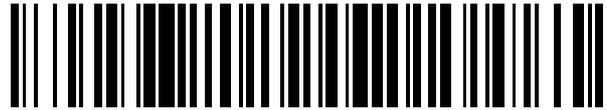


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 550 199**

51 Int. Cl.:

F24J 2/07 (2006.01)

F24J 2/48 (2006.01)

F24J 2/05 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2012 E 12733649 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.07.2015 EP 2707657**

54 Título: **Receptor solar para una central solar térmica y central solar térmica**

30 Prioridad:

01.07.2011 DE 102011078522

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

05.11.2015

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München , DE**

72 Inventor/es:

**HOWELL, PHILIP CLISSOLD y
WALTER, STEFFEN**

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 550 199 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).

RECEPTOR SOLAR PARA UNA CENTRAL SOLAR TÉRMICA Y CENTRAL SOLAR TÉRMICA**DESCRIPCIÓN**

5 La invención se refiere a un receptor solar para una central solar térmica y a una central solar térmica.

En centrales solares térmicas se reúne luz solar mediante reflectores y se concentra sobre un receptor solar. Los receptores solares presentan un material absorbente que absorbe la luz solar concentrada y como consecuencia de la energía solar entonces absorbida, calienta una sustancia portadora de calor en el interior del receptor solar.

10 Pero en centrales solares térmicas no se calienta solamente la sustancia portadora de calor. Adicionalmente se calienta también el propio receptor solar, incluyendo el material absorbente, con lo que el receptor solar emite radiación térmica al entorno. Esta emisión de radiación térmica reduce el rendimiento energético de un receptor solar y con ello el rendimiento de una central solar térmica. La emisión de radiación térmica por parte del absorbente al entorno debe por lo tanto mantenerse lo más baja posible.

20 Se conocen receptores solares que operan a temperaturas tan bajas que la radiación térmica emitida por el absorbente y la radiación de la luz solar están suficientemente separadas espectralmente. Así incide la radiación solar usual en la gama de longitudes de onda de 0,3 μm a 2,5 μm sobre la superficie de la Tierra. Por el contrario el receptor solar presenta en funcionamiento una temperatura típica de 350 °C o 400 °C y emite por lo tanto radiación térmica aproximadamente en la gama de longitudes de onda de 2 a 20 μm o de 1,5 a 20 μm . En tales casos puede configurarse el absorbente en cuanto al material absorbente como absorbente espectralmente selectivo, es decir, el material constituye para longitudes de onda de la radiación solar un buen absorbedor y para longitudes de onda de la radiación térmica un mal emisor.

30 No obstante a las elevadas temperaturas de funcionamiento de los receptores solares no están suficientemente separados los espectros de la luz solar incidente y de la radiación térmica del absorbente. En consecuencia, emiten los materiales absorbentes conocidos hasta ahora a grandes longitudes de onda indeseadamente mucha energía térmica y/o absorben en la zona espectral de la luz solar indeseadamente poca energía de radiación. En cuanto al material absorbente por sí solo, presentan los receptores solares en consecuencia una eficiencia energética demasiado baja o bien no trabajan con pérdidas suficientemente bajas.

40 Por ello es necesario hasta ahora dotar los materiales absorbentes de estructuras de capa de materiales ópticamente delgados, con los cuales la emisión y/o absorción de la radiación se ve influida por efectos de interferencia. Así se conoce por ejemplo la dotación de espejos Bragg en los receptores solares. No obstante tampoco puede ajustarse a discreción en receptores solares con estructura de capas el perfil espectral de emisión y/o absorción, sino que queda limitado por el grado de ajuste de las características ópticas de los distintos materiales de las capas, así como por la cantidad de capas.

45 Alternativamente a tales estructuras de capas presentan los receptores solares conocidos (ver por ejemplo el documento WO-A-2009051595 una única capa cermet para utilizar efectos de interferencia. Una tal capa cermet, es decir, una capa de un material compuesto cerámica-metal o cerámica-óxido metálico, presenta entonces islas de metal o de óxido metálico en una capa cerámica. En estas islas se dispersa la radiación electromagnética que penetra en la capa cermet. La radiación dispersada en las distintas islas puede entonces, si se elige convenientemente la distancia media entre estas islas, interferir adecuadamente.

55 Es por lo tanto objetivo de la invención lograr un receptor solar mejorado para centrales solares térmicas. En particular debe presentar el receptor solar una elevada eficiencia energética. Es además objetivo de la invención lograr una central solar térmica mejorada respecto al estado de la técnica con una mejor eficiencia energética.

60 Este objetivo se logra con un receptor solar con las características indicadas en la reivindicación 1, así como con una central solar térmica con las características indicadas en la reivindicación 12. Ventajosos perfeccionamientos de la invención resultan de las correspondientes reivindicaciones secundarias, de la descripción que sigue y del dibujo.

65 El receptor solar correspondiente a la invención para una central solar térmica está constituido con hexaboruro de iterbio (YbB_6). Convenientemente forma el hexaboruro de iterbio entonces un material absorbente del receptor solar correspondiente a la invención. El receptor solar correspondiente a la invención puede configurarse especialmente bajo en pérdidas y con elevada eficiencia energética respecto a receptores solares correspondientes al estado de la técnica.

Así puede lograrse una elevada eficiencia energética de receptores solares en centrales solares térmicas precisamente cuando el receptor solar puede operar con una elevada temperatura de servicio. Debido a la mayor temperatura que de ello resulta para la sustancia portadora de calor, resulta precisamente una eficiencia energética claramente mayor en la generación de energía eléctrica.

5

Una eficiencia energética especialmente elevada en un receptor solar exige temperaturas de funcionamiento del receptor solar de 500 °C y superiores. Los materiales absorbentes conocidos hasta ahora presentan no obstante flancos de emisividad en 2,0 μm hasta 2,5 μm, es decir, sólo para longitudes de onda más allá de 2 μm se suprime la emisión de radiación térmica del material absorbente con suficiente eficiencia. Pero puesto que la emisión de radiación térmica depende de la temperatura, pueden operar eficientemente materiales absorbentes conocidos solamente hasta una temperatura de 450 °C, ya que a temperaturas más elevadas resulta incluso para longitudes de onda inferiores, comparado con la posición espectral de los flancos de emisividad antes citados, tanta radiación térmica que las pérdidas de energía que ello implica impiden una configuración eficiente de receptores solares.

10

15

Por el contrario el hexaboruro de iterbio presenta un flanco de emisividad para una longitud de onda claramente inferior a 2 μm. Así posee el hexaboruro de iterbio un flanco de emisividad escarpado a 1,5 μm, siendo la reflectividad del hexaboruro de iterbio para longitudes de onda mayores de 2 μm de 0,8 y superior, así como para longitudes de onda inferiores a 1,5 μm de 0,2 e inferior. En consecuencia, el hexaboruro de iterbio se adapta claramente mejor en cuanto a sus características espectrales de emisión y absorción a la exigencia de elevadas temperaturas de funcionamiento de receptores solares. Correspondientemente puede operar un receptor solar con hexaboruro de iterbio a temperaturas de funcionamiento claramente superiores, en particular a temperaturas iguales o superiores a 500 °C y preferiblemente a temperaturas iguales o superiores a 600 °C en cuanto al balance de emisión y absorción y en consecuencia con mayor eficiencia energética. Además presenta el hexaboruro de iterbio, incluso a las temperaturas de funcionamiento antes citadas, una estabilidad térmica claramente superior. En otras palabras, el hexaboruro de iterbio constituye un absorbente selectivo claramente mejor espectralmente que los absorbentes selectivos conocidos a elevadas temperaturas del absorbente.

20

25

30

En un perfeccionamiento preferente de la invención presenta el receptor solar una capa o bien una estructura de capas en particular formada por cermet.

35

En particular presenta el receptor solar un espejo Bragg, siendo el espejo Bragg preferiblemente parte de una estructura de capas tal como antes se mencionó. Mediante una tal estructura de capas con un espejo Bragg puede reducirse la emisividad, es decir, la radiación térmica, para longitudes de onda más allá del flanco de emisividad. Correspondientemente aumenta aún más la eficiencia energética del receptor solar correspondiente a la invención en este perfeccionamiento de la invención.

40

De manera igualmente preferente, existe en lugar de un espejo Bragg una estructura de capas de exactamente dos capas. Al respecto están elegidos convenientemente la geometría y los parámetros de material de estas capas, en particular sus espesores e índices de refracción, tal que sigue aumentando la emisividad del absorbente.

45

En un perfeccionamiento igualmente preferente de la invención, existe en el receptor solar correspondiente a la invención, en lugar de la estructura de capas o adicionalmente a ella, una única capa. En particular la capa es una capa cermet, es decir, una capa con un material compuesto de cerámica-metal o de cerámica-óxido metálico. Convenientemente presenta la capa cermet islas formadas con metal en una capa cerámica y/o islas formadas con cerámica en una capa metálica o de óxido metálico. En este perfeccionamiento de la invención se dispersa la radiación que penetra en la capa cermet en las islas de la capa cermet. Convenientemente la distancia media y preferiblemente también la distribución de las distancias de las islas entre sí se ha elegido tal que se ha reducido la emisividad del absorbente en longitudes de onda de la radiación térmica.

50

55

Preferiblemente constituye entonces al menos una parte del hexaboruro de iterbio del receptor solar al menos una parte de la capa o de la estructura de capas. Convenientemente está situada esta parte dentro de la estructura de capas y forma en particular la capa más interior de la estructura de capas. Más preferiblemente envuelve esta parte preferiblemente todo el contorno de la capa o de la estructura de capas. De esta manera puede configurarse la estructura de capas como filtro espectral, que reduce aún más la emisividad del receptor solar a las longitudes de onda correspondientes a la radiación térmica que se presenta. Básicamente puede entonces elegirse libremente de forma conocida la gama de longitudes de onda en la que se reduce aún más la emisividad, mediante los parámetros de la estructura de capas. Pero precisamente en la solución correspondiente a la invención puede estar constituida la capa o la estructura de capas de manera especialmente ventajosa, en particular especialmente sencilla, por ejemplo con número de capas especialmente bajo o capas no configuradas de forma perfectamente precisa, ya que el espectro de emisividad del hexaboruro de iterbio ya está adaptado de forma especialmente adecuada al espectro de un absorbente selectivo ideal. Con ello se reducen claramente respecto al estado de la técnica las exigencias técnicas a la configuración del sistema de capas o de la

60

65

- capa en este perfeccionamiento de la invención. En particular puede configurarse la estructura de capas según la invención con un número de capas reducido respecto al estado de la técnica o con una capa más delgada como por ejemplo una capa cermet, con lo que se reducen claramente los costes de fabricación. Además significan las reducidas exigencias a la configuración de la capa o la estructura de capas que puede incluirse un surtido claramente más amplio de materiales para configurar la capa o la estructura de capas. Por ello puede adaptarse la estructura de capas adecuadamente a otras exigencias técnicas o económicas. En particular, puede realizarse una adaptación en cuanto a la estabilidad térmica o en cuanto a costes de fabricación reducidos.
- 5
- 10 Ventajosamente está formado y/o en particular recubierto el receptor solar correspondiente a la invención por material que no se oxida o que se oxida débilmente y/o lentamente y/o presenta el receptor solar un recubrimiento con o de material que no se oxida o que se oxida débilmente y/o lentamente. De manera especialmente conveniente y alternativa o adicionalmente a los receptores solares antes descritos con estructura de capas, está formada al menos una parte de la estructura de capas del receptor solar, al
- 15 menos una capa situada en el exterior de la estructura de capas, por o de material que no se oxida o que se oxida débilmente y/o lentamente, preferiblemente por hexaboruro de iterbio. Así el hexaboruro de iterbio apenas se oxida a temperaturas de al menos 700 °C en oxígeno. Los recubrimientos o capas conocidos hasta ahora de material absorbente en receptores solares reaccionan fuertemente con oxígeno en comparación con los mismos a las temperaturas de funcionamiento usuales. Por ello ha debido encapsularse hasta ahora el material absorbente del receptor y evacuarse hasta un alto vacío. Usualmente debe mantenerse el vacío en gran medida para una vida útil de unos 20 años. Pero si el recubrimiento o la capa y/o la estructura de capas del material absorbente está formado por material que no se oxida o que se oxida débilmente y/o lentamente, entonces puede prescindirse de un encapsulado y evacuación del material absorbente.
- 20
- 25 Precisamente como consecuencia de las claramente mayores posibilidades de elección de materiales para configurar la capa o estructura de capas, tal como antes se ha explicado, pueden incluirse según la invención también materiales adecuados que no se oxidan o se oxidan débilmente y/o lentamente para formar el receptor solar. En este contexto son materiales que se oxidan débilmente y/o lentamente los
- 30 materiales tales que a lo largo de un periodo de al menos uno, preferiblemente al menos cinco y en particular al menos 20 años son estables en oxígeno a una temperatura de 500 °C, preferiblemente 600 °C e idealmente 700 °C.
- 35 Preferiblemente presenta el receptor solar correspondiente a la invención una cámara transparente en la zona espectral visible, estando dispuesto el hexaboruro de iterbio en la cámara, al menos en parte y preferiblemente por completo. De esta manera pueden reducirse claramente las pérdidas por convección y con ello pérdidas de eficiencia. Adecuadamente está configurada la cámara transparente entonces al menos en parte cilíndrica y/o con forma tubular. Convenientemente está formada la cámara por vidrio de manera de por sí conocida.
- 40
- 45 Ventajosamente está evacuada de gas, al menos parcialmente, la cámara transparente en la zona espectral visible. De esta manera pueden reducirse claramente las pérdidas por convección y con ello pérdidas de eficiencia de un receptor solar, así como de una central solar térmica constituida con el receptor solar correspondiente a la invención. Al respecto significa "evacuada de gas, al menos parcialmente" en este contexto que al menos una parte de la cámara está evacuada de gas y/o de al menos un componente de un gas o de una mezcla de gases, en particular evacuada de oxígeno. En el último perfeccionamiento de la invención citado pueden utilizarse también materiales que se oxidan más rápidamente y/o más fuertemente de manera de por sí conocida.
- 50
- 55 La central solar térmica correspondiente a la invención presenta un receptor solar, como el que se ha descrito antes. La central solar térmica correspondiente a la invención puede configurarse en consecuencia con mayor eficiencia energética que las correspondientes al estado de la técnica.
- 60 Idealmente está configurada la central solar térmica correspondiente a la invención para operar el receptor solar a temperaturas mayores que/iguales a 500 °C y en particular a temperaturas mayores que/iguales a 600 °C y de manera especialmente ventajosa a temperaturas mayores que/iguales a 700 °C. Convenientemente están configurados las superficies del colector, el grado de concentración y las dimensiones geométricas del receptor solar en la central solar térmica correspondiente a la invención, para alcanzar una o varias de las temperaturas antes citadas, por ejemplo en forma de una o varias temperaturas de funcionamiento previstas.
- La adecuación del hexaboruro de iterbio como absorbente selectivo se describirá a continuación más en detalle en base al dibujo.
- 65 La única figura del dibujo 1 muestra un espectro de reflectividad de hexaboruro de iterbio (YbB₆) (tomado modificado de "Incandescent lamp with filament consisting on a hexaboride of a rare earth material"

ES 2 550 199 T3

(Lámpara incandescente con filamento compuesto por un hexaboruro de un material de tierras raras), E. Kauer, US Patent 3399321).

5 La reflectividad R del hexaboruro de iterbio se muestra en la figura 1 en función de la longitud de onda λ de la radiación electromagnética como curva continua C. La indicación de la reflectividad R se indica en el eje de ordenadas en porcentaje. Tal como se representa en la figura 1, presenta el hexaboruro de iterbio para longitudes de onda λ (eje de abscisas, expresado en μm , mostrado en el dibujo con la indicación "[μm]") inferiores a 1,5 μm una baja reflectividad R (R es menor que/ igual a 40 por ciento en la zona espectral visible y menor que/igual a 20 por ciento para longitudes de onda inferiores a 1,5 μm y mayores que/iguales a 1 μm).

10

La reflectividad R se relaciona de manera de por sí conocida con la emisividad E mediante la fórmula

15

$$R = 1 - E \quad (1)$$

20

En consecuencia presenta el hexaboruro de iterbio para longitudes de onda λ inferiores a 1,5 μm una elevada emisividad (emisividad mayor que/igual a 60 por ciento). La absorptancia del hexaboruro de iterbio es una magnitud idéntica a la emisividad del hexaboruro de iterbio. En consecuencia presenta el hexaboruro de iterbio a longitudes de onda inferiores a 1,5 μm una elevada absorptancia. El hexaboruro de iterbio constituye por lo tanto en la citada zona de longitudes de onda un absorbente eficiente.

25

Tal como puede deducirse del dibujo, para longitudes de onda λ mayores que/iguales a 1,5 μm la reflectividad (R = aprox. 80% para longitudes de onda mayores que/iguales a 2 μm) es grande y la emisividad en consecuencia extremadamente baja. Correspondientemente constituye el hexaboruro de iterbio a la vez un emisor malo, poco eficiente para la radiación en la gama de longitudes de onda λ mayores que/iguales a 1,5 μm y en particular de longitudes de onda λ mayores que/iguales a 2 μm , es decir, para radiación en la zona de la radiación térmica.

30

Las zonas espectrales de alta y baja reflectividad R y en consecuencia las zonas espectrales de baja y alta emisividad y absorptancia del hexaboruro de iterbio están, tal como se representa en la figura 1, unidas entre si mediante un flanco de emisividad S espectralmente escarpado, situado en longitudes de onda λ de alrededor de 1,5 μm . En la zona del flanco de emisividad S, dependen la emisividad y la absorptancia del hexaboruro de iterbio muy fuertemente de la longitud de onda λ .

35

REIVINDICACIONES

- 5 1. Receptor solar para una central solar térmica,
caracterizado porque el mismo está formado con hexaboruro de iterbio.
- 10 2. Receptor solar según la reivindicación 1,
caracterizado porque el mismo presenta una capa o estructura de capas formada en particular con cermet.
- 15 3. Receptor solar según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado porque el mismo presenta un espejo Bragg.
- 20 4. Receptor solar según las reivindicaciones 2 y 3,
caracterizado porque el espejo Bragg es parte de la estructura de capas.
- 25 5. Receptor solar según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado porque al menos una parte del hexaboruro de iterbio forma al menos una parte de la capa o de la estructura de capas, en particular una parte que se encuentra en el interior de la estructura de capas.
- 30 6. Receptor solar según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado porque el mismo está formado con material que no se oxida o se oxida débilmente y/o lentamente.
- 35 7. Receptor solar según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado porque el mismo presenta una cámara transparente en la zona espectral visible y el hexaboruro de iterbio está dispuesto en la cámara, al menos en parte.
- 40 8. Receptor solar según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado porque la cámara transparente en la zona espectral visible está configurada al menos en parte cilíndrica y/o con forma tubular.
- 45 9. Receptor solar según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado porque la cámara transparente en la zona espectral visible está formada por vidrio.
- 50 10. Receptor solar según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado porque la cámara transparente en la zona espectral visible está evacuada de gas al menos parcialmente.
11. Receptor solar según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado porque la cámara transparente en la zona espectral visible está evacuada de oxígeno, al menos parcialmente.
12. Central térmica solar,
caracterizada porque la misma presenta un receptor solar según una de las reivindicaciones precedentes.
13. Central térmica solar según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizada porque la misma está configurada para operar el receptor solar a temperaturas mayores que/iguales a 500 °C, en particular a temperaturas mayores que/iguales a 600 °C, preferiblemente a temperaturas mayores que/iguales a 700 °C.

