

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 992 169**

51 Int. Cl.:

F24S 70/225 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.07.2021 PCT/IB2021/056974**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.02.2022 WO22024064**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.07.2021 E 21762101 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2024 EP 4189304**

54 Título: **Revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo**

30 Prioridad:

30.07.2020 IT 202000018676

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

10.12.2024

73 Titular/es:

**AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE
TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO
ECONOMICO SOSTENIBILE (ENEA) (100.0%)
Lungotevere G.A. Thaon di Revel 76
00196 Roma, IT**

72 Inventor/es:

**ESPOSITO, SALVATORE;
D'ANGELO, ANTONIO;
DILETTO, CLAUDIA;
GRADITI, GIORGIO y
GUGLIELMO, ANTONIO**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 992 169 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

Revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo

5 Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

Esta solicitud de patente reivindica la prioridad de la solicitud de patente italiana n.º 102020000018676, presentada el 30 de julio de 2020.

10 CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere a un revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo para un receptor de un sistema solar térmico o termodinámico.

15 En particular, la presente invención resulta ventajosa, pero no exclusivamente, para su aplicación en un receptor en forma de tubo, al que se refiere explícitamente la siguiente descripción, sin pérdida de generalidad por ello.

20 En lo que sigue del presente documento, el término "metal" se refiere a un metal o a una aleación metálica; mientras que un "material con comportamiento metálico" se refiere a un material que no es un metal o una aleación metálica, pero en cualquier caso, caracterizado por una buena conductividad y un alto coeficiente de absorción óptica; los nitruros de metales de transición y nitruros de aleaciones de metales de transición, provistos en algunas realizaciones de la invención, son materiales con un comportamiento metálico en el sentido indicado.

Técnica anterior

25 En sistemas solares térmicos o termodinámicos, la radiación solar se recoge mediante un colector solar y se convierte en calor en un elemento receptor, por cuyo interior circula un fluido caloportador. El calor, almacenado y transportado por el fluido caloportador, puede usarse como tal (plantas solares térmicas) transfiriéndolo potencialmente a otro fluido de proceso, o puede transformarse en electricidad (plantas solares termodinámicas) por medio de ciclos termodinámicos "alimentados" por la fuente solar.

30 Con referencia particular a los sistemas solares térmicos o termodinámicos con colectores lineales parabólicos o de Fresnel, el receptor tiene una forma tubular y es uno de los componentes más tecnológicos de todo el sistema solar. El tubo receptor debe absorber la mayor cantidad posible de radiación solar concentrada en el mismo y, al mismo tiempo, debe dispersar el menor calor posible hacia el entorno exterior.

35 Esta función la realiza un revestimiento superficial particular aplicado sobre el tubo metálico (normalmente hecho de acero) por dentro del cual circula el fluido caloportador y que en lo sucesivo se denominará con el término "sustrato". Con el fin de desempeñar esta función eficientemente, el revestimiento superficial del receptor debe tener propiedades ópticas de reflectancia, absorbancia y emisividad que varían según la longitud de onda. En particular, para obtener un receptor solar con alta eficiencia fototérmica, el revestimiento debe tener un comportamiento lo más parecido posible al ideal, es decir, reflectancia nula (absorbancia unitaria) en la región espectral de la radiación solar (0,3-2,0 μm) y reflectancia unitaria (absorbancia y emisividad nulas) en la región espectral del infrarrojo térmico (2,0-40 μm), con un escalón de corte entre ambas regiones. Tal y como se ha mencionado, cuando se hace referencia a los revestimientos en cuestión, el uso del término "revestimiento absorbente espectralmente selectivo" para receptores solares está bien establecido.

40 Para conseguir tal comportamiento, el revestimiento absorbente espectralmente selectivo está generalmente formado por una compleja estructura multicapa de películas finas de diferentes materiales en la que cada capa contribuye, con diferentes propiedades ópticas, al rendimiento deseado de alta absorbancia solar (α_s) y baja emisividad térmica a las temperaturas de funcionamiento del receptor (ϵ_{th}) o, globalmente, la alta eficiencia de conversión fototérmica (η_{pt}) del revestimiento.

45 En general, la estructura multicapa espectralmente selectiva tiene "tecnología cermet". El acrónimo "cermet" identifica una clase de materiales compuestos que consiste, predominantemente, en una fase cerámica y una fase metálica nanodispersadas entre sí. La fase metálica puede estar hecha de un metal o de un material de comportamiento metálico. La particular estructura de los materiales cermet les confiere propiedades ópticas de alta absorción en la región espectral de la radiación solar (0,3-2,0 μm) y buena transparencia en la región espectral del infrarrojo térmico (4,0-40 μm). Tales propiedades ópticas confieren, por lo tanto, un comportamiento próximo al ideal descrito anteriormente.

50 En general, un revestimiento absorbente solar de tecnología cermet comprende una primera capa, consistente en un material con una alta reflectancia en la región espectral infrarroja y una o más capas consistentes en un material cermet que absorbe la radiación solar que incide sobre el receptor y que, al mismo tiempo, es transparente a la radiación infrarroja para no interferir con la función de reflectancia de infrarrojos de la primera capa.

En el contexto de esta invención, a continuación, se incluye una división de los metales según su poder de reflectancia de infrarrojos:

5 - metales de alta reflectancia: Au, Ag, Cu y Al;

- metales de reflectancia media-alta: Mo, α -W

10 - metales de reflectancia media: Ti, V, Cr, Zr, Nb, Hf, Ta, 3-W; aleación binaria o ternaria de Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W; nitruros de Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W; nitruros de aleaciones binarias y ternarias de Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W.

15 La primera capa tiene la función de garantizar un bajo valor de emisividad del revestimiento solar para minimizar las pérdidas térmicas debidas a la irradiación del receptor. Los materiales adecuados para este fin son los metales que, en cualquier caso, tienen un comportamiento altamente reflectante incluso en la región del espectro solar. Por este motivo, las capas hechas de material cermet se aplican a la primera capa metálica, que, como se ha mencionado antes, absorben la radiación solar.

20 El comportamiento de las capas hechas de material cermet varía a medida que varía el contenido del componente metálico en el cermet. De hecho, a medida que el componente metálico aumenta, el poder de absorción del cermet aumenta, pero, al mismo tiempo, disminuye su transparencia en la región infrarroja. Por este motivo, durante la producción de la capa absorbente del revestimiento solar, los grosores y el contenido metálico de los cermets deben elegirse de forma que se aproveche al máximo el poder de reflexión del reflector de infrarrojos y, para tener, al mismo tiempo, una transición pronunciada de la región del espectro solar a la región infrarroja. Para desempeñar mejor esta función, las capas absorbentes de cermet normalmente tienen un contenido decreciente de componentes metálicos alejándose del reflector de infrarrojos.

Por último, el revestimiento solar termina con una o más capas con una función de filtro antirreflectante, que son transparentes en la región infrarroja, cuya función es minimizar la radiación solar reflejada por el receptor.

30 En resumen, los revestimientos absorbentes para tubos receptores de sistemas solares térmicos o termodinámicos se componen generalmente de una estructura multicapa que comprende:

- una capa metálica con función de reflector de infrarrojos del revestimiento absorbente;

35 - una o más capas de cermet aplicadas a la capa metálica, con función de absorbente solar;

- una o más capas normalmente cerámicas, aplicadas a las capas de cermet, con una función de filtro antirreflectante.

40 La capa metálica con función de reflector de infrarrojos, además de tener la función de reflejar en infrarrojos, debe presentar también una buena estabilidad estructural y químico-física, una buena adherencia al sustrato sobre el que se aplica, un bajo coeficiente de difusión elemental dentro de las capas anteriores y, por último, una buena capacidad para bloquear la difusión de elementos que migran desde el sustrato sobre el que se aplica.

45 Los materiales que cumplen los requisitos anteriores incluyen los que se han definido anteriormente como de reflectancia media, tal como Ti, V, Cr, Zr, Nb, Hf, Ta, W; aleación binaria o ternaria de nitruros de Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W; Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W; nitruros de aleaciones binarias y ternarias de Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W.

50 En contraste, los metales definidos como de alta reflectancia, tales como Au, Ag, Cu, Al, aunque ofrecen el mejor rendimiento en términos de alta reflectancia espectral, son, en cualquier caso, difíciles de aplicar debido a sus escasas propiedades en términos de estabilidad estructural y químico-física, así como la adherencia al sustrato, difusión elemental y barrera. La escasa capacidad de actuar como capa de adherencia y como capa barrera hace que el uso fiable de Au, Ag, Cu y Al como capa metálica con función de reflector de infrarrojos de un revestimiento absorbente solar para aplicaciones de temperatura media-alta y alta sea problemática, incluso teniendo en cuenta que este comportamiento se deteriora considerablemente a medida que aumenta la temperatura.

55 A este respecto, se sintió la necesidad de tener un revestimiento absorbente solar que permitiera el uso de los metales de reflectancia alta o media-alta mencionados anteriormente a temperaturas de funcionamiento más altas con el fin de mejorar, a estas temperaturas, el rendimiento fototérmico del revestimiento.

60 Asimismo, se sintió adicionalmente la necesidad de aumentar la estabilidad de un revestimiento absorbente solar hecho con los metales de reflectancia alta o media-alta mencionados anteriormente, con el fin de garantizar una menor degradación del rendimiento durante toda la vida útil del receptor o una mayor duración del componente.

65 Los inventores de la presente invención han proporcionado un revestimiento absorbente solar capaz de cumplir los

dos requisitos mencionados anteriormente. Las características técnicas del revestimiento de la presente invención son tales que aumentan la estabilidad estructural de los metales de reflectancia alta o media-alta mencionados anteriormente, una vez insertados en el interior del revestimiento multicapa.

5 De ello resulta este aumento de la estabilidad estructural, en comparación con la técnica anterior, con temperaturas de uso más altas para los metales de reflectancia alta o media-alta mencionados anteriormente, obteniendo un revestimiento absorbente solar con un mejor rendimiento fototérmico a estas temperaturas.

10 Asimismo, este aumento de la estabilidad estructural permite obtener un revestimiento absorbente, hecho con los metales de reflectancia alta o media-alta mencionados anteriormente, sujeto a una menor degradación del rendimiento durante toda la vida útil del receptor o una mayor duración del componente.

15 Por último, el revestimiento absorbente solar objeto de la presente invención también ofrece la importante ventaja de ser versátil para su uso eficiente tanto en "tubos receptores evacuados", que operan hasta al menos 550 °C, y en "tubos receptores no evacuados" o en "tubos receptores que operan con aire", hasta al menos 300 °C.

20 El documento DE 10 2013 112532 A1 divulga un revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo para un receptor de un sistema solar térmico o termodinámico y que comprende, secuencialmente, una estructura multicapa reflectante de infrarrojos, una estructura de cermet multicapa absorbente y una estructura multicapa antirreflectante.

Objeto de la invención

25 El objeto de la presente invención es un revestimiento absorbente solar para un elemento receptor de un sistema solar térmico o termodinámico, cuyas características esenciales se exponen en la reivindicación 1, y cuyas características preferidas y/o auxiliares 1 2 se exponen en las reivindicaciones 2 a 12.

30 Un objeto adicional de la invención es un receptor para sistemas solares térmicos o termodinámicos que comprende un revestimiento según la presente invención. Más particularmente, el receptor es un tubo receptor evacuado o un tubo receptor no evacuado o que funciona con aire.

35 El término "tubo receptor evacuado" se refiere a un receptor que consiste en: un tubo interior (generalmente de acero) en cuya superficie exterior se aplica un revestimiento absorbente, un tubo exterior de vidrio con un tratamiento antirreflectante, dos juntas vidrio-metal estancas al vacío y elementos compensadores (fuelles) de las dilataciones térmicas diferenciales entre el tubo interior y el tubo de vidrio. Un vacío, preferentemente inferior a 1×10^{-4} mbar, se forma dentro del espacio creado entre el tubo interior y el tubo exterior de vidrio.

El término "tubo receptor no evacuado" se refiere a un receptor configurado como el "tubo receptor evacuado", con la diferencia de que en el espacio creado entre el tubo interior y el tubo exterior de vidrio no hay vacío.

40 El término "tubo receptor que funciona con aire" se refiere a un receptor que consiste únicamente en el tubo de acero en cuya superficie exterior se aplica el revestimiento absorbente.

45 En el caso de las plantas solares, en particular, plantas termosolares que funcionan hasta a 300 °C, normalmente usadas para la producción de calor de proceso, la solución del tubo no evacuado o del tubo que funciona con aire puede ser muy atractiva. De hecho, en vista de una eficiencia del campo solar reducida debido a mayores pérdidas térmicas del receptor, la solución del tubo no evacuado o, en particular, del tubo que funciona con aire es ventajosa debido a su decisiva reducción del coste de la planta y a una estructura de componentes sencilla y robusta.

Breve descripción de los dibujos

50 A continuación, se describirá la invención según las realizaciones con fines explicativos y no limitativos con ayuda de los dibujos adjuntos, en los que:

55 • La Figura 1 ilustra esquemáticamente una vista en sección transversal de un revestimiento absorbente espectralmente selectivo según una realización general de la invención, aplicado en la superficie de un sustrato; y

• La Figura 2 ilustra esquemáticamente una vista en sección transversal de la estructura multifuncional de un revestimiento absorbente espectralmente selectivo según una realización general de la invención;

60 Realización preferida de la invención

A continuación, hay una lista de las partes que se muestran en los dibujos adjuntos:

65 1 Sustrato;

2 Recubrimiento absorbente solar espectralmente selectivo;

21 Capa base reflectante de infrarrojos;

22 Estructura multifuncional;

5

22a Capa reflectante de infrarrojos adicional;

22b Capa estabilizadora;

10 23 Estructura multicapa absorbente de cermet;

24 Estructura multicapa antirreflectante

3 Fluido caloportador

15

Para una representación más sencilla y clara, los elementos mostrados no se han dibujado necesariamente a escala en los dibujos adjuntos. Por ejemplo, para más claridad, las dimensiones de algunos elementos pueden haberse ampliado o reducido en comparación con otros elementos.

20 En particular, el grosor de las capas individuales y de las estructuras multicapa del revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo objeto de la invención se ha ampliado y no está necesariamente a escala; asimismo, en los dibujos adjuntos, el grosor del sustrato 1 tampoco se muestra a escala en comparación con los elementos (capas, estructuras multicapa) del revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo 2.

25 Por último, cuando se considere conveniente, los números de referencia pueden haberse repetido entre los dibujos y en el mismo dibujo para indicar elementos correspondientes o similares. A modo de ejemplo, en la Figura 2, los números de referencia 22a y 22b se repiten varias veces e indican elementos de la estructura multifuncional 22 que son similares (en cuanto a función), pero no necesariamente idénticos (en cuanto a materiales constitutivos y grosor).
 30 Las capas 22a son capas reflectantes de infrarrojos adicionales, pero cada capa 22a de la Figura 2 puede ser diferente por tipo de metal constituyente y grosor de la capa. Las capas estabilizadoras 22b pueden ser de cerámica o cermet o de metal o comportamiento metálico; cada una de las capas estabilizadoras 22b de la Figura 2, independientemente de las otras capas estabilizadoras 22b, puede ser de cerámica o cermet o de metal o comportamiento metálico y, dentro de la misma clase de materiales (por ejemplo, clase de materiales cerámicos), puede estar hecha de un material diferente; el grosor de las diversas capas estabilizadoras 22b también puede ser diferente de una a otra.

35

Con referencia a los dibujos adjuntos, la Figura 1 ilustra esquemáticamente una vista en sección transversal de un revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo 2 según una realización de la invención; en la Figura 1, el revestimiento 2 de la invención se aplica sobre la superficie de un sustrato tubular 1 y comprende, aplicadas secuencialmente: una estructura multicapa reflectora de infrarrojos que comprende una capa base reflectora de infrarrojos 21 y una estructura multifuncional 22, una estructura de cermet multicapa absorbente 23 y una estructura multicapa antirreflectante 24. Por el interior del tubo receptor circula un fluido caloportador 3.

40

La Figura 2 ilustra esquemáticamente una vista en sección transversal de la estructura multifuncional 22.

45 En la Figura 2, la estructura multifuncional 22 consiste en algunas capas reflectantes de infrarrojos adicionales 22a y en algunas capas estabilizadoras 22b que pueden ser de cerámica y/o cermet y/o de metal y/o comportamiento metálico.

50 En la Figura 2, de acuerdo con la Figura 1 anterior y con lo estipulado por la invención, la estructura multifuncional está comprendida entre la capa base reflectora de infrarrojos 21 y la estructura de cermet multicapa absorbente 23.

Capa base reflectante de infrarrojos 21

55 Como ya se ha indicado, en la invención la capa base reflectante de infrarrojos 21 tiene la función de reflector de infrarrojos del revestimiento absorbente 2, de una capa barrera y de una capa de adherencia para la estructura multifuncional 22 anterior. En algunas realizaciones de la invención, una función podría prevalecer sobre las demás.

60 Las características esenciales de un material reflectante de infrarrojos, que pueden usarse en un revestimiento absorbente que debe funcionar en vacío a una temperatura alta ($T \geq 550 \text{ °C}$) y en aire a una temperatura media ($T \geq 300 \text{ °C}$) se enumeran a continuación en términos generales:

a. alta reflectancia espectral en el intervalo de 2,0 - 40 μm ;

65 b. estabilidad estructural y químico-física en el vacío (generalmente a $p \leq 1 \times 10^{-4}$ mbar), a la temperatura de funcionamiento del revestimiento absorbente de al menos estructuras;

c. estabilidad estructural y químico-física en aire, a la temperatura de funcionamiento del revestimiento absorbente de al menos 300 °C;

d. adhesión al sustrato;

5 e. bajo coeficiente de difusión elemental del material que constituye el reflector de infrarrojos en el interior de las capas superiores, a la temperatura de funcionamiento del revestimiento absorbente;

10 f. capacidad de actuar como capa barrera, a la temperatura de funcionamiento del revestimiento absorbente, para la difusión de elementos que migran desde el sustrato sobre el que se aplica el revestimiento absorbente.

De entre los materiales metálicos y los materiales de comportamiento metálico, hay muchos capaces de cumplir la mayoría de las características enumeradas anteriormente; sin embargo, ninguno de ellos es capaz de cumplir todas al mismo tiempo; por consiguiente, la elección de identificar en primer lugar, como capa base reflectante de infrarrojos, 15 materiales metálicos o materiales de comportamiento metálico capaces de garantizar una estabilidad estructural y químico-física de todo el revestimiento absorbente en las condiciones de funcionamiento requeridas por la aplicación de destino. En otras palabras, estos materiales metálicos o de comportamiento metálico deben tener, en las condiciones de funcionamiento del revestimiento absorbente, una buena estabilidad estructural y químico-física, una buena adherencia al sustrato sobre el que se aplican, un bajo coeficiente de difusión elemental en el interior de las 20 capas anteriores y, por último, una buena capacidad para bloquear la difusión de elementos que migran desde el sustrato sobre el que se aplica el material metálico o el material de comportamiento metálico. Muchos metales de transición y sus aleaciones binarias y ternarias tienen las características indicadas anteriormente; en particular, como capa base reflectante de infrarrojos, uno de los siguientes metales de transición Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W puede seleccionarse o una aleación binaria o ternaria de los metales de transición mencionados anteriormente. Los nitruros 25 de Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W, así como los nitruros de sus aleaciones binarias y ternarias, son materiales que tienen características que significan que puedan usarse como capa base reflectante de infrarrojos.

El W tiene dos fases cristalinas: el W en fase α puede insertarse entre los materiales de reflectancia media-alta, mientras que el W en fase β entre los materiales de reflectancia media.

30 Ti, Zr, Mo, W, El TiN y el ZrN son los candidatos preferidos para constituir la capa base reflectante de infrarrojos 21 de la invención. De hecho, estos materiales pueden desempeñar eficientemente las funciones de primer reflector de infrarrojos, capa barrera y capa de adherencia. Adicionalmente, poseen una excelente estabilidad estructural y químico-física a altas temperaturas de funcionamiento y se caracterizan por sus bajos coeficientes de difusión 35 elemental.

Resumiendo, la invención requiere que la capa base reflectante de infrarrojos 21 esté compuesta de un metal de transición seleccionado de entre Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W o de una aleación binaria o ternaria de los metales de transición mencionados anteriormente o de un nitruro de uno de los metales de transición mencionados anteriormente o de un nitruro de una aleación binaria o ternaria de los metales de transición mencionados anteriormente.

El grosor de la capa base reflectante de infrarrojos 21 varía está entre 1 y 250 nm, preferentemente, entre 90 y 150 nm. De esta manera, se garantiza que la capa pueda desempeñar de eficientemente las funciones de primer reflector de 45 infrarrojos, capa barrera y capa de adherencia.

Según algunas realizaciones preferidas de la invención, la capa base reflectante de infrarrojos 21 consiste en: Ti, Zr, Mo, W, TiN y ZrN.

50 Estructura multifuncional 22

Como se ha indicado anteriormente, en la invención, se aplica una estructura multifuncional 22 a la capa base reflectante de infrarrojos 21.

55 Esta estructura multifuncional 22 consiste en una o más capas reflectantes de infrarrojos adicionales 22a y al menos una o más capas estabilizadoras 22b que consisten en cerámica o cermet o en metal o material de comportamiento metálico o en una combinación de las mismas capas.

Las capas reflectantes de infrarrojos adicionales 22a tienen la función de aumentar la reflectancia de infrarrojos de la capa base reflectante de infrarrojos 21 y, en consecuencia, de todo el revestimiento absorbente 2 o de mejorar su 60 emisividad térmica. A la luz de lo que ya se ha analizado, los metales que pueden usarse para desempeñar la función de aumentar la reflectancia de infrarrojos del revestimiento absorbente 2 son los siguientes:

65 a. con alta reflectancia (Au, Ag, Cu y Al), donde la capa base reflectante de infrarrojos 21 está hecha de un material de reflectancia media o media-alta;

b. con reflectancia media-alta (Mo, α -W), donde la capa base reflectante de infrarrojos 21 está hecha de un material

de reflectancia media.

Con referencia a los metales de alta reflectancia, Au, Ag, Cu y Al tienen valores de reflectancia muy altos ya partiendo del infrarrojo cercano (1,0 - 2,0 μm) y esto permite un "corte" óptico con un aumento muy pronunciado al pasar de la zona de absorbancia solar a la de emisividad térmica; este comportamiento es ventajoso desde el punto de vista de la selectividad espectral del revestimiento absorbente, permitiendo valores bajos de emisividad, incluso en presencia de altas temperaturas de funcionamiento. Adicionalmente, el uso de Au, Ag, Cu y Al sigue siendo ventajoso para las variaciones limitadas del índice de refracción (n) y del coeficiente de extinción (k) de estos metales a medida que aumenta la temperatura, con la consiguiente reducción reducida de la reflectancia espectral de infrarrojos y el deterioro reducido de la emisividad térmica, incluso a altas temperaturas de funcionamiento.

Como se ha mencionado, desde el punto de vista de las propiedades ópticas Au, Ag, Cu y Al son los metales elegidos para aumentar la reflectancia de infrarrojos de un revestimiento absorbente o para mejorar la emisividad térmica del mismo.

En vista del ventajoso comportamiento óptico del Au, Ag, Cu y Al, estos metales tienen:

- propiedades de adherencia superficial muy pobres al material normalmente usado para la parte del receptor solar que actúa como sustrato del revestimiento absorbente y, en particular, una escasa adherencia al acero;

- escasa capacidad para actuar como capa barrera con respecto a la difusión de elementos que migran desde el sustrato sobre el que se aplica el revestimiento absorbente y, en particular, de los elementos de aleación de acero.

La escasa capacidad para actuar como capa de adherencia y como capa barrera impide el uso de Au, Ag, Cu y Al como primera capa de un revestimiento absorbente solar para aplicaciones de media-alta y alta temperatura, incluso teniendo en cuenta que este comportamiento se deteriora considerablemente a medida que aumenta la temperatura.

Basándose en lo anterior, el uso de Ag, Al, Cu, Au en la estructura multifuncional 22, con el fin de aumentar el rendimiento térmico de baja emisión del revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo 2, siempre requiere la presencia de una capa subyacente que actúe como capa de adherencia y como capa barrera: la invención provee expresamente que esta función esté desempeñada por la capa base reflectante de infrarrojos 21 hecha de materiales convenientemente seleccionados a tal efecto. En otras palabras, la interposición de la capa base reflectante de infrarrojos 21, de material adecuadamente seleccionado, entre el sustrato 1 y la estructura multifuncional 22 mejora la adherencia sobre el acero (o sobre otro material que constituya el sustrato) y proporciona un efecto barrera eficiente contra la difusión de elementos procedentes del material del sustrato.

Además de los problemas ya indicados, Au, Ag, Cu y Al están sujetos a una serie de fenómenos intrínsecos fuertemente dependientes de la temperatura, tal como la reorientación cristalina y la variación del tamaño del grano cristalino:

- Au, Ag, Cu y Al, depositados en forma de película fina, tienen una orientación cristalina preferente "tal cual" y una serie de orientaciones secundarias; a una temperatura alta, estos metales pueden sufrir una reorientación cristalina, es decir, recristalización, con modificación estructural de la película depositada.

- Au, Ag, Cu y Al, depositados en forma de película fina, tiene granos "tal cual" de un determinado tamaño; a una temperatura alta, la agregación, es decir, coalescencia, es posible, con un aumento del tamaño del grano cristalino y la consiguiente modificación estructural de la película depositada.

Los fenómenos intrínsecos de reorientación y coalescencia significan que una capa metálica altamente reflectante consistente en una de Au, Ag, Cu y Al, no siendo ella misma estructuralmente estable, puede comprometer la estabilidad estructural de todo el revestimiento en el que se inserta.

Un problema adicional se refiere al uso de Au, Ag, Cu y Al en un revestimiento absorbente solar es el alto coeficiente de difusión de estos metales en una amplia clase de materiales normalmente usados en revestimientos absorbentes de receptores solares. Este comportamiento altamente difusivo del Au, Ag, Cu y Al se deteriora significativamente a medida que aumenta la temperatura. En este caso, la difusión en la interfaz entre el metal (Au, Ag, Cu y Al) y el absorbedor de cermet implica modificaciones de la composición de las capas adyacentes y posibles reacciones químicas entre los distintos materiales de las capas, con el consiguiente deterioro de las propiedades del reflector de infrarrojos y de las propiedades absorbentes del cermet. La escasa estabilidad químico-física del revestimiento absorbente, debido a la variación de la estequiometría o composición de las capas de cermet y del reflector de infrarrojos, se incrementa a temperaturas altas y durante largos periodos de funcionamiento.

Resumiendo, a medida que aumenta la temperatura de funcionamiento de un revestimiento absorbente solar, el uso de metales de alta reflectancia (tales como Au, Ag, Cu y Al), con vistas a mejorar potencialmente la reflectancia de infrarrojos del revestimiento, conlleva la inestabilidad estructural y químico-física del revestimiento con la degradación del rendimiento fototérmico con el paso del tiempo.

Por lo tanto, el uso de Au, Ag, Cu y Al en un recubrimiento absorbente solar, que no sólo es altamente eficiente desde el punto de vista fototérmico, sino también muy duradero, conlleva la necesidad de "estabilizar" estos metales altamente reflectantes, o de atenuar los problemas relacionados con la reorientación cristalina, coalescencia y un alto coeficiente de difusión.

Para evitar los problemas relacionados con el uso de Au, Ag, Cu y Al como capa reflectora de infrarrojos adicional 22a, la invención proporciona toda una serie de innovaciones que comprenden una estructura multifuncional 22 aplicada a la capa base reflectante de infrarrojos 21. Esta estructura multifuncional 22 consiste en múltiples capas reflectantes definidas como capas reflectantes de infrarrojos adicionales 22a y hechas de metales seleccionados de entre Au, Ag, Cu y Al, así como una o más capas estabilizadoras 22b de materiales convenientemente seleccionados para desempeñar una o más funciones tales como mejorar la estabilidad estructural intrínseca de las capas reflectantes de infrarrojos adicionales 22a, actuando como barrera a la difusión de los metales que componen las capas reflectantes de infrarrojos adicionales 22a, mejorando así la estabilidad químico-física de todo el revestimiento absorbente 2, y actuando como capa de adherencia para la estructura de cermet multicapa absorbente 23 anterior. Por consiguiente, la estructura multicapa 22 de la invención está definida como una "estructura multifuncional" 22.

En este caso, lo anterior se consigue con las siguientes innovaciones ilustradas.

La invención implica la adopción de capas reflectantes de infrarrojos adicionales 22a de un grosor suficientemente grande como para garantizar un rendimiento óptico próximo al del material "a granel", pero suficientemente pequeño para atenuar la reorientación cristalina intrínseca y la coalescencia.

En el único caso de capas reflectantes de infrarrojos adicionales 22a hechas de Ag, la invención implica la mejora de la estabilidad intrínseca del material fabricándolo por medio de una pulverización de alta potencia realizada en una atmósfera de gas argón + nitrógeno, en lugar de la atmósfera de solo gas argón típica de la deposición de metales. La alta potencia hace posible que átomos de Ag muy energéticos (de alta movilidad) participen en el crecimiento de la capa de Ag, pero, al mismo tiempo, el aporte adicional de nitrógeno permite que solo los átomos más energéticos participen en el crecimiento de la película. En la práctica, el proceso de crecimiento se producirá con alta energía y baja tasa de crecimiento, una condición preferente para la formación de una estructura cristalina de la película de Ag próxima a la condición ideal de formación de un solo cristal (que virtualmente no tiene recrystalización y coalescencia intrínsecas).

Como ya se ha ilustrado, con particular referencia a las realizaciones en las que la capa o capas reflectantes de infrarrojos adicionales 22a consisten en Au, Ag, Cu y Al, la invención estipula que la capa o capas estabilizadoras 22b de la estructura multifuncional 22 pueden desempeñar una o más funciones tales como:

- mejorar la estabilidad estructural intrínseca de la capa o capas metálicas altamente reflectantes 22a;

- actuar como barrera a la difusión de metales altamente reflectantes;

actuando como capa de adherencia para la estructura de cermet multicapa absorbente 23 anterior.

Para desempeñar estas funciones, los materiales que constituyen la capa o capas estabilizadoras 22b de la estructura multicapa multifuncional 22 deben ser:

- a alta temperatura, estables y químicamente inertes con respecto a los metales que constituyen la capa o capas reflectantes de infrarrojos adicionales 22a;

- transparentes en la región espectral infrarroja o aplicarse en forma de una película suficientemente fina, para no comprometer el comportamiento óptico altamente reflectante de toda la estructura multifuncional 22;

- suficientemente compactos y, una vez aplicados a la capa reflectora de infrarrojos adicional 22a, de tal manera que se garantice un recubrimiento que se conforme a la misma;

- capaces de formar enlaces fuertes en la interfaz con el metal de la capa reflectora de infrarrojos adicional 22a para obtener una fuerte adherencia entre las capas adyacentes 22a y 22b.

Asimismo, para una fuerte adhesión entre la estructura multifuncional 22 y la estructura de cermet multicapa absorbente 23, el único material que constituye la última capa de la estructura multifuncional 22 debe ser capaz de formar enlaces fuertes en la interfaz con el material cermet de la estructura de cermet multicapa absorbente 23 anterior.

Cabe señalar que los materiales con tales características son potencialmente capaces de mejorar la estabilidad estructural intrínseca del Au, la Ag, el Cu y el Al y bloquear eficientemente los procesos de difusión de tales metales altamente reflectantes.

- 5 La invención identifica los materiales que se pueden usar para desempeñar una o más funciones tales como mejorar la estabilidad estructural intrínseca de los metales de las capas reflectantes de infrarrojos adicionales 22a, actuando como barrera a la difusión de los metales de las capas reflectantes de infrarrojos adicionales 22a, mejorando la estabilidad químico-física de todo el revestimiento absorbente 2 y actuando como capa de adherencia para la estructura de cermet multicapa absorbente 23 anterior.
- 10 La invención agrupa los materiales anteriores en las siguientes categorías: óxidos cerámicos, nitruros cerámicos, cermets a base de óxido, cermets a base de nitruro, metales de transición y sus aleaciones, y nitruros de comportamiento metálico.
- 15 Con referencia a los materiales que constituyen las capas metálicas de las capas reflectantes de infrarrojos adicionales 22a, es posible usar metales de reflectancia media-alta (Mo y α -W) dentro del ámbito de la invención cuando la capa base reflectante de infrarrojos subyacente 21 consiste en un material de reflectancia media.
- 20 La excelente estabilidad estructural y químico-física y el bajo coeficiente de difusión del Mo y el W pueden mejorarse aún más alternándolos, dentro de una estructura multifuncional 22, estos materiales en forma de finas capas reflectoras de infrarrojos adicionales 22a con capas estabilizadoras de cerámica, cermet, metálicas o de comportamiento metálico 22b.
- 25 El uso de estos metales de reflectancia media-alta es preferible cuando se desea conseguir el propósito de proporcionar un revestimiento absorbente espectralmente selectivo 2 para receptores solares que tenga al menos un rendimiento fototérmico alineado (α_s , ϵ_{th}) y una estabilidad mejorada (durabilidad, vida útil) con respecto a la técnica anterior de revestimientos para aplicaciones de alta temperatura (hasta al menos 550 °C) en vacío ($p \leq 1 \times 10^{-4}$ mbar). Asimismo, estos metales de reflectancia media-alta son los mejores candidatos para producir un revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo 2 con gran versatilidad de uso, que puede usarse, con un excelente rendimiento fototérmico (alta α_s , baja ϵ_{th}) y alta estabilidad (durabilidad, vida útil), en aplicaciones de hasta al menos 300 °C en aire.
- 30 Resumiendo, la invención estipula que las capas reflectantes de infrarrojos adicionales 22a de la estructura multicapa multifuncional 22 del revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo 2 consisten en uno o más metales seleccionados de entre Al, Cu, Ag, Au, Mo y W.
- 35 Para aplicaciones a alta temperatura (hasta al menos 550 °C) en vacío ($p \leq 1 \times 10^{-4}$ mbar), donde se desea obtener un revestimiento absorbente 2 con un rendimiento fototérmico superior (α_s y ϵ_{th}) y estabilidad (durabilidad, vida útil) que esté al menos alineado con la técnica anterior, la invención estipula el uso de Ag y Au como capa reflectante de infrarrojos adicional 22a en vista de la baja temperatura de fusión del Al y del alto coeficiente de difusión del Cu con respecto al Au y la Ag.
- 40 En particular, teniendo en cuenta el coste mucho menor de la Ag respecto al Au, las realizaciones preferidas de la invención estipulan que las capas reflectantes de infrarrojos adicionales 22a consisten en Ag.
- 45 Para aplicaciones a altas temperaturas (hasta al menos 550 °C) en vacío ($p \leq 1 \times 10^{-4}$ mbar), cuando se desea obtener un revestimiento absorbente 2 con un rendimiento fototérmico al menos alineado (α_s y ϵ_{th}) y una estabilidad mejorada (durabilidad, vida útil) con respecto a la técnica anterior, las realizaciones preferidas de la invención estipulan el uso de Mo y α -W como capa reflectora de infrarrojos adicional 22a.
- 50 Por último, para aplicaciones de hasta al menos 300 °C en aire, cuando se desea obtener un revestimiento absorbente 2 particularmente versátil con un excelente rendimiento fototérmico (alta α_s , baja ϵ_{th}) y alta estabilidad (durabilidad, vida útil), las realizaciones preferidas de la invención estipulan el uso de Mo y α -W como capa reflectora de infrarrojos adicional 22a.
- 55 Como ya se ha mostrado, la invención agrupa los materiales que pueden componer las capas estabilizadoras 22b en las siguientes categorías: óxidos cerámicos, nitruros cerámicos, cermets a base de óxido, cermets a base de nitruro, metales de transición y sus aleaciones, y nitruros de comportamiento metálico.
- 60 En este caso, algunas realizaciones de la invención estipulan que las capas estabilizadoras 22b son cerámicas y, en particular, consisten en un óxido de un metal de transición seleccionado de entre Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W o en una aleación binaria o ternaria de estos metales de transición o en un óxido de Al o Si o en una aleación binaria de Al y Si o en un nitruro de Al o Si o en una aleación binaria de Al y Si. El grosor de cada capa estabilizadora 22b de material cerámico varía preferentemente entre 5 y 120 nm. Según algunas realizaciones preferidas de la invención, las capas estabilizadoras 22b hechas de material cerámico consisten en Al_2O_3 , SiO_2 , Si_3N_4 , AlN, óxidos y nitruros de aleaciones binarias de Al y Si; en tales realizaciones preferidas de la invención, Al_2O_3 , SiO_2 , Si_3N_4 , AlN puede estar tanto en forma subestequiométrica como estequiométrica.
- 65 Otras realizaciones de la invención estipulan que las capas estabilizadoras 22b están hechas de cermet y, en particular, son de un cermet en el que el componente metálico consiste en un metal de transición seleccionado entre

Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W o una aleación binaria o ternaria de estos metales de transición, y en el que el componente cerámico consiste en un óxido de Al o Si o en una aleación binaria de Al y Si, o en un nitruro de Al o Si o en una aleación binaria de Al y Si. El grosor de cada capa estabilizadora 22b hecha de cermet varía preferentemente entre 5 y 50 nm. Según algunas realizaciones preferidas de la invención, en las capas estabilizadoras 22b, el cermet
5 consiste en Zr-SiO₂, Ti-AlN, Ti-Si₃N₄, Ta-Si₃N₄, Zr-Si₃N₄, Mo-Si₃N₄, W-Si₃N₄, Cr-Si₃N₄.

En realizaciones adicionales de la invención se estipula que las capas estabilizadoras 22b son metálicas y, en particular, consisten en un metal de transición seleccionado de entre Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W o de una aleación binaria o ternaria de los metales de transición anteriores. El grosor de cada capa estabilizadora metálica 22b varía
10 preferentemente entre 5 y 20 nm.

Según algunas realizaciones preferidas de la invención, las capas estabilizadoras 22b consisten en Ti, aleaciones binarias de Ti y W, aleaciones binarias de Ta y W.

Por último, como realizaciones finales, la invención estipula que las capas estabilizadoras 22b están hechas de materiales de comportamiento metálico y, en particular, consisten en un nitruro de metal de transición seleccionado de entre Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W o de un nitruro de una aleación binaria o ternaria de estos metales de transición. El grosor de cada capa estabilizadora 22b hecha de un material de comportamiento metálico varía preferentemente entre 5 y 20 nm. Según algunas realizaciones preferidas de la invención, las capas estabilizadoras 22b consisten en
15 TiN, ZrN, NbN, MoN, TaN, WN, nitruro de una aleación binaria de Ti y Zr.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, la estabilización de la capa reflectora de infrarrojos adicional 22a dentro de la estructura multicapa multifuncional 22 se consigue usando capas estabilizadoras 22b de materiales cerámicos, cermet, metálicos o de comportamiento metálico seleccionados adecuadamente.
25

En principio, se pueden usar varias capas estabilizadoras 22b para estabilizar la fina capa metálica altamente reflectante 22a, generalmente de materiales diferentes y cada una capaz de mejorar la estabilidad estructural intrínseca de la capa reflectora de infrarrojos adicional 22a y/o de actuar como barrera a la difusión del metal de la capa reflectora de infrarrojos adicional 22a y/o de actuar como capa de adherencia.
30

En aras de una mayor simplicidad, economía y rapidez del proceso de fabricación del componente "receptor solar", resulta ventajoso que la estabilización de la capa reflectora de infrarrojos adicional 22a se consiga mediante el uso de una única capa estabilizadora 22b consistente en un material que realice todas las funciones mencionadas anteriores.

La invención estipula una configuración mínima de dos capas para la estructura multifuncional 22; esta se aplica sobre la capa base reflectante de infrarrojos 21: una primera capa reflectante de infrarrojos adicional 22a y una segunda capa estabilizadora 22b.
35

Las realizaciones preferidas de la invención estipulan el uso de una estructura multifuncional 22 que consiste en un par de capas formadas por una capa reflectora de infrarrojos adicional 22a y una capa estabilizadora 22b hecha de material cerámico o por un par de capas formadas por una capa reflectora de infrarrojos adicional 22a y una capa estabilizadora 22b hecha de material cermet.
40

Se entiende que, como se ha mostrado anteriormente, la capa reflectora de infrarrojos adicional 22a debe tener un grosor suficientemente grande para garantizar un rendimiento óptico próximo al del material "a granel", pero suficientemente pequeño para atenuar una reorientación cristalina intrínseca y la coalescencia.
45

El uso de usar una capa reflectante de infrarrojos fina adicional 22a conlleva un rendimiento óptico de reflectancia de infrarrojos del revestimiento absorbente 2, que ciertamente aumenta con respecto al que se puede obtener con una sola capa base reflectante de infrarrojos 21. Sin embargo, se puede mejorar aún más repitiendo el número de pares de "capa reflectora de infrarrojos adicional 22a / capa estabilizadora 22b hecha de material cerámico", o de pares de "capa reflectora de infrarrojos adicional 22a / capa estabilizadora 22b hecha de cermet".
50

En otras palabras, la reflectancia de infrarrojos del revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo 2 aumentará a medida que aumente el número de pares de "capa metálica altamente reflectante 22a / capa cerámica 22b", es decir, pares de "capa metálica altamente reflectante 22a / capa cermet 22b", que constituyen la estructura multifuncional 22.
55

Considerando que, por lo general, la invención estipula que la estructura multifuncional 22 consiste en un número máximo de capas igual a 30, dispuestas de modo que aumenten el rendimiento térmico de baja emisión y la estabilidad del revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo 2, en las realizaciones preferidas de la invención, la estructura multifuncional 22 consiste en un par de capas de "capa metálica altamente reflectante 22a / capa cerámica 22b", o en un par de capas formadas a partir de "capa metálica altamente reflectante 22a / capa cermet 22b", cada par repetido hasta un máximo de 15 veces. En tales realizaciones preferidas, tanto la capa metálica altamente reflectante 22a como la capa estabilizadora cerámica o cermet 22b que constituyen el par tienen un grosor que oscila entre 5 y 40 nm.
60
65

Estructura de cermet multicapa absorbente 23

5 Como se ha indicado anteriormente, en la invención, la estructura de cermet multicapa absorbente 23 desempeña la función de absorbente del revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo 2.

10 Los "cermet" son materiales compuestos que consisten en una fase cerámica y una fase metálica nanodispersas entre sí. Esta estructura particular confiere a los cermets las propiedades ópticas de alta absorción en la región espectral de la radiación solar y buena transparencia en la región espectral del infrarrojo térmico, para no interferir con la función de reflectancia de infrarrojos de la estructura multifuncional 22 subyacente y de la capa base reflectante de infrarrojos 21.

15 Un material cermet, con el fin de usarse de manera eficiente en el revestimiento absorbente 2 de la invención, deben estar dotado de una gran estabilidad intrínseca y, por lo tanto, los materiales que constituyen sus fases deben tener características de alta estabilidad estructural y químico-física a altas temperaturas. Adicionalmente, estos materiales deben tener un coeficiente de difusión muy bajo a altas temperaturas.

20 La invención identifica una serie de materiales que constituyen la fase metálica del absorbedor de cermet de la estructura de cermet multicapa absorbente 23, que presentan las características descritas anteriormente. En algunas realizaciones de la invención, la fase metálica del cermet consiste en un metal de transición seleccionado de entre Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W. En otras realizaciones, la fase metálica del cermet consiste en una aleación binaria o ternaria de metales de transición seleccionados de entre Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W.

25 La invención también identifica una serie de materiales que constituyen la fase cerámica del absorbedor de cermet de la estructura de cermet multicapa absorbente 23 que presenta las características descritas anteriormente. En algunas realizaciones de la invención, la fase cerámica del cermet es un óxido y, en particular, consiste en un óxido de Al o un óxido de Si o en un óxido de una aleación binaria de Al y Si. En otras realizaciones, la fase cerámica del cermet es un nitruro y, en particular, consiste en un nitruro de Al o un nitruro de Si o en un nitruro de una aleación binaria de Al y Si.

30 Dentro del contexto de los materiales que la invención identifica como adecuados y eficientes para constituir la fase metálica y la fase cerámica del absorbedor de cermet, en las realizaciones preferidas de la invención, la estructura de cermet multicapa absorbente 23 está compuesta por un metal de transición seleccionado de entre Ti, Zr, Mo, W y un material cerámico consistente en un óxido de Al. En las realizaciones preferidas adicionales de la invención, la estructura de cermet multicapa absorbente 23 está compuesta por un metal de transición seleccionado de entre Ti, Zr, Mo, W y un material cerámico consistente en un nitruro de Al.

35 Las estructuras de cermet multicapa absorbentes 23 con un componente cerámico de óxido, son más difíciles de fabricar que en el caso de cermet con un componente cerámico de nitruro.

40 Para producir las capas de cermet, la técnica de deposición más usada es la de la copulverización reactiva, es decir, pulverización simultánea, en gas argón + gas reactivo (O₂, N₂), partiendo de objetivos de diferentes materiales, con al menos un objetivo capaz de producir el componente metálico del cermet y al menos un objetivo capaz de producir el componente cerámico del cermet.

45 Para obtener un cermet a base de óxido con las propiedades ópticas deseadas, la cantidad de O₂ que se usará en el proceso de deposición debe ser suficientemente alta para oxidar el metal del componente cerámico del cermet, pero suficientemente baja para minimizar la oxidación del componente metálico del cermet. Con el fin de obtener estabilidad y reproducibilidad de las condiciones del proceso, es imprescindible implementar procesos de copulverización reactiva "en régimen de transición" que requieren sistemas de control de purgado de gases reactivos que son difíciles de regular debido a la alta reactividad del O₂.

50 En vista de la difícil configuración del proceso de fabricación del cermet basado en óxidos, el uso de estos materiales tiene una importante ventaja en términos de tasa de deposición máxima que se puede conseguir en comparación con los cermets basados en nitruros. De hecho, la alta reactividad del O₂ en comparación con el N₂ permite oxidar una mayor cantidad de metal por unidad de tiempo y, por lo tanto, permite aumentar la tasa de deposición de los cermets basados en óxidos en comparación con los basados en nitruros.

55 Como se ha indicado anteriormente, las realizaciones preferidas de la invención proveen el uso de absorbedores de cermet con una fase cerámica que consiste en un óxido de Al. La elección viene motivada por la alta estabilidad estructural y químico-física que tiene este material cerámico en el vacío, incluso a temperaturas muy altas (muy por encima de 550 °C). Adicionalmente, este material cerámico es altamente estable incluso en el aire a alta temperatura (muy por encima de 300 °C), lo que lo convierte en un material de elección para su uso como fase cerámica del cermet de la estructura de cermet multicapa absorbente 23 del revestimiento absorbente 2 de la invención para aplicaciones en receptores no evacuados o que funcionan con aire.

60 Las estructuras de cermet multicapa absorbentes 23 con materiales con un componente cerámico de nitruro, son más

fáciles de fabricar que en el caso de cermet con un componente cerámico de óxido.

Para obtener un cermet a base de nitruro con las propiedades ópticas deseadas, la cantidad de N₂ que se usará en el proceso de deposición debe ser suficientemente alta para la nitruración del metal del componente cerámico del cermet, pero suficientemente baja para minimizar la nitruración del componente metálico del cermet. Debido a la baja reactividad del N₂, es posible implementar procesos de copulverización reactiva con alta estabilidad y reproducibilidad, tanto "en un régimen de transición" como "en un régimen de saturación".

En el caso de procesos en transición, aunque sigue siendo necesario un sistema para controlar el purgado del gas reactivo, su gestión es más sencilla de regular, permitiendo una tasa de deposición más alta que en el caso de procesos en saturación. Se entiende que los procesos de copulverización reactiva en saturación para la fabricación de cermet basado en nitruros son absolutamente ventajosos por la simplicidad de la configuración y la alta repetibilidad.

Como se ha indicado anteriormente, las realizaciones preferidas de la invención estipulan el uso de absorbedores de cermet con una fase cerámica que consiste en un nitruro de Al; la elección viene motivada por la alta estabilidad estructural y químico-física que tiene este material cerámico en el vacío, incluso a temperaturas muy altas (muy por encima de 550 °C).

La estructura de cermet multicapa absorbente 23 de la invención puede estar formada a partir de una sola capa de cermet o de varias capas de cermet, hasta un máximo de 40.

El uso de varias capas de cermet permite minimizar el desajuste óptico que encuentra la radiación solar al propagarse por el interior del revestimiento absorbente 2 y, por lo tanto, maximizar la absorción de la radiación solar por la estructura de cermet multicapa absorbente 23. Con el fin de obtener este comportamiento óptico, la invención tiene un perfil adecuado de volumen-fracción del componente metálico de las capas de cermet, $V_{met}/(V_{met}+V_{cer})$; en algunas realizaciones preferidas de la invención, la fracción volumétrica del componente metálico de las capas de cermet disminuye en la dirección que va desde la estructura multifuncional subyacente 22 hasta la estructura multicapa antirreflectante anterior 24 del revestimiento absorbente 2.

Por último, la invención estipula que la estructura de cermet multicapa absorbente 23 tiene preferentemente un grosor de 5 a 120 nm y, en cualquier caso, no superior a 200 nm.

Estructura multicapa antirreflectante 24

En la invención, la estructura multicapa antirreflectante 24, consiste en una o más capas de cerámica, cermet o en una combinación de las mismas capas, tiene la función de filtro antirreflectante, es decir, la función de minimizar la reflexión de la radiación solar que incide en el receptor. Esta función se consigue bien reduciendo el desajuste óptico entre la última capa de la estructura de cermet multicapa absorbente 23 y el medio de propagación de la radiación solar, o bien aplicando los principios de la interferometría.

Preferentemente, con el fin de desempeñar eficientemente la función de filtro antirreflectante, se aplican los principios de la interferometría. Al tener disponibles materiales transparentes con índices de refracción muy diferentes es posible crear filtros antirreflectantes "interferenciales" ópticamente más eficientes para minimizar la radiación solar reflejada por el revestimiento 2, maximizando la absorción de la misma. En este ámbito, el uso de capas de cermet en la estructura multicapa antirreflectante 24 ofrece la ventaja de capas con índices de refracción más altas en comparación con el uso de capas cerámicas únicamente. Los aumentos adecuados del índice de refracción de una capa de cermet ya se obtienen con fracciones volumétricas bajas del componente metálico del cermet, con la ventaja de una baja absorción por parte de las capas que componen el propio filtro. Según se ilustra, la invención estipula que cada capa de cermet de la estructura multicapa antirreflectante 24 se caracteriza por una fracción volumétrica constante del componente metálico y varía entre 0,01 y 0,3.

La invención fija en 20 el número máximo de capas que constituyen la estructura multicapa antirreflectante 24, en este caso del tipo de interferencia, ya que este número es suficiente para diseñar y producir un filtro óptico con las características deseadas.

Un material, para ser usado en la estructura multicapa antirreflectante 24 de la invención, deben estar provisto de una alta estabilidad intrínseca y, en otros términos, debe tener características de alta estabilidad estructural y químico-física a altas temperaturas y, adicionalmente, debe tener un coeficiente de difusión muy bajo en las capas adyacentes a altas temperaturas.

La invención identifica una serie de materiales cerámicos y cermet adecuados para constituir las capas antirreflectantes debido a sus características ópticas (índices de refracción), su estabilidad y tendencia limitada a la difusión.

En este caso, algunas realizaciones de la invención estipulan que la estructura multicapa antirreflectante 24 del revestimiento absorbente 2 comprende capas cerámicas que consisten en un óxido de un metal de transición

seleccionado de entre Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta o W o en una aleación binaria o ternaria de estos metales de transición, o en un óxido de Al o Si o en una aleación binaria de Al y Si, o en un nitruro de Al o Si o en una aleación binaria de Al y Si. La invención estipula que el grosor de cada capa cerámica varía entre 1 y 200 nm, preferentemente, entre 5 y 120 nm. Según algunas realizaciones preferidas de la invención, las capas cerámicas de la estructura antirreflectante 24 consisten en Al_2O_3 , SiO_2 , Si_3N_4 , AlN.

Otras realizaciones de la invención estipulan que la estructura multicapa antirreflectante 24 del revestimiento absorbente 2 comprende capas de cermet en las que el componente metálico consiste en un metal de transición seleccionado de entre Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta o W o en una aleación binaria o ternaria de estos metales de transición, y en las que el componente cerámico consiste en un óxido de Al o Si o en una aleación binaria de Al y Si, o en un nitruro de Al o Si, o en una aleación binaria de Al y Si. La invención estipula que el grosor de cada capa de cermet varía entre 1 y 120 nm, preferentemente, entre 1 y 50 nm. Según algunas realizaciones preferidas de la invención, las capas de cermet de la estructura antirreflectante 24 están compuestas de un metal de transición seleccionado de entre Ti, Zr, Mo, W y de un material cerámico consistente en un óxido o nitruro de Al.

En algunas realizaciones, el revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo de la invención puede funcionar en vacío ($p \leq 1 \times 10^{-4}$ mbar) hasta una temperatura máxima de al menos 550 °C. En tales realizaciones, el revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo de la invención se caracteriza por un excelente rendimiento en términos de alta absorbanza solar y baja emisividad térmica, un rendimiento a alta temperatura (hasta al menos 550 °C) superior al de la técnica anterior. Adicionalmente, en tales realizaciones, el revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo de la invención es duradero durante una vida útil de 25 años, demostrando una excelente estabilidad en vacío al menos hasta 550 °C.

En realizaciones adicionales, el revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo de la invención puede funcionar en aire hasta una temperatura máxima de al menos 300 °C. En tales realizaciones, el revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo de la invención se caracteriza por un excelente rendimiento en términos de alta absorbanza solar y baja emisividad térmica. Adicionalmente, en tales realizaciones, el revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo de la invención es duradero durante una vida útil de 25 años, demostrando una alta estabilidad en aire hasta al menos 300 °C.

Proporcionar un revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo versátil para su uso eficiente tanto para aplicaciones en vacío, hasta al menos 550 °C como para aplicaciones en aire, hasta al menos 300 °C, es una ventaja con respecto a la técnica anterior de revestimientos absorbentes para receptores solares.

Proceso para fabricar el revestimiento absorbente

La invención también se refiere a un proceso para producir el revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo 2, que es el objeto principal de la invención, por medio de técnicas de deposición física de vapor (PVD), y, en particular, mediante técnicas de pulverización a una tasa de deposición alta.

En este caso, estas son i) técnicas de pulverización por magnetrón y copulverización, en gas argón, por objetivos metálicos y ii) técnicas de pulverización y copulverización reactivas por magnetrón, en gas argón + gas reactivo (O_2 , N_2), por objetivos metálicos.

La invención estipula que las deposiciones por pulverización se realizan a una presión que varía en un intervalo de 5×10^{-4} mbar a 5×10^{-2} mbar, y, en particular, a una presión que varía de 1×10^{-3} mbar a 2×10^{-2} mbar.

Cabe señalar que, en la invención, la "copulverización" se refiere a pulverización simultánea, en gas argón, partiendo de objetivos de diferentes materiales, mientras que la "copulverización reactiva" se refiere a pulverización simultánea, en gas argón + gas reactivo (O_2 , N_2), partiendo de objetivos de diferentes materiales.

Con referencia a la estructura del revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo 2 de la invención, el proceso de fabricación comprende las siguientes etapas:

- proporcionar un sustrato 1;

- aplicar la capa base reflectora de infrarrojos 21 a toda o parte de la superficie del sustrato 1 mediante técnicas de pulverización;

aplicar la estructura multifuncional 22 a la capa base reflectora de infrarrojos 21 mediante técnicas de pulverización;

- aplicar la estructura de cermet multicapa absorbente 23 a la estructura multifuncional 22 mediante técnicas de pulverización;

- aplicar la estructura multicapa antirreflectante 24 a la estructura de cermet multicapa absorbente 23 mediante técnicas de pulverización.

En la invención, el sustrato 1 forma parte del receptor solar.

En muchas realizaciones de la invención, el sustrato 1 consiste en un metal o una aleación y, en particular, consiste en acero.

5 En las realizaciones preferidas de la invención, el sustrato 1 consiste en el tubo de acero del receptor de un sistema solar térmico o termodinámico con colectores lineales parabólicos o de Fresnel.

10 En el caso de un sustrato en forma tubular 1, normalmente, el sustrato 1 se hace girar alrededor de su propio eje durante el proceso de deposición por pulverización para aplicar las capas del revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo 2 sobre toda la superficie exterior del tubo; en este caso, el tubo-sustrato 1 gira en sentido opuesto a las fuentes de pulverización, es decir, enfrente de los electrodos que consisten en cátodos de magnetrón.

15 La invención prevé que el proceso de deposición por pulverización del revestimiento absorbente 2 pueda ir precedido de un tratamiento previo térmico o con plasma del sustrato 1, normalmente de Ar, o de una combinación de uno o más tratamientos previos térmicos o con plasma.

20 El posible que se realice un tratamiento térmico previo del sustrato en vacío a una presión inferior a 5×10^{-4} mbar, en particular, preferentemente inferior a 1×10^{-4} mbar y con el fin de llevar el sustrato 1 a una temperatura que varía entre 100°C y 300°C .

25 Se realiza el posible tratamiento previo con plasma, normalmente, en gas Ar, a una presión inferior a 5×10^{-2} mbar por medio de una polarización del sustrato 1 o a una presión inferior a 5×10^{-3} mbar por medio de una fuente de iones capaz de realizar un bombardeo iónico de alta energía del sustrato 1.

En el caso de un sustrato tubular 1, este generalmente gira, incluso durante los posibles tratamientos previos, para acondicionar de manera uniforme y eficiente toda la superficie sobre la que se realizará el depósito de pulverización.

30 Los procesos de pulverización, que la invención estipula para la aplicación de las diversas categorías de materiales que constituyen las capas del revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo 2, que es el objeto principal de la invención, se describen a continuación. En otras palabras, los procesos de pulverización estipulados por el proceso de fabricación de la invención se "catalogarán" según el material que se va a depositar, dado que la elección y definición del proceso específico dependen esencialmente del tipo de material que se va a fabricar.

35 La invención implica un método para producir el revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo 2 en el que las capas metálicas consistentes en un metal de transición o un metal altamente reflectante se aplican por medio de la técnica de pulverización por magnetrón, en gas Ar, mediante objetivos del metal de transición mencionado anteriormente o del metal altamente reflectante mencionado anteriormente. En el caso de que la capa reflectora de infrarrojos adicional consista en Ag, por las razones ilustradas en el párrafo anterior, esta capa puede producirse por
40 medio de la técnica de pulverización por magnetrón, en gas $\text{Ar} + \text{N}_2$, por objetivos Ag.

45 La invención estipula que las capas metálicas consistentes en una aleación binaria o ternaria de metales de transición se aplican por medio de la técnica de pulverización por magnetrón, en gas Ar, mediante objetivos formados a partir de la aleación específica de interés, o por medio de la técnica de copulverización por magnetrón, en gas Ar, mediante objetivos de los metales individuales que forman la aleación. En este caso, la composición deseada de la aleación se obtendrá variando adecuadamente la potencia de alimentación de los objetivos de los metales individuales.

50 La invención estipula que las capas de comportamiento metálico consistentes en un nitruro de metal de transición se aplican por medio de la técnica de pulverización reactiva por magnetrón, en gas $\text{Ar} + \text{N}_2$, mediante objetivos del metal de transición mencionado anteriormente.

55 La invención estipula que las capas de comportamiento metálico consistentes en un nitruro de una aleación binaria o ternaria de metales de transición se aplican por medio de la técnica de pulverización reactiva por magnetrón, en gas $\text{Ar} + \text{N}_2$, mediante objetivos formados a partir de la aleación específica de interés, o por medio de copulverización reactiva por magnetrón en gas $\text{Ar} + \text{N}_2$ mediante objetivos de los metales individuales alimentados a potencias adecuadas.

60 La invención estipula que las capas cerámicas consistentes en un óxido de un metal de transición o un óxido de Al o Si se aplican por medio de pulverización reactiva por magnetrón, en gas $\text{Ar} + \text{O}_2$, mediante objetivos del metal de transición mencionado anteriormente o mediante objetivos de Al o Si.

65 La invención estipula que las capas cerámicas consistentes en un óxido de una aleación binaria o ternaria de metales de transición o en un óxido de una aleación binaria de Al y Si se aplican por medio de pulverización reactiva por magnetrón, en gas $\text{Ar} + \text{O}_2$, mediante objetivos formados a partir de la aleación específica de interés, o por medio de copulverización reactiva por magnetrón, en gas $\text{Ar} + \text{O}_2$, mediante objetivos de los metales individuales que forman la aleación alimentados a potencias adecuadas.

La invención estipula que las capas cerámicas consistentes en un nitruro de Al y/o Si se aplican por medio de pulverización reactiva por magnetrón, en gas Ar+N₂, mediante objetivos de Al o Si.

5 La invención estipula que las capas cerámicas consistentes en un nitruro de una aleación binaria de Al y Si se aplican por medio de pulverización reactiva por magnetrón, en gas Ar+N₂, mediante objetivos formados a partir de la aleación específica de interés, o por medio de copulverización reactiva por magnetrón, en gas Ar+N₂, mediante objetivos de Al y Si alimentados a potencias adecuadas.

10 Para producir las capas de cermet, la invención estipula la implementación de la técnica de deposición por copulverización reactiva, es decir, pulverización simultánea, en gas Ar + gas reactivo (O₂, N₂), partiendo de objetivos de diferentes materiales, con al menos un objetivo capaz de producir el componente metálico del cermet y al menos un objetivo capaz de producir el componente cerámico del cermet.

15 En este caso, la invención estipula que las capas de cermet, con un componente metálico consistente en un metal de transición o en una aleación binaria o ternaria de metales de transición y con un componente cerámico consistente en un óxido de Al o Si o en un óxido de una aleación binaria de Al y Si, se aplique mediante una técnica de copulverización reactiva por magnetrón, en gas Ar+O₂, partiendo de los siguientes objetivos:

20 - para la deposición del metal de transición o, respectivamente, de la aleación binaria o ternaria de metales de transición:

i. objetivo del metal de transición;

25 ii. objetivo de la aleación binaria o ternaria de metales de transición mencionada anteriormente, u objetivo de los metales individuales que forman la aleación de interés alimentados a potencias adecuadas;

-para la deposición del óxido de Al o Si o, respectivamente, del óxido de la aleación binaria de Al y Si: iii. objetivo de Al u objetivo de Si;

30 iv. objetivo de la aleación binaria de Al y Si mencionada anteriormente u objetivo de Al y Si alimentado a potencias adecuadas.

35 La invención estipula que las capas de cermet, con un componente metálico consistente en un metal de transición o en una aleación binaria o ternaria de metales de transición y con un componente cerámico consistente en un nitruro de Al o Si o en un nitruro de una aleación binaria de Al y Si, se aplican mediante una técnica de copulverización reactiva por magnetrón en gas Ar+N₂, partiendo de los siguientes objetivos:

40 - para la deposición del metal de transición o, respectivamente, de la aleación binaria o ternaria de metales de transición:

i. objetivo del metal de transición;

45 ii. objetivo de la aleación binaria o ternaria de metales de transición mencionada anteriormente, u objetivo de los metales individuales que forman la aleación de interés alimentados a potencias adecuadas;

- para la deposición de nitruro de Al o Si o, respectivamente, del nitruro de la aleación binaria de Al y Si:

50 iii. objetivo de Al u objetivo de Si;

iv. objetivo de la aleación binaria de Al y Si mencionada anteriormente u objetivo de Al y Si alimentado a potencias adecuadas.

55 Para preservar las propiedades estructurales y ópticas de las capas de cermet basadas en óxidos/nitruros, el proceso de deposición por copulverización reactiva debe realizarse de tal manera que la cantidad de O₂/N₂ sea suficientemente alta para oxidar/nitrurar el metal del componente cerámico del cermet, pero lo suficientemente baja como para minimizar la oxidación/nitruración del componente metálico del cermet. De lo contrario, la presencia de un componente metálico oxidado en el interior del cermet podría provocar problemas de inestabilidad estructural debido a la posible formación de óxidos volátiles a alta temperatura con la consiguiente fractura del revestimiento del absorbedor solar espectralmente selectivo 2. En el caso de cermet a base de nitruro, por otro lado, la formación de un componente metálico nitrado, MyNz, podría provocar problemas de inestabilidad estructural del revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo 2 debido a una posible desproporción o reajuste a alta temperatura de la estructura cristalina del nitruro de comportamiento metálico MyNz. Adicionalmente, con particular referencia a las capas de la estructura de cermet multicapa absorbente 23, la presencia de un componente metálico oxidado/nitrado en el interior del cermet desembocaría en una reducción significativa del poder de absorción del cermet, con una reducción del rendimiento fototérmico del revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo 2.

Como consecuencia directa del problema ilustrado, en los procesos de copulverización reactiva para producir las capas de cermet, es conveniente introducir O_2/N_2 en los objetivos usados para depositar el componente cerámico del cermet.

5 En lo que respecta a las técnicas de pulverización y copulverización reactivas por magnetrón mencionadas anteriormente, usadas para la aplicación de las capas cerámicas y las capas cermet del revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo 2, la invención estipula que estas se realicen "en régimen de transición" por medio de un sistema para controlar el flujo de gas reactivo, en particular, por medio de sistemas de control PEM (por sus siglas en inglés de "Plasma Emission Monitoring" o monitorización por emisión de plasma) o CVM (por sus siglas en inglés de "Cathode Voltage Monitoring" o monitorización por tensión del cátodo). El uso de técnicas de pulverización y copulverización reactivas por magnetrón realizadas "en régimen de transición" permite maximizar la tasa de deposición de las capas cerámicas y de las capas de cermet.

15 La invención estipula que las técnicas de pulverización y copulverización reactivas por magnetrón mencionadas anteriormente, usadas para la aplicación de las capas cerámicas y para la aplicación de las capas de cermet con un componente cerámico consistente en nitruros del revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo 2, también puede realizarse "en régimen de saturación". Las técnicas de pulverización y copulverización reactivas por magnetrón "en régimen de saturación", aunque menos rápidas que las técnicas "en régimen de transición", permiten la implementación de procesos de deposición con una configuración más sencilla y una alta repetibilidad.

La alta tasa de deposición, alcanzable con las técnicas de pulverización estipuladas por la invención, influye positivamente en la productividad y, en última instancia, facilita la rentabilidad del producto para la producción masiva del componente.

25 Descripción detallada de dos realizaciones preferidas

A continuación, se describirán dos realizaciones preferidas de la invención.

30 En las dos realizaciones preferidas de la invención, el sustrato 1 consiste en acero, en particular consiste el tubo de acero del receptor de un sistema solar térmico o termodinámico con colectores lineales parabólicos o de Fresnel.

35 En las dos realizaciones preferidas, adecuadas para aplicaciones a alta temperatura (hasta al menos $550\text{ }^\circ\text{C}$) en vacío ($p \leq 1 \times 10^{-4}$ mbar), la capa base reflectante de infrarrojos 21 consiste en W en fase cristalina α (α -W) por su buena reflectancia de infrarrojos, gran estabilidad estructural y químico-física, excelentes propiedades de adherencia, en particular, sobre el acero, excelente rendimiento como capa barrera para la difusión de los elementos de aleación de acero y bajo coeficiente de difusión elemental en las capas anteriores.

40 El grosor de la capa base reflectora de infrarrojos metálica 21 consistente en α -W es igual a 120 ± 20 nm.

En las dos realizaciones preferidas, las dos capas reflectantes de infrarrojos adicionales 22a consisten ambas en Ag por la excelente reflectancia de infrarrojos que permite obtener un revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo 2 con un mayor rendimiento fototérmico (α_s y ϵ_{th}) que en la técnica anterior.

45 El grosor de las capas reflectantes de infrarrojos adicionales 22a es igual a 20 ± 10 nm, y garantiza un rendimiento óptico próximo al de la Ag "a granel" y es lo suficientemente pequeño como para atenuar la inestabilidad intrínseca una vez que éstas se insertan en la estructura multifuncional de cuatro capas 22.

50 En una primera de las dos realizaciones preferidas, las dos capas estabilizadoras 22b consisten en AlN, mientras que, en una segunda de las dos realizaciones preferidas, las dos capas estabilizadoras 22b consisten en Al_2O_3 .

Los grosores de las capas estabilizadoras 22b de la primera y segunda realizaciones son iguales a 15 ± 10 nm.

55 En la primera realización preferida, las capas de la estructura de cermet multicapa absorbente 23 están compuestas de W y AlN. Las capas de cermet W-AlN, además de tener unas características ópticas perfectamente adecuadas para la función de absorbente, están equipadas con una gran estabilidad estructural y químico-física a alta temperatura en vacío y un coeficiente de difusión muy bajo de los componentes metálicos y cerámicos. Adicionalmente, las estructuras de cermet multicapa absorbentes con un componente cerámico de nitruro, son más fáciles de fabricar en comparación con las estructuras de cermet multicapa absorbentes con un componente cerámico de óxido.

60 En la segunda realización preferida, las capas de la estructura de cermet multicapa absorbente 23 están compuestas de W y Al. Las capas de cermet de $W-Al_2O_3$, además de tener unas características ópticas perfectamente adecuadas para la función de absorbente, están equipadas con una gran estabilidad estructural y químico-física a altas temperaturas en vacío y un coeficiente de difusión muy bajo de los componentes metálicos y cerámicos.

65 Adicionalmente, los cermets de $W-Al_2O_3$ tienen una alta estabilidad incluso en aire a alta temperatura (muy por encima de $300\text{ }^\circ\text{C}$), lo que los convierte en un material de elección para su uso en el revestimiento absorbente solar

espectralmente selectivo 2 para aplicaciones en receptores no evacuados o que funcionan con aire.

5 La estructura de cermet multicapa absorbente 23, tiene un perfil de fracción de volumen del componente metálico de las capas de cermet, $V_{met}/(V_{met}+V_{cer})$, disminuyendo en la dirección que va de la estructura multifuncional subyacente 22 a la estructura multicapa antirreflectante 24 superior. La fracción volumétrica del componente metálico de las capas de cermet parte de un valor que varía preferentemente entre 0,3 y 0,7 y en particular que varía preferentemente entre 0,45±0,15, y disminuye hasta un valor que varía preferentemente entre 0,1 y 0,4, y, en particular, que varía preferentemente entre 0,25±0,1.

10 La estructura de cermet multicapa absorbente 23 está formada por un máximo de 40 capas, y su grosor es de 60±30 nm.

15 La estructura multicapa antirreflectante 24 de las dos realizaciones de la invención consiste en capas de cerámica y capas de cermet.

Las capas de cerámica consisten en Al_2O_3 , SiO_2 y AIN debido a sus características ópticas (índices de refracción) y estabilidad y sus grosores varían entre 5 y 120 nm.

20 Las capas de cermet de la estructura multicapa antirreflectante (24) consisten en W y AIN o en W y Al_2O_3 . El grosor de cada capa de cermet varía entre 1 y 50 nm.

Cada una de las capas de cermet está caracterizada por una fracción volumétrica del componente metálico que es constante y no superior a 0,3.

25 En particular, las estructuras multicapa antirreflectantes de ambas realizaciones consisten en dos capas cerámicas y una capa de cermet. En estas realizaciones, se aplican los principios de la interferometría para obtener una estructura multicapa antirreflectante 24 que desempeña eficientemente una función de filtro antirreflectante.

30 La tabla I muestra la composición de las estructuras multicapa antirreflectantes de las dos realizaciones.

Tabla I

	Realizaciones preferidas n.º 1	Realizaciones preferidas n.º 2
I Capa antirreflectante	AIN	Al_2O_3
II Capa antirreflectante	$W-AIN$	$W-Al_2O_3$
III Capa antirreflectante	SiO_2	SiO_2

35 Se prefiere la primera realización cuando la estructura de cermet multicapa absorbente 23 es del tipo $W-AIN$, la segunda, cuando la estructura de cermet multicapa absorbente 23 es del tipo $W-Al_2O_3$.

Para una comprensión más exhaustiva de las dos realizaciones descritas anteriormente, La tabla II muestra la estructura completa de cada revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo 2.

Tabla II

		N.º 1	N.º 2
Capa base reflectante de infrarrojos 21		$\alpha-W$	$\alpha-W$
Estructura multifuncional 22	Capa reflectante de infrarrojos adicional 22a	Ag	Ag
	Capa estabilizadora 22b	AIN	Al_2O_3
	Capa reflectante de infrarrojos adicional 22a	Ag	Ag
	Capa estabilizadora 22b	AIN	Al_2O_3
Estructura de cermet multicapa absorbente 23		$W-AIN$	$W-Al_2O_3$
Estructura multicapa antirreflectante 24	I Capa antirreflectante	AIN	Al_2O_3
	II Capa antirreflectante	$W-AIN$	$W-Al_2O_3$
	III Capa antirreflectante	SiO_2	SiO_2

- 5 Cabe señalar que las realizaciones ilustradas en la Tabla II, esencialmente caracterizada por una estructura multifuncional de cuatro capas 22 (consistente en dos pares de "capa reflectora de infrarrojos adicional 22a / capa estabilizadora 22b"), entran dentro del ámbito más amplio de las realizaciones preferidas de la invención que estipulan una estructura multifuncional 22 consistente en un único par de "capa reflectora de infrarrojos adicional 22a / capa estabilizadora 22b" o el mismo par de "capa reflectora de infrarrojos adicional 22a / capa estabilizadora 22b" repetido hasta un máximo de 15 veces.
- 10 En las realizaciones particularmente preferidas de la invención que se acaban de ilustrar, el revestimiento absorbente espectralmente selectivo 2 de la invención es capaz de funcionar en vacío ($p \leq 1 \times 10^{-4}$ mbar) hasta una temperatura máxima de al menos 550 °C. En tales realizaciones, el revestimiento absorbente de la invención está caracterizado por un excelente rendimiento en términos de alta absorbancia solar y baja emisividad térmica, rendimiento a altas temperaturas (hasta al menos 550 °C) superior al de la técnica anterior. Adicionalmente, en tales realizaciones, el revestimiento absorbente de la invención es duradero durante una vida útil de 25 años, mostrando una excelente
- 15 estabilidad en vacío hasta al menos 550 °C.

REIVINDICACIONES

1. Un revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo (2) para un receptor de un sistema solar térmico o termodinámico y que comprende secuencialmente:

- 5 - una estructura multicapa reflectante de infrarrojos (21, 22);
- una estructura de cermet multicapa absorbente (23); y
- 10 - una estructura multicapa antirreflectante (24);

en donde

la estructura multicapa reflectante de infrarrojos (21, 22)

comprende:

(i) una capa base reflectante de infrarrojos (21) con una función de barrera y capa de adherencia, que está diseñada para estar, en uso, en contacto con un sustrato (1), que forma parte del receptor; consistiendo dicha capa base reflectante de infrarrojos (21) en uno o más metales de transición seleccionados de entre Ti, V, Cr, Zr, Nb, Hf, Ta, Mo, W o de un nitruro de uno o más de dichos metales de transición; y

(ii) una estructura multifuncional (22), que se coloca sobre dicha capa base reflectante de infrarrojos (21), estando dicho revestimiento absorbente (2) caracterizado por que dicha estructura multifuncional (22) comprende al menos:

- múltiples capas reflectantes de infrarrojos adicionales (22a) con la función de aumentar la reflectancia de infrarrojos del revestimiento absorbente (2), cada una de las cuales consiste en un metal seleccionado de entre Au, Ag, Cu, Al, Mo y W, y

- múltiples capas estabilizadoras (22b) para dicha capa reflectora de infrarrojos adicional (22a), cada una de las cuales consiste en

■ un material cerámico; o

■ un material cermet; o

■ un material consistente en uno o más metales de transición o en un nitruro de uno o más de dichos metales de transición;

estando dichas capas reflectantes de infrarrojos adicionales (22a) y dichas capas estabilizadoras múltiples (22b) dispuestas de modo que una capa reflectante (22a) se alterne con una o más capas estabilizadoras (22b);

estando una de dichas capas estabilizadoras (22b) colocada en contacto con dicha estructura de cermet multicapa absorbente (23).

2. Un revestimiento absorbente solar (2) según la reivindicación 1, caracterizado por que dichas capas reflectantes de infrarrojos adicionales (22a) y dichas capas estabilizadoras (22b) están dispuestas en una posición alternada entre sí.

3. Un revestimiento absorbente solar según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que dicha capa estabilizadora (22b) consiste en uno o más metales de transición seleccionados de entre Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W o de un nitruro de uno o más de dichos metales de transición.

4. Un revestimiento absorbente solar según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que dicho material cerámico de la capa estabilizadora (22b) se elige del grupo que consiste en:

- óxido de uno o más metales de transición seleccionados de entre Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W

- óxido de Al y/o Si;

- nitruro de Al y/o Si.

5. Un revestimiento absorbente solar según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el material cermet de dicha capa estabilizadora (22b) está constituido por un material metálico consistente en uno o más metales de transición seleccionados de entre Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W; y de un material cerámico seleccionado entre óxido o nitruro de Al y/o Si.

6. Un revestimiento absorbente solar según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dicha capa base reflectante de infrarrojos (21) tiene un grosor que varía de 1 a 250 nm; dicha capa reflectora de infrarrojos adicional (22a) tiene un grosor que varía de 1 a 250 nm; dicha capa estabilizadora (22b) consistente en dicho material cerámico tiene un grosor que varía de 1 a 200 nm; dicha capa estabilizadora (22b) consistente en dicho material cermet tiene un grosor que varía de 1 a 120 nm; dicha capa estabilizadora (22b) constituida por dicho material consistente en uno o más metales de transición o en un nitruro de uno o más metales de transición tiene un grosor que varía de 1 a 50 nm.
7. Un revestimiento absorbente solar según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dicha capa base reflectante de infrarrojos (21) tiene un grosor que varía de 90 a 150 nm; dicha capa reflectora de infrarrojos adicional (22a) tiene un grosor que varía de 5 a 120 nm; dicha capa estabilizadora (22b) consistente en dicho material cerámico tiene un grosor que varía de 5 a 120 nm; dicha capa estabilizadora (22b) consistente en dicho material cermet tiene un grosor que varía de 5 a 50 nm; dicha capa estabilizadora (22b) constituida por dicho material consistente en uno o más metales de transición o en un nitruro de uno o más metales de transición tiene un grosor que varía de 5 a 20 nm.
8. Un revestimiento absorbente solar (2) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la estructura de cermet multicapa absorbente (23) comprende al menos una capa de cermet consistente y constituida de un material metálico consistente en uno o más metales de transición seleccionados de entre Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W, y en un material cerámico seleccionado entre un óxido o nitruro de Al y/o Si.
9. Un revestimiento absorbente solar (2) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dicha estructura multicapa antirreflectante (24) comprende al menos una capa cerámica y al menos una capa de cermet.
10. Un revestimiento absorbente solar (2) según la reivindicación 9, caracterizado por que la capa cerámica de la estructura multicapa antirreflectante (24) consiste en un óxido de uno o más metales de transición seleccionados de entre Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W; o en un óxido o nitruro de Al y/o Si.
11. Un revestimiento absorbente solar (2) según la reivindicación 9, caracterizado por que la capa de cermet de la estructura multicapa antirreflectante (24) está constituida por un material metálico consistente en uno o más metales de transición seleccionados de entre Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, W, y en un material cerámico seleccionado entre un óxido o nitruro de Al y/o Si.
12. Un revestimiento absorbente solar (2) según la reivindicación 11, caracterizado por que dicha capa de cermet de la estructura multicapa antirreflectante (24) tiene una fracción volumétrica de dicho material metálico que varía de 0,01 a 0,3.
13. Un receptor para sistemas solares térmicos o termodinámicos que comprende un sustrato (1) y un revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo (2) según una de las reivindicaciones anteriores.
14. Un receptor según la reivindicación 13, caracterizado por que es un tubo receptor.
15. Un receptor según la reivindicación 14, caracterizado por que es un tubo receptor evacuado.
16. Un receptor según la reivindicación 14, caracterizado por que es un tubo receptor no evacuado o que funciona con aire.
17. Un procedimiento para fabricar un revestimiento absorbente solar espectralmente selectivo (2) según una cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 12, que comprende las etapas de:
- aplicar dicha capa base reflectante de infrarrojos (21) sobre toda o parte de la superficie de un sustrato (1) por medio de técnicas de deposición física de vapor (PVD);
 - aplicar una estructura multifuncional (22) sobre dicha capa base reflectante de infrarrojos (21) mediante técnicas de deposición física de vapor (PVD); comprendiendo dicha estructura multifuncional (22) al menos:
 - una capa reflectante de infrarrojos adicional (22a) con la función de aumentar la reflectancia de infrarrojos del revestimiento absorbente (2), que consiste en un metal seleccionado de entre Au, Ag, Cu, Al, Mo y W, y
 - una capa estabilizadora (22b) para dicha capa reflectora de infrarrojos adicional (22a), que consiste en
 - un material cerámico; o
 - un material cermet; o
 - un material consistente en uno o más metales de transición o en un nitruro de uno o más de dichos metales de

transición

- aplicar una estructura de cermet multicapa absorbente (23) sobre dicha capa estabilizadora (22b) por medio de técnicas de deposición física de vapor (PVD);

5 - aplicar una estructura multicapa antirreflectante (24) sobre dicha estructura de cermet multicapa absorbente (23) por medio de técnicas de deposición física de vapor (PVD).

10 18. Un procedimiento según la reivindicación 17 y que comprende al menos un tratamiento previo de dicho sustrato (1) antes de aplicar dicha capa base reflectante de infrarrojos (21), siendo dicho tratamiento previo un tratamiento térmico o un tratamiento con plasma o una combinación de los mismos

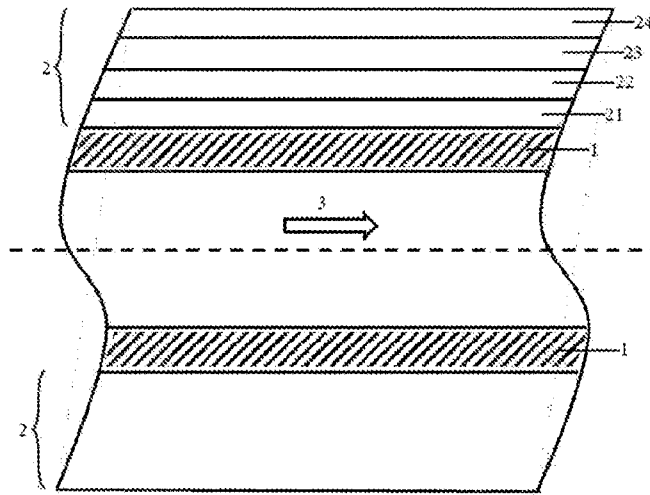


FIGURA 1

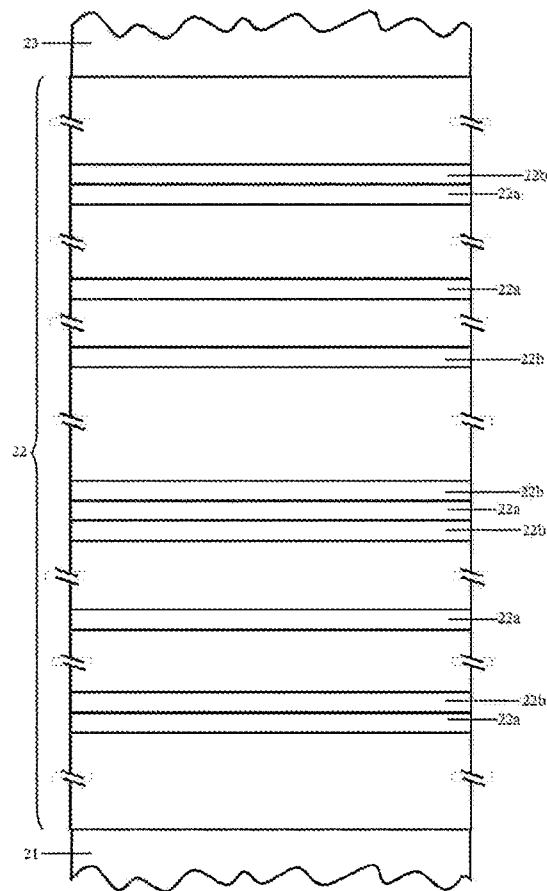


FIGURA 2