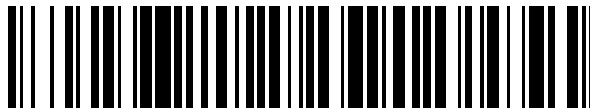


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 621 421**

51 Int. Cl.:

F24J 2/07	(2006.01)
F24J 2/46	(2006.01)
F24J 2/48	(2006.01)
C23C 14/00	(2006.01)
C23C 28/04	(2006.01)
C23C 28/00	(2006.01)
F24J 2/14	(2006.01)
G02B 5/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.02.2009** **E 09002191 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.01.2017** **EP 2093520**

54 Título: **Revestimiento absorbedor selectivo a la radiación, tubo absorbedor y procedimiento para su fabricación**

30 Prioridad:
20.02.2008 DE 102008010199

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.07.2017

73 Titular/es:
**SCHOTT AG (100.0%)
HATTENBERGSTRASSE 10
55122 MAINZ, DE**

72 Inventor/es:
**HILDEBRANDT, CHRISTINA;
GEORG, ANDREAS, DR.;
SCHULTE-FISCHEDICK, JAN, DR.;
SILMY, KAMEL, DR.;
KUCKELKORN, THOMAS, DR. y
GRAF, WOLFGANG**

74 Agente/Representante:
DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 621 421 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 absorbedor selectivo a la radiación, tubo absorbedor y procedimiento para su fabricación

5 La invención se refiere a un revestimiento absorbedor selectivo a la radiación según el preámbulo de la reivindicación 1. La invención también se refiere a un tubo absorbedor con un revestimiento selectivo a la radiación semejante. La invención también se refiere a un procedimiento para su fabricación y a un procedimiento para el funcionamiento de un colector cilindro-parabólico utilizando tubos absorbedores semejantes.

Los revestimientos selectivos a la radiación también se usan en acristalamientos, según se conoce por ejemplo por el documento US 2007/0281171.

10 Los revestimientos absorbedores habituales se componen de una capa reflectante en la región infrarroja, aplicada sobre un sustrato, en particular un tubo metálico, de una capa de cermet, que dispone de un grado de absorción elevado en el rango del espectro solar, y una capa cobertora aplicada sobre la capa de cermet, que se designa como capa antirreflectante y debido al elevado índice de refracción de la capa de cermet está prevista para la reducción de la reflexión de la superficie sobre la capa de cermet.

15 El empeño fundamental es obtener un rendimiento energético lo más elevado posible. Dado que el rendimiento energético depende entre otros de los coeficientes del grado de absorción α y del grado de emisión ϵ , siempre se pretende un elevado grado de absorción ($\alpha > 95\%$) y un pequeño grado de emisión ($\epsilon < 10\%$) del revestimiento absorbedor.

20 Además, el rendimiento del colector se determina por la temperatura con la que se hace funcionar. Desde este punto de vista se desea una temperatura lo más elevada posible. Pero al contrario de ello la durabilidad del sistema de capas del revestimiento absorbedor disminuye con temperatura de funcionamiento creciente debido a los procesos de envejecimiento y/o difusión, por lo que se pueden reducir fuertemente, por ejemplo, la propiedad de absorción de la capa de cermet y la propiedad de reflexión de la capa reflectante en la región infrarroja.

25 El documento DE 101 50 738 C1 describe por ello un revestimiento absorbedor selectivo a la radiación, que no debe mostrar una modificación de color relevante y por consiguiente un envejecimiento. Esto se consigue porque al aplicar una tercera capa que se compone de aluminio y óxido de aluminio se ajusta un caudal de oxígeno determinado. Sobre esta capa se aplica una capa de terminación de Al_2O_3 .

30 Por el documento US 5,523,132 se conoce un revestimiento absorbedor en el que están previstas varias capas de cermet, que se diferencian en la fracción de metal y por consiguiente en el índice de refracción. En tanto que se crean varios máximos de absorción con distintas longitudes de onda, se debe conseguir una mejor adaptación al espectro solar. Pueden estar previstas capas antidifusión entre la capa de cermet y la capa reflectante en la región infrarroja o entre la capa de cermet y la capa antirreflectante, en donde no se dan indicaciones sobre el material y espesor de capa.

35 Por el documento DE 10 2004 010 689 B3 se conoce un absorbedor con un revestimiento absorbedor selectivo a la radiación, que presenta un sustrato metálico, una capa de bloqueo de difusión, una capa reflectante metálica, una capa de cermet y una capa antirreflexión. La capa de bloqueo de difusión es una capa de óxido que se compone de componentes oxidados del sustrato metálico.

40 En Michael Lanxner y Zvi Elgat en SPIE vol. 1272 Optical Materials Technology for Energy Efficiency and Solar Energy Conversion IX (1990), páginas 240 a 249 con el título "Solar selective absorber coating for high service temperatures, produced by plasma sputtering" se describe un revestimiento absorbedor aplicado sobre un sustrato de acero con una capa antirreflectante de SiO_2 , una capa de cermet de un compuesto de Mo/Al_2O_3 y una capa reflectante en la región infrarroja de molibdeno, en donde entre la capa reflectante en la región infrarroja y el sustrato está dispuesta una barrera de difusión de Al_2O_3 .

Para las capas reflectantes en la región infrarroja se usa habitualmente molibdeno. Sin embargo, las propiedades de reflexión de una capa de molibdeno no son óptimas, de modo que es deseable usar materiales más reflectantes.

45 La temperatura de funcionamiento de tubos absorbedores conocidos se sitúa en vacío en 300-400°C. Por los motivos anteriores fundamentalmente se pretende aumentar aún más la temperatura de funcionamiento, pero sin menoscabar, por ejemplo, las propiedades de absorción de la capa de cermet y las propiedades de reflexión de la capa reflectante en la región infrarroja.

50 En C.E. Kennedy, "Review of Mid- to High-Temperature Solar Selective Absorber Materials", Technical Report des National Renewable Energy Laboratory, edición de julio 2002, están resumidas tales pretensiones. Por él se conoce una estructura de capas de una capa de absorción de ZrO_xN_y o de una de ZrC_xN_y y una capa reflectante en la región infrarroja de Ag o Al, que mediante la incorporación de una capa de bloqueo de difusión de Al_2O_3 presenta una estabilidad a la temperatura mejorada en el aire. Además, se ha constatado que la estabilidad a la temperatura de la capa de reflexión de infrarrojos en el vacío se puede mejorar mediante la incorporación de una capa de bloqueo de difusión por debajo de esta capa. Para esta capa de barrera se proponen Cr_2O_3 , Al_2O_3 o SiO_2 como material de

capa. De este modo se espera una estabilidad de la capa de reflexión de plata hasta 500°C.

Pero con ello no ha finalizado el empeño de capas más duraderas con grado de absorción y emisión mejorado simultáneamente.

5 En este sentido, el objetivo de la invención es proporcionar un revestimiento absorbedor, tubos absorbedores con un revestimiento de este tipo y colectores cilindro-parabólicos en los que se usen tales tubos absorbedores, los cuales se deben hacer funcionar más económicamente de forma duradera.

Este objetivo se consigue porque la capa reflectante en la región infrarroja está dispuesta sobre al menos dos capas de barrera, de las que la segunda capa de barrera se compone de SiO_x .

10 Se ha mostrado sorprendentemente que el apantallamiento de la capa reflectante en la región infrarroja respecto al sustrato mediante una barrera de dos capas impide más eficazmente una difusión condicionada en particular térmicamente del material del sustrato, en particular de hierro del tubo absorbedor de acero, en la capa reflectante en la región infrarroja y por consiguiente aumenta la estabilidad a la temperatura a largo plazo del revestimiento.

15 Esto se logra muy bien en particular luego cuando una primera capa de barrera de las al menos dos capas de barrera se compone de un óxido generado térmicamente y una segunda capa de barrera de las al menos dos capas de barrera se compone de SiO_x , en la que x puede adoptar los valores 1 a 2. Se prefiere especialmente $x = 2$, pero también son posibles valores entre 1 y 2.

20 Preferiblemente entre la capa reflectante en la región infrarroja y la capa de absorción que se compone de manera ventajosa de cermet está dispuesta una tercera capa de barrera, que se compone preferiblemente de un compuesto de Al_xO_y , en donde x puede adoptar los valores 1 a 2 e y los valores 1 a 3. Alternativamente es preferible una tercera capa de barrera de una capa de SiO_x , en donde x puede adoptar los valores 1 a 2 y preferiblemente adopta el valor 2, pero también son posibles valores entre 1 y 2.

25 El embebido de la capa reflectante en la región infrarroja entre dos capas de silicio o una capa de óxido de silicio y una de óxido de aluminio y la configuración ligada a ello de un sándwich tiene la ventaja de que tampoco se difunde un material de la capa reflectante en la región infrarroja a la capa de absorción situada por encima y de esta manera menoscaba las propiedades de absorción de la capa de absorción. Por consiguiente se puede garantizar la amplia prevención de difusiones dentro del sistema de capas, en particular a o fuera de la capa reflectante en la región infrarroja, así como a la capa de absorción.

30 De esta manera se pudo comprobar por primera vez una elevada absorción con $\alpha > 95,5\%$ y un grado de emisión bajo con $\varepsilon < 8,5\%$ con una temperatura de funcionamiento de 550°C en vacío durante un período de 600 horas. De este modo se puede mejorar doblemente el rendimiento de un colector con un tubo absorbedor provisto de este revestimiento: la relación de selectividad mejorada $\alpha/\varepsilon > 0,95/0,1$ significa una mayor producción de la energía de radiación y una temperatura de funcionamiento aumentada posibilita una conversión más eficiente en energía eléctrica, en donde incluso la larga vida útil de un revestimiento de este tipo garantiza el funcionamiento económico de un colector cilindro-parabólico correspondiente con tubos absorbedores revestidos de este tipo.

35 La elevada resistencia a la temperatura del revestimiento absorbedor permite a saber el uso de medios caloportadores económicos. Hasta ahora se han usado aceites especiales caros como líquido caloportador, que solo son estables térmicamente hasta aprox. 400°C. La elevada estabilidad a la temperatura del revestimiento absorbedor permite ahora temperaturas de funcionamiento para los tubos absorbedores de 400°C hasta 550°C.

40 Se puede usar ventajosamente un medio caloportador con punto de ebullición $< 110^\circ\text{C}$, en particular agua. Con temperaturas de funcionamiento elevadas de este tipo se origina vapor de agua que se puede introducir directamente en turbinas de vapor. Los intercambiadores de calor adicionales para la transferencia del calor del aceite usado hasta ahora al agua ya no se requieren, de modo que desde este punto de vista los colectores cilindro-parabólicos con tubos absorbedores con el revestimiento absorbedor según la invención se pueden hacer funcionar mucho más económicamente que lo que era el caso hasta ahora.

45 Otra ventaja consiste en que se puede reducir la velocidad de circulación del líquido caloportador a través de los tubos absorbedores, dado que se permite una temperatura de funcionamiento más elevada sin las desventajas para el revestimiento del tubo absorbedor. De esta manera se puede ahorrar energía para el funcionamiento de las bombas de un colector cilindro-parabólico.

50 Preferiblemente el espesor de las capas de óxido silicio o de aluminio se sitúa entre 5 nm y 100 nm. En el caso de espesores < 5 nm no es satisfactorio el efecto de barrera de la capa de óxido de silicio o de aluminio, según la composición de las capas adyacente. En el caso de espesores mayores de 100 nm aparecen tensiones térmicas que eventualmente podría conducir a un desprendimiento de capa. Preferiblemente el espesor de las capas de óxido de silicio o de aluminio se sitúa entre 15 nm y 70 nm, de forma especialmente preferible entre 20 nm y 40 nm.

55 Los espesores de las dos capas de óxido de silicio o de silicio pueden ser diferentes, en donde el espesor de la capa de óxido de silicio inferior es preferiblemente mayor que el espesor de la capa de óxido superior. Preferiblemente el

ES 2 621 421 T3

- 5 espesor de capa de la capa de óxido de silicio, que está dispuesta entre el sustrato y la capa reflectante en la región infrarroja, se sitúa en 5 nm a 100 nm, preferiblemente en 15 nm a 70 nm, y el espesor de capa de la capa de óxido de aluminio o de silicio, que está dispuesta entre la capa reflectante en la región infrarroja y la capa de absorción, se sitúa en 0 nm a 50 nm, según la composición de las capas preferiblemente en 30 nm a 40 nm o también en 5 nm a 15 nm.
- 10 El embebido de la capa reflectante en la región infrarroja entre dos capas de óxido tiene la ventaja adicional de que para esta capa se pueden usar materiales como plata, cobre, platino u oro, que se difunden más fácilmente, pero frente al molibdeno tienen la ventaja decisiva de que reflejan claramente mejor en la región infrarroja, de modo se puede conseguir un grado de emisión $\epsilon < 10\%$.
- 15 El espesor de la capa reflectante en la región infrarroja se sitúa en función del material en 50 nm a 250 nm. Dentro de este rango de espesor es preferible un espesor de capa de 100 nm a 150 nm, cuando se usa en particular cobre o plata. Al usar plata también pueden ser preferibles espesores de capa en el rango de 80 nm a 150 nm. En otros casos también entran en consideración espesores de capa de 50 a 100 nm, en particular de 50 a 80 nm. Por tanto estos pequeños espesores de capa para la capa reflectante en la región infrarroja son posibles, ya que los materiales de oro, plata, platino y cobre presentan una reflectividad claramente más elevada y debido al empaquetamiento entre dos capas de óxido no se pueden difundir hacia fuera a otras capas o no se menoscaban en sus propiedades positivas debido a la difusión de otros elementos perturbadores.
- 20 El precio más elevado de los metales nobles de oro, plata y platino se puede compensar, parcialmente incluso sobrecompensar, debido al espesor de capa claramente menor frente a los espesores de capa conocidos para la capa reflectante en la región infrarroja.
- 25 El uso de SiO_x como segunda capa de barrera entre el sustrato y el revestimiento de espejo de infrarrojos es ventajoso frente al uso de Al_xO_y , dado que entonces solo es necesario un espesor de aprox. 30 nm frente a aprox. 60 nm. De este modo se pueden acortar los tiempos de proceso y aumentar la producción.
- 30 El espesor de la capa de absorción se sitúa preferiblemente en 60 a 180 nm, de forma especialmente preferible en 80 nm a 150 nm. La capa de absorción es preferiblemente una capa de cermet de óxido de aluminio con molibdeno o de óxido de circonio con molibdeno. En lugar de una capa de absorción homogénea, también pueden estar previstas varias capas de absorción de diferente composición, en particular con fracción de metal creciente, o una capa de absorción variable de forma gradual. Preferiblemente la capa de cermet es una capa con gradiente, bajo lo que se entiende una capa en la que la fracción de metal dentro de la capa aumenta o disminuye de forma continua, en la práctica también de forma escalonada.
- 35 El espesor de capa de la capa antirreflectante situada sobre la capa de absorción se sitúa preferiblemente en 60 a 120 nm. Esta capa se compone preferiblemente de óxido de silicio u óxido de aluminio.
- 40 El procedimiento según la invención para la fabricación de un tubo absorbedor está caracterizado por las etapas siguientes:
- aplicación de una primera capa de barrera de óxido sobre un tubo de acero mediante oxidación térmica,
 - aplicación de una segunda capa de barrera mediante deposición física en fase vapor (PVD) de silicio bajo alimentación de oxígeno,
 - aplicación de una capa reflectante en la región infrarroja mediante deposición física en fase vapor de materiales como oro, plata, platino o cobre, preferiblemente de oro, plata, platino o cobre,
 - aplicación de una capa de absorción mediante deposición física en fase vapor simultánea de aluminio y molibdeno, y
 - aplicación de una capa antirreflectante mediante deposición física en fase vapor de silicio bajo alimentación de oxígeno.
- 45 Preferiblemente el tubo de acero se pule antes de la oxidación térmica y a saber preferiblemente a una rugosidad superficial de $R_a < 0,2 \mu\text{m}$.
- 50 El tubo absorbedor según la invención, en particular para colectores cilindro-parabólicos, con un tubo de acero, sobre cuyo lado exterior está aplicado un revestimiento absorbedor selectivo a la radiación, que presenta al menos una capa reflectante en la región infrarroja, al menos una capa de absorción dispuesta sobre la capa reflectante y una capa antirreflexión dispuesta sobre la capa de absorción, está caracterizado por que entre el tubo de acero y la capa reflectante están dispuestas al menos dos capas de barrera, de las que una primera capa de barrera aplicada sobre el tubo de acero se compone de un óxido generado y una segunda capa de barrera aplicada sobre la primera capa de barrera se compone de SiO_x , en donde x puede adoptar los valores 1 a 2.
- El tubo absorbedor, en particular para colectores cilindro-parabólicos con un tubo de acero, en cuyo lado exterior se aplica un revestimiento absorbedor selectivo a la radiación al menos con una capa reflectante en la región infrarroja,

con una capa de absorción, en particular de material de cermet, y con una capa antirreflectante que está aplicada sobre la capa de cermet, está caracterizado en particular porque la capa reflectante en la región infrarroja está dispuesta entre dos capas de SiO_x o una capa de SiO_x y una de Al_yO_z , en donde x puede adoptar preferiblemente el valor 2, y preferiblemente los valores 1 a 2 y z los valores 1 a 3.

- 5 El procedimiento según la invención para el funcionamiento de un colector cilindro-parabólico con tubos absorbedores, a través de los que se conduce un medio caloportador, está caracterizado por que los tubos absorbedores se usan con un revestimiento absorbedor selectivo a la radiación, que presenta al menos una capa reflectante en la región infrarroja, al menos una capa de absorción dispuesta sobre la capa reflectante y una capa antirreflectante dispuesta sobre la capa de absorción, en donde entre el tubo absorbedor y la capa reflectante están
10 dispuestas al menos dos capas de barrera, de las que una primera capa de barrera dirigida al tubo absorbedor se compone de un óxido generado térmicamente y una segunda capa de barrera aplicada sobre la primera capa de barrera se compone de SiO_x , en donde x puede adoptar los valores 1 a 2.

- 15 El procedimiento para el funcionamiento de un colector cilindro-parabólico con tubos absorbedores, a través de los que se conduce un medio caloportador, está caracterizado en particular porque se usan tubos absorbedores con un revestimiento absorbedor selectivo a la radiación, que presenta al menos una capa reflectante en la región infrarroja, una capa de absorción, en particular de material de cermet, y una capa antirreflectante, en donde la capa reflectante en la región infrarroja está dispuesta entre dos capas de SiO_x o una capa de SiO_x y una de Al_yO_z , en donde x puede adoptar preferiblemente el valor 2, y preferiblemente los valores 1 a 2 y z los valores 1 a 3.

Como líquido caloportador se puede usar en particular agua, pero también aceite o sal líquida.

- 20 Según otra forma de realización, el procedimiento para el funcionamiento de un colector cilindro-parabólico prevé que la temperatura de funcionamiento de los tubos absorbedores se ajuste a 400°C a 550°C, en particular a 480°C a 520°C.

A continuación se explican más en detalle formas de realización a modo de ejemplo de la invención mediante los dibujos.

- 25 Se muestran:

la Figura 1, un colector cilindro-parabólico,

la Figura 2, una sección a través de un tubo absorbedor según una forma de realización de la invención.

- 30 En la figura 1 está representado un colector cilindro-parabólico 10, que presenta un reflector parabólico 11 alargado con un perfil parabólico. El reflector parabólico 11 se sujeta por una estructura portante 12. A lo largo de la línea focal del reflector parabólico 11 se extiende un tubo absorbedor 13 que está fijado en apoyos 14, que están conectados con el colector cilindro-parabólico. El reflector parabólico 11 forma con los apoyos 14 y el tubo absorbedor 13 una unidad que se pivota alrededor del eje del tubo absorbedor 13 y de este modo se sigue la posición del sol S en un eje. La radiación solar paralela que incide del sol S se focaliza por el reflector parabólico 11 sobre el tubo absorbedor 13. El tubo absorbedor 13 se atraviesa por un medio caloportador, en particular agua, y se
35 calienta por la radiación solar absorbida. En el extremo de salida del tubo absorbedor se puede tomar el medio caloportador y suministrarse a un consumidor o convertidor de energía.

- 40 En la figura 2 está representado esquemáticamente un corte a través del tubo absorbedor 13. El tubo absorbedor 13 presenta un tubo de acero 1 atravesado por el medio caloportador 2, que forma el sustrato para el revestimiento absorbedor 20 aplicado en el lado exterior del tubo 1. Los espesores de capa de las capas individuales del revestimiento absorbedor 20 están ampliados para la visualización sencilla y están dibujados de igual espesor.

- 45 El revestimiento absorbedor 20 presenta desde dentro hacia fuera una primera capa de barrera o de bloqueo de difusión 24a aplicada en el tubo de acero 1 mediante oxidación térmica de óxido de hierro cromo. Sobre ella, entre una segunda capa de barrera 24b de SiO_x , preferiblemente de SiO_2 , y una tercera capa de barrera 24c, preferiblemente de óxido de silicio o aluminio, está embebida una capa reflectante en la región infrarroja 21 de oro, plata, platino o cobre. Sobre la tercera capa de barrera 24c está aplicada una capa de cermet 22 y hacia fuera el sistema de capas termina con una capa antirreflectante 23.

El tubo absorbedor según la forma de realización en la fig. 2 se reviste con el procedimiento descrito a continuación.

- 50 El tubo de acero 1, preferiblemente un tubo de acero inoxidable, se pule y a continuación limpia. En el pulido se obtiene preferiblemente una rugosidad superficial $R_a < 0,2 \mu\text{m}$. A continuación el tubo de acero inoxidable se oxida térmicamente a una temperatura $> 400^\circ\text{C}$ aproximadamente entre media a 2 horas, en particular a 500°C aproximadamente 1 hora. A este respecto se produce una capa de oxidación de 15 nm a 50 nm, preferiblemente de $30 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$ de espesor como primera capa de barrera 24a.

A continuación el tubo de acero se introduce en una instalación de revestimiento en vacío y la instalación se evacúa. Tras alcanzar una presión de menos de $5 \times 10^{-5} \text{ kPa}$ ($5 \times 10^{-4} \text{ mbar}$), preferiblemente $1 \times 10^{-5} \text{ kPa}$ ($1 \times 10^{-4} \text{ mbar}$), las

siguientes capas se aplican mediante deposición física en fase vapor (PVD), en particular mediante pulverización catódica (sputtering). Para ello el tubo de acero se pasa girando por delante de las fuentes de pulverización, es decir, de objetivos que se componen de las sustancias de revestimiento, por ejemplo Al, Ag y Mo.

5 En una primera etapa de la deposición, se aplica la segunda capa de barrera 24b en forma de una capa de SiO_x , en tanto que se evapora o vaporiza el silicio y se deposita de forma reactiva bajo alimentación de oxígeno. A este respecto se ajusta una presión de oxígeno entre 10^{-3} kPa (10^{-2} mbar) y 10^{-4} kPa (10^{-3} mbar), preferiblemente 4 a 9×10^{-4} kPa (9×10^{-3} mbar). El espesor de capa de estas dos capas de barrera se sitúa en 10 nm a 70 nm y de forma especialmente preferida $30 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$.

10 En la segunda etapa de deposición siguiente, se aplica la capa reflectante de infrarrojos 21, en tanto que se deposita una capa de oro, plata, platino o cobre, preferiblemente plata con un espesor de 60 nm a 150 nm, de forma especialmente preferible de $110 \text{ nm} \pm 10 \text{ nm}$ sobre la segunda capa de barrera 24b.

15 En la tercera etapa de deposición se aplica la tercera capa de barrera 24c en forma de otra capa de SiO_x o de Al_xO_y , en tanto que se evapora silicio o aluminio como en el caso de la segunda capa de barrera y se deposita de forma reactiva bajo alimentación de oxígeno. El espesor de capa preferido de esta tercera capa de barrera es de cómo máximo 50 nm, de forma especialmente preferida $10 \text{ nm} \pm 5 \text{ nm}$. Pero esta capa de barrera se puede suprimir completamente, dado que se ha comprobado que, en el caso de composición apropiada de la capa de absorción 22 aplicada sobre la capa reflectante 21, no se debe obstaculizar una difusión por parte de una barrera adicional.

20 En la cuarta etapa de la deposición, mediante la evaporación / pulverización simultánea de aluminio y molibdeno desde un crisol común o de dos objetivos separados se aplica la capa de absorción o más exactamente en este caso la capa de cermet 22. A este respecto se introduce preferiblemente simultáneamente oxígeno en la zona de evaporación / pulverización a fin de depositar (de forma reactiva) también óxido de aluminio junto al aluminio y molibdeno.

25 A este respecto, en la cuarta etapa de la deposición, la composición se puede ajustar de forma diferente mediante selección correspondiente de los parámetros de funcionamiento (tasa de evaporación / pulverización y cantidad de oxígeno) e incluso se puede variar en el desarrollo de la capa. En particular al usar objetivos separados, la deposición de la fracción de molibdeno se puede realizar de forma variable con respecto a la deposición de la fracción de aluminio y/o de óxido de aluminio en la capa de absorción 22. En otras palabras, la fracción de molibdeno de la capa de absorción 22 está realizada como gradiente, en donde se baja preferiblemente durante la aplicación de la capa de absorción 22. Es interiormente preferiblemente del 25% en volumen al 70% en volumen, de forma especialmente preferida del 30% en volumen hasta 70% en volumen, de forma muy especialmente preferida $40 \pm 15\%$ en volumen, y disminuye hacia fuera al 10% en volumen al 30% en volumen, de forma especialmente al $20 \pm 10\%$ en volumen.

35 La adición de oxígeno en relación a la fracción de aluminio depositado se realiza preferiblemente de forma subestequiométrica, de modo que queda una fracción de aluminio oxidado en la capa de absorción 22. Ésta está a disposición luego como potencia redox o absorbedor de oxígeno, de modo que no tiene lugar la formación del óxido de molibdeno. La fracción de aluminio no oxidado en la capa de absorción 22 se sitúa preferiblemente por debajo del 10% en volumen, de forma especialmente preferible entre 0 y 5% en volumen, referido a la composición total de la capa de absorción. La fracción de aluminio no oxidado se puede variar igualmente dentro de la capa de absorción mediante modificación de los parámetros de funcionamiento de tasa de evaporación y cantidad de oxígeno.

40 La capa de absorción 22 se aplica en conjunto preferiblemente con un espesor de 60 nm a 180 nm, de forma especialmente preferida con un espesor de 80 nm a 150 nm, de forma muy especialmente preferida con 120 ± 30 nm.

45 En la quinta etapa de la deposición se aplica la capa antirreflectante 23 en forma de una SiO_2 , en tanto que se deposita mediante la deposición física en fase vapor de silicio bajo alimentación de oxígeno. El espesor preferido de la capa antirreflectante 23 así depositada es de 70 nm a 110 nm, de forma especialmente preferible 90 ± 10 nm.

50 Un tubo absorbedor generado de esta manera se ha calentado en un dispositivo calentador en vacío durante 600 h a 550°C . La presión en la cámara de vacío fue menor de 1×10^{-5} kPa (1×10^{-4} mbar) durante este tiempo de calentamiento. Después de 600 h se ha desconectado la calefacción. Después del enfriamiento de la muestra por debajo del 100°C se ha ventilado la cámara de vacío y se ha tomado la muestra. La muestra se ha medido a continuación de forma espectrométrica, en donde se pudieron determinar un grado de absorción solar integral de $95,5\% \pm 0,5\%$ para un espectro solar AM 1,5 directamente en el rango de longitud de onda de 350-2500 nm. El grado de emisión térmica para una temperatura de sustrato de 400°C se ha determinado con $7,5\% \pm 2\%$.

Listado de referencias numéricas

- 1 Tubo de acero
- 55 2 Líquido caloportador

ES 2 621 421 T3

	10	Colector cilindro-parabólico
	11	Reflector parabólico
	12	Estructura portante
	13	Tubo absorbedor
5	14	Apoyo
	20	Revestimiento absorbedor selectivo a la radiación
	21	Capa reflectante en la región infrarroja
	22	Capa de absorción
	23	Capa antirreflectante
10	24a	Primera capa de barrera
	24b	Segunda capa de barrera
	24c	Tercera capa de barrera

REIVINDICACIONES

1. Revestimiento absorbedor selectivo a la radiación (20), en particular para tubos absorbedores (13) de colectores cilindro-parabólicos (10) con una capa reflectante en la región infrarroja (21) que presenta oro, plata, platino o cobre y posee un espesor de capa de 50 nm a 250 nm, al menos, una capa de absorción (22) dispuesta sobre la capa reflectante (21) y con una capa antirreflectante (23) dispuesta sobre la capa de absorción (22), en donde la capa reflectante (21) está dispuesta sobre al menos dos capas de barrera (24a) y (24b), en donde la segunda capa de barrera (24b) de las al menos dos capas de barrera se compone de SiO_x.
- 5 2. Revestimiento absorbedor (20) según la reivindicación 1, caracterizado por que
- 10 la primera capa de barrera (24a) de las al menos dos capas de barrera se compone de un óxido generado térmicamente y la segunda capa de barrera (24b) de las al menos dos capas de barrera se compone de SiO_x, en donde x puede adoptar los valores 1 a 2.
3. Revestimiento absorbedor (20) según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que
- 15 entre la capa reflectante (21) y la capa de absorción (22) está dispuesta una tercera capa de barrera (24c).
4. Revestimiento absorbedor (20) según la reivindicación 3, caracterizado por que
- la tercera capa de barrera (24c) se compone de un compuesto de Al_xO_y, en donde x puede adoptar los valores 1 a 2 e y los valores 1 a 3.
- 20 5. Revestimiento absorbedor (20) según la reivindicación 3, caracterizado por que
- la tercera capa de barrera (24c) se compone de un compuesto de SiO_x, en donde x puede adoptar los valores 1 a 2.
6. Revestimiento absorbedor (20) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que
- 25 la capa de absorción (22) se compone de material de cermet.
7. Revestimiento absorbedor (20) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que
- la capa reflectante en la región infrarroja (21) se compone de oro, plata, platino o cobre.
8. Revestimiento absorbedor (20) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que
- 30 la primera capa de barrera (24a) contiene óxido de hierro.
9. Revestimiento absorbedor (20) según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que
- la primera capa de barrera (24a) contiene óxido de cromo.
- 35 10. Tubo absorbedor (13), en particular para colectores cilindro-parabólicos con un tubo (1) de acero, en cuyo lado exterior está aplicado un revestimiento absorbedor selectivo a la radiación (20) según la reivindicación 1, en donde la primera capa de barrera (24a) se compone de un óxido generado térmicamente y el valor x de la segunda capa de barrera (24b) aplicada sobre la primera capa de barrera (24a) y que se compone de SiO_x puede adoptar los valores 1 a 2.
- 40 11. Tubo absorbedor (13) según la reivindicación 10, caracterizado por que
- entre la capa reflectante (21) y la capa de absorción (22) está dispuesta una tercera capa de barrera (24c).

12. Tubo absorbedor (13) según la reivindicación 11,
caracterizado por que
la tercera capa de barrera (24c) se compone de un compuesto de Al_xO_y , en donde x puede adoptar los valores 1 a 2 e y los valores 1 a 3.
- 5 13. Tubo absorbedor (13) según la reivindicación 11,
caracterizado por que
la tercera capa de barrera (24c) se compone de SiO_x , en donde x puede adoptar los valores 1 a 2.
14. Procedimiento para la fabricación de un tubo absorbedor (13) con las etapas:
aplicación de una primera capa de barrera (24a) de óxido sobre un tubo de acero mediante oxidación térmica,
10 aplicación de una segunda capa de barrera (24b) mediante deposición física en fase vapor (PVD) de silicio bajo alimentación de oxígeno,
aplicación de una capa reflectante en la región infrarroja (21) con un espesor de capa de 50 a 250 nm mediante deposición física en fase vapor de oro, plata, platino o cobre,
15 aplicación de una capa de absorción (22) mediante deposición física en fase vapor simultánea de aluminio y molibdeno, y
aplicación de una capa antirreflectante (23) mediante deposición física en fase vapor de silicio bajo alimentación de oxígeno.
15. Procedimiento según la reivindicación 14,
caracterizado por que
20 el tubo de acero se pule antes de la oxidación térmica y a este respecto recibe una rugosidad superficial de $R_a < 0,2 \mu m$.
16. Procedimiento según la reivindicación 14 o 15,
caracterizado por que
la deposición física en fase vapor se realiza con una presión ambiente de menos de 5×10^{-5} kPa (5×10^{-4} mbar).
- 25 17. Procedimiento según una de las reivindicaciones 14 a 16,
caracterizado por que
durante la deposición física en fase vapor, el tubo se pasa girando por delante de los objetivos con las respectivas sustancias a aplicar.
18. Procedimiento según una de las reivindicaciones 14 a 17,
30 caracterizado por que
después de la aplicación de la capa reflectante en la región infrarroja (21), se aplica una tercera capa de barrera (24c) mediante deposición física en fase vapor de aluminio o silicio bajo alimentación de oxígeno.
19. Procedimiento según una de las reivindicaciones 14 a 18,
caracterizado por que
35 la deposición de la fracción de aluminio en la capa de absorción (22), se efectúa bajo alimentación de oxígeno.
20. Procedimiento según una de las reivindicaciones 14 a 19,
caracterizado por que
la deposición de la fracción de molibdeno se realiza de forma variable con respecto a la deposición de la fracción de aluminio y/u óxido de aluminio en la capa de absorción (22).
- 40 21. Procedimiento para el funcionamiento de un colector cilindro-parabólico con tubos absorbedores (13) a través de los que se conduce un medio caloportador (2),

caracterizado por que

- 5 se usan tubos absorbedores (13) con un revestimiento absorbedor selectivo a la radiación (20), que presenta al menos una capa reflectante en la región infrarroja (21), que presenta oro, plata, platino o cobre y posee un espesor de capa de 50 nm a 250 nm, al menos una capa de absorción (22) dispuesta sobre la capa reflectante (21) y una capa antirreflectante (23) dispuesta sobre la capa de absorción (22), en donde entre el tubo absorbedor (13) y la capa reflectante (21) están dispuestas al menos dos capa de barrera, de las que una primera capa de barrera (24a) dirigida hacia el tubo absorbedor (13) se compone de un óxido generado térmicamente y una segunda capa de barrera (24b) aplicada sobre la primera capa de barrera (24a) se compone de SiO_x , en donde x puede adoptar los valores 1 a 2.

- 10 22. Procedimiento según la reivindicación 21,

caracterizado por que

la temperatura de funcionamiento de los tubos absorbedores (13) se ajusta a 400°C a 550°C.

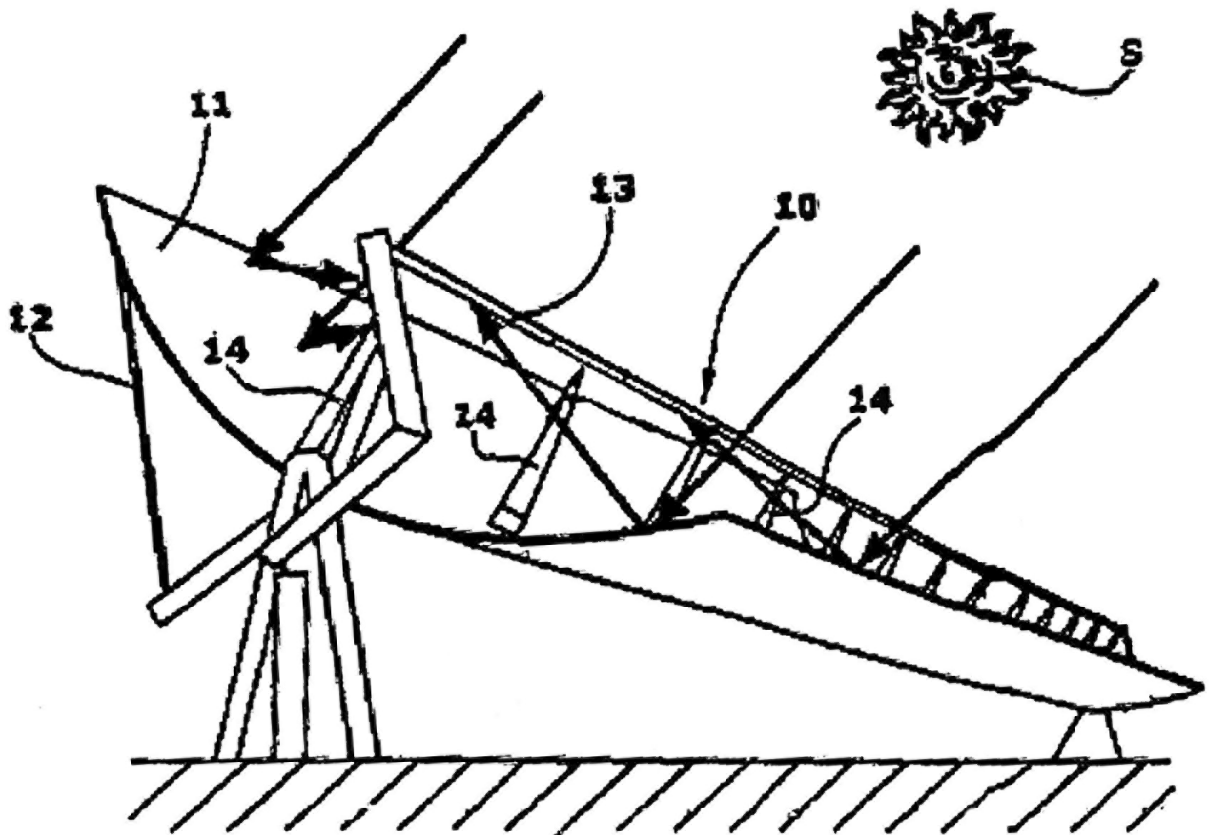


Fig.1

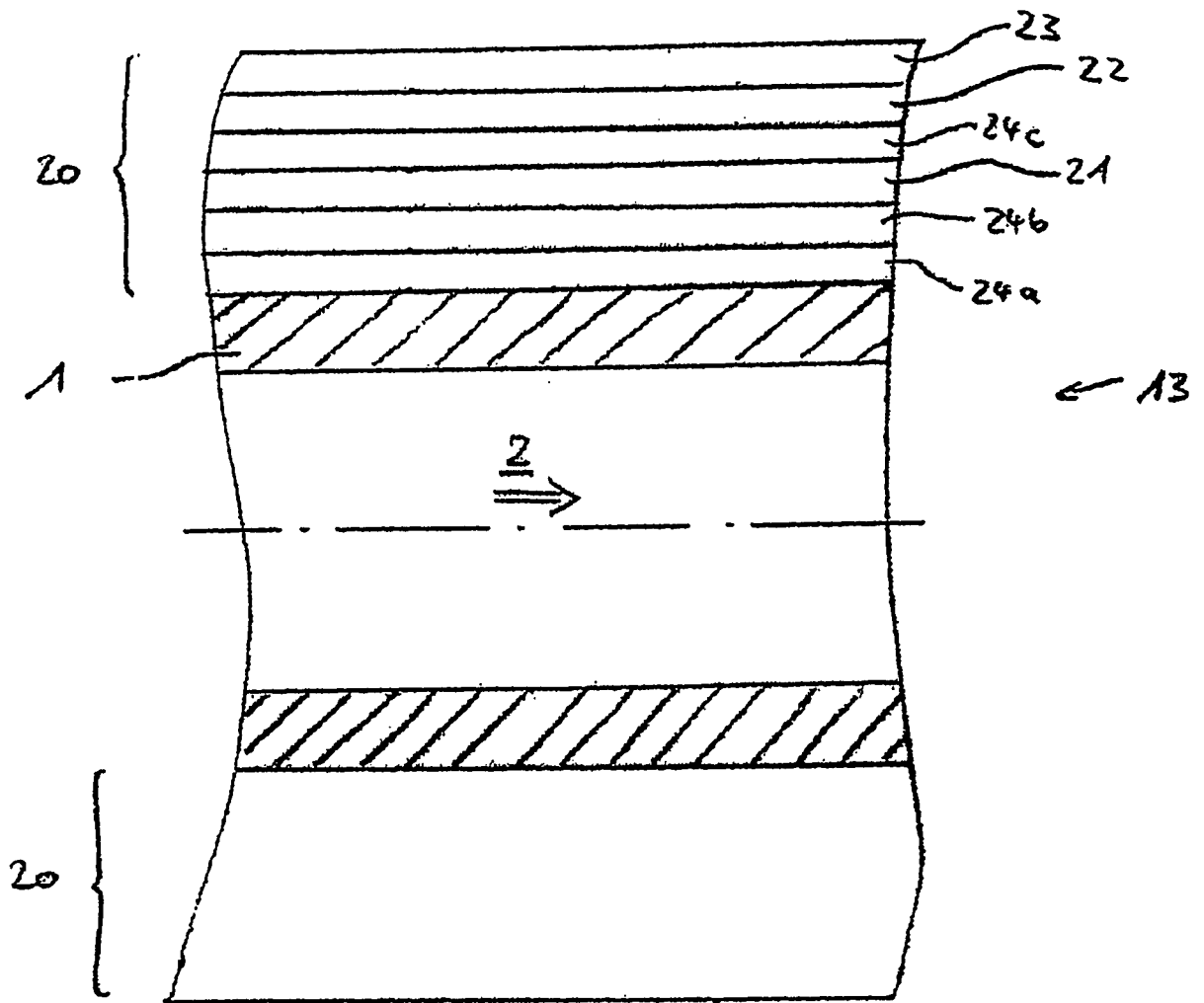


Fig. 2