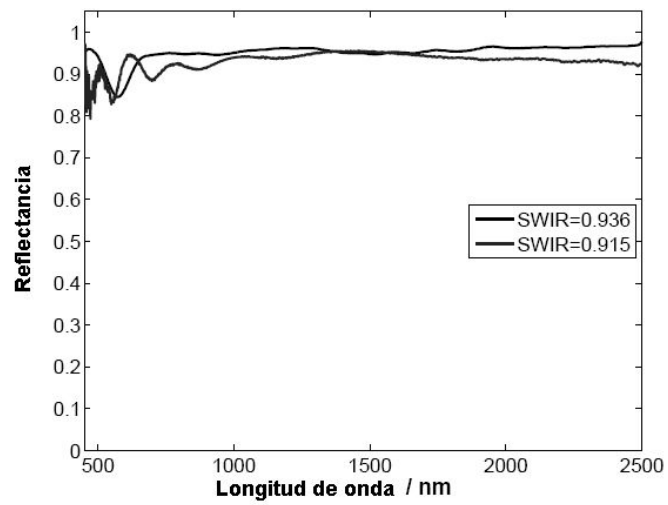


FIG. 11

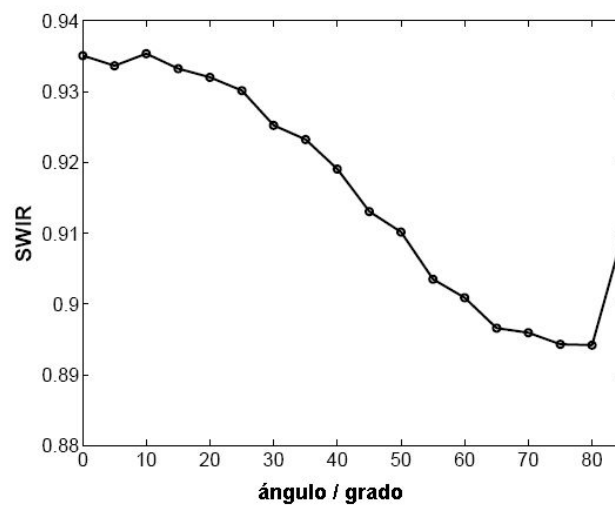


FIG. 12

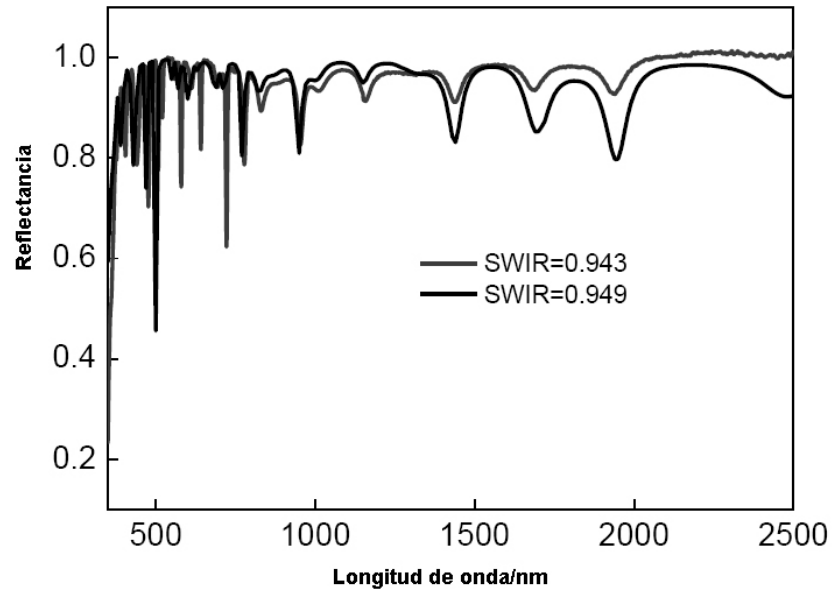


FIG. 13

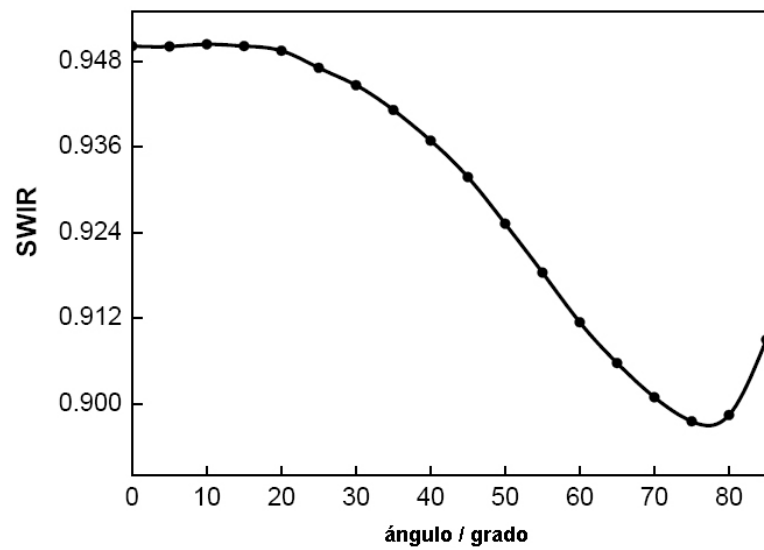


FIG. 14