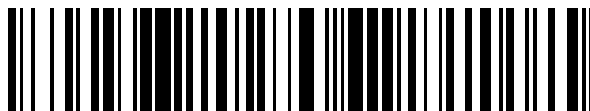


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 610 628**

21 Número de solicitud: 201631596

51 Int. Cl.:

H02S 10/30 (2014.01)

F28D 20/02 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

15.12.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

28.04.2017

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

24.07.2017

Fecha de concesión:

03.11.2017

45 Fecha de publicación de la concesión:

13.11.2017

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
(100.0%)**

**Ramiro de Maeztu 7
28040 Madrid (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

**DATAS MEDINA, Alejandro;
MARTÍ VEGA, Antonio;
DEL CAÑIZO NADAL, Carlos y
LUQUE LÓPEZ, Antonio**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

54 Título: **Acumulador y convertidor de energía solar térmica**

57 Resumen:

Acumulador y convertidor de energía solar térmica provisto de una vasija de geometría cilíndrica con un material de cambio de fase en su interior y una cavidad óptica cilíndrica en su centro, definida por las paredes internas de la vasija y una apertura. Dentro de dicha cavidad, en el eje de la misma, se sitúa un emisor térmico. Una cubierta aislante térmica rodea la vasija excepto en dos porciones, una correspondiente a la apertura y otra correspondiente a la posición de un convertidor termofotovoltaico, donde el convertidor se sitúa en el mismo eje que el emisor, alineado con la cubierta aislante. Así, aumenta la capacidad de generación de potencia eléctrica durante la fase de carga del sistema y además, se consigue una mayor eficiencia de conversión al lograr un perfil de temperatura uniforme en el emisor.

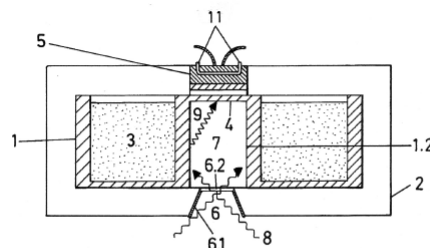


FIG.1

DESCRIPCION

Acumulador y convertidor de energía solar térmica

5 SECTOR DE LA TÉCNICA

La invención pertenece al sector de la acumulación y transformación de energía solar térmica en electricidad mediante dispositivos termofotovoltaicos.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Durante los últimos años se han descrito distintos tipos de sistemas de acumulación de energía solar en forma de calor latente en materiales de cambio de fase y que utilizan convertidores termofotovoltaicos para producir electricidad a partir del calor acumulado [1]–[7]. En estos sistemas, la energía solar se concentra en un material de alto punto de fusión, que al cambiar de fase sólida a líquida almacena dicha energía en forma de calor latente de cambio de fase. El convertidor termofotovoltaico se utiliza para producir electricidad a partir de la radiación térmica incandescente procedente de un material emisor que está en contacto íntimo con el material de cambio de fase. Estos convertidores no necesitan contacto físico con el emisor, por lo que éste último puede alcanzar temperaturas muy elevadas. Esto permite trabajar con materiales de cambio de fase con muy elevado punto de fusión (como el silicio, el níquel o el hierro), que se caracterizan por tener un calor latente de cambio de fase muy elevado, lo cual permite alcanzar densidades de energía también muy elevadas. Por lo tanto, a diferencia de otros sistemas que utilizan turbinas para la conversión del calor en electricidad, el empleo de convertidores termofotovoltaicos permite fabricar sistemas muy compactos, silenciosos (al carecer de partes móviles) y con menores requerimientos de mantenimiento y mayor nivel de seguridad, ya que carecen de fluidos caloportadores y de todos los subsistemas que su empleo conlleva, cómo el empleo de fluidos presurizados, válvulas y tuberías.

En la mayoría de de diseños que se han propuesto hasta la fecha para fabricar estos sistemas[1]–[3][4]–[6], el material de cambio de fase está contenido en una vasija que se caracteriza porque una de sus paredes (absorbente) está dispuesta para absorber la radiación solar, y otra (emisor) está dispuesta para emitir radiación térmica hacia el convertidor termofotovoltaico. El resto de las paredes de la vasija están cubiertas por un aislante térmico. Estos sistemas constan de dos procesos: el de carga y descarga de energía. Durante el proceso de carga, la luz solar incide en la superficie absorbente de la

vasija, generándose un calor que se transfiere hacia el material de cambio de fase, que cambia de estado sólido a líquido almacenando la energía solar en forma de calor latente de cambio de fase. Durante el proceso de descarga, el calor latente contenido en la fase líquida de dicho material se transfiere al emisor, que radia dicho calor en forma de fotones hacia el
5 convertidor termofotovoltaico, que directamente produce electricidad. Durante el proceso de descarga el material de cambio de fase tiende a solidificarse en torno al emisor, creando una corteza sólida que obstaculiza el flujo de calor desde la fase líquida hacia el emisor. Por lo tanto, uno de los retos de estos sistemas es el de maximizar la transferencia de calor a través de esta capa, para lo cual se ha propuesto el empleo de alteas térmicas [1], o
10 genéricamente, la utilización de materiales de cambio de fase con conductividades térmicas de la fase sólida muy elevadas.

Sin embargo, el problema de fondo de los sistemas descritos en [1]–[6] está relacionado con el hecho de que la distancia media entre la superficie del emisor y cualquier punto del
15 material de cambio de fase contenido en la vasija es muy elevada. Esto provoca que el espesor de la corteza sólida que se crea durante el proceso de descarga entorno al emisor sea muy gruesa y evita que el emisor alcance una temperatura suficientemente elevada y por lo tanto, que la conversión de la radiación térmica en electricidad sea eficiente. Este problema es especialmente relevante para sistemas de grandes dimensiones, dónde las
20 distancias medias entre el emisor y los distintos puntos del material de cambio de fase son mayores. Por lo tanto, estos diseños están seriamente limitados en cuanto a la capacidad total de almacenamiento de energía.

Este problema ha sido resuelto en el diseño descrito en [7], mediante el empleo de una
25 vasija cilíndrica, cuyas paredes internas conforman el emisor. De esta forma, el emisor se encuentra a una distancia media mucho menor de cualquier punto del material de cambio de fase, lo cual permite mejorar sustancialmente la transferencia de calor desde la fase líquida del material de cambio de fase al emisor, y permite que éste alcance una mayor temperatura durante todo el proceso de descarga. Además, esta geometría permite aumentar la
30 capacidad volumétrica del contenedor sin necesidad de deteriorar la transferencia de calor desde la fase líquida al emisor. Esto puede lograrse simplemente aumentando en la misma proporción los radios interno y externo de los cilindros que forman la vasija de cilindros coaxiales. Por lo tanto, este diseño es más fácilmente escalable que los anteriores.

35 Sin embargo, el diseño descrito en [7], no resuelve dos problemas importantes. El primero tiene que ver con la dinámica de operación, ya que en dicho diseño el generador

termofotovoltaico no producirá potencia eléctrica durante gran parte del proceso de carga del sistema, mientras que el emisor no haya alcanzado una temperatura suficientemente alta. Este proceso puede durar varias horas y por lo tanto puede suponer un serio inconveniente a la hora de gestionar la producción eléctrica del sistema. Este problema tiene

5 que ver con que los procesos de carga y descarga en el sistema descrito en [7], ocurre de forma secuencial, en superficies separadas de la vasija: una de ellas comprende el absorbente (carga), y la otra comprende el emisor (descarga). Ambas superficies están separadas por el material de cambio de fase, que funciona de buffer entre la energía solar absorbida en la primera, y la radiación térmica que ilumina el convertidor termofotovoltaico

10 en la segunda. De modo que la energía solar absorbida en la superficie absorbente no se transfiere a la superficie emisora inmediatamente, sino que hay que esperar hasta que el material de cambio de fase haya alcanzado una temperatura suficientemente elevada en prácticamente la totalidad de su volumen.

15 El segundo problema que no resuelve el diseño descrito en [7] es la falta de uniformidad de la iluminación del convertidor termofotovoltaico, que puede implicar un deterioro considerable de su eficiencia de conversión. Durante el proceso de descarga el sistema descrito en [7], el material de cambio de fase solidifica de forma no uniforme entorno al emisor (formado por la parte inferior de las paredes internas de la vasija), lo cual origina un

20 perfil de temperatura no uniforme, que a su vez origina un perfil de iluminación no uniforme del convertidor termofotovoltaico. Para convertidores de un tamaño relevante, dónde el convertidor estará constituido por una serie de células termofotovoltaicas conectadas en serie, la falta de uniformidad ocasionará que la corriente de salida del convertidor esté limitada por aquella célula que genere la menor de las corrientes. Esto implicará unas

25 fuertes pérdidas eléctricas en el convertidor.

Por lo tanto, el objeto de esta invención es la de lograr un sistema de acumulación térmica y generación termofotovoltaica capaz de extraer la máxima potencia eléctrica durante los periodos de carga y descarga del sistema, y que a la vez sea fácilmente escalable, pudiendo

30 aumentarse la capacidad de acumulación del sistema sin que ello conlleve un deterioro de la generación de potencia del generador termofotovoltaico.

RESUMEN DE LA INVENCION

35 La invención consiste en un dispositivo de almacenamiento de energía solar en forma de calor latente de cambio de fase en materiales de alto punto de fusión y en la conversión

directa de dicho calor en electricidad mediante convertidores termofotovoltaicos, en el cual el proceso de acumulación de energía solar y el de producción de potencia eléctrica ocurren de forma simultánea, y por tanto se produce energía eléctrica sin necesidad de que el material de cambio de fase haya alcanzado una temperatura elevada en su totalidad y en el que se pueden acumular grandes volúmenes de material de cambio de fase sin que eso implique un deterioro de la capacidad de generación de potencia del sistema.

En referencia a la figura 1, la invención comprende un acumulador y convertidor de energía solar térmica provisto de una vasija de geometría cilíndrica (1) que comprende el material de cambio de fase (3), provista de una cavidad óptica cilíndrica (7) en su centro, definida por las paredes internas de la vasija (1.2) y una apertura (6). Dentro de dicha cavidad se sitúa un emisor térmico (4). Una cubierta aislante térmica (2) rodea la vasija excepto en dos porciones, una correspondiente a la apertura (6) y otra correspondiente a la posición de un convertidor termofotovoltaico (5). La radiación solar (8) penetra en la cavidad (7) a través de la apertura (6) y se absorbe en las paredes internas de la vasija (1.2) y en el emisor térmico (4). El emisor térmico (4) se sitúa en el eje longitudinal de dicha cavidad óptica cilíndrica (7) a una altura variable y es visible por el convertidor termofotovoltaico (5), que se sitúa en el mismo eje y alineado con la cubierta aislante (2). La función del emisor térmico (4) es la de absorber tanto la radiación solar incidente (8), como la radiación térmica (9) emitida por las paredes internas de la vasija (1.2) y re-emitir parte de dicha energía hacia el convertidor termofotovoltaico (5).

Al igual que en [7] la configuración cilíndrica de la cavidad (7) permite que la superficie de la vasija (1), dispuesta para el intercambio de calor entre la cavidad (7) y el material de cambio de fase (3), sea mucho mayor que en [1]–[6], lo cual permite colocar un gran volumen de material de cambio de fase en las proximidades de las paredes internas (1.2). Esto permite fabricar sistemas de gran capacidad donde la transferencia de calor entre el material de cambio de fase y la cavidad (7) sea muy eficiente.

Las ventajas de este sistema, con respecto a [7], son dos: primero, la capacidad de generación de potencia eléctrica durante la fase de carga del sistema, y segundo, una mayor eficiencia de conversión al lograr un perfil de temperatura uniforme en el emisor. Ambas ventajas se deben a la disposición del emisor térmico (4) y el convertidor termofotovoltaico (5).

En primer lugar, el sistema producirá electricidad durante el proceso de carga gracias a que tanto el emisor térmico (4) como las paredes internas de la vasija (1.2) son calentados simultáneamente por la luz solar, alcanzando ambas temperaturas muy elevadas sin necesidad de que el material de cambio de fase (3) haya alcanzado temperaturas elevadas en todo su volumen. De esta forma, se producen simultáneamente la carga del sistema a través de las paredes internas de la vasija (1.2) y la generación de potencia a través del convertidor termofotovoltaico (5) que es iluminado por el emisor (4).

En segundo lugar, el emisor alcanzará un perfil de temperatura uniforme gracias a que cada punto del emisor térmico (4) es calentado por la radiación proveniente de todos los puntos de las paredes internas de la vasija (1.2), lo cual integra las posibles faltas de uniformidad de temperatura de las paredes (1.2) y resulta en un calentamiento homogéneo de dicho emisor, y consecuentemente también del convertidor termofotovoltaico. Esto evita posibles problemas de falta de uniformidad de iluminación de dicho convertidor, que desembocarían en un proceso de conversión poco eficiente.

Finalmente, otra ventaja de esta configuración con respecto a [7] se refiere a la colocación del convertidor termofotovoltaico (5) en una posición fácilmente accesible desde el exterior, facilitando de ésta forma su refrigeración y eventual remplazo por parte de los operarios de mantenimiento. En una puesta en práctica particular se incorpora un tubo de luz en el eje de la cavidad (7), situándose el convertidor termofotovoltaico (5) en un extremo del tubo y el emisor térmico (4) en el interior del tubo, por ejemplo en su extremo. Alternativamente, el emisor puede estar disperso en el tubo. El tubo puede extenderse hasta la apertura de manera que la luz solar incida directamente sobre el extremo de dicho tubo. Opcionalmente, la apertura puede estar cubierta por un filtro selectivo espectral adaptado para evitar el paso de la radiación térmica de infrarrojo emitida desde la cavidad hacia el exterior. También opcionalmente, la apertura puede constar de un reflector y una ventana óptica. El emisor puede ser un emisor selectivo. Opcionalmente, la cavidad está sellada y aislada del exterior y comprende en su interior un gas inerte. La vasija puede ser de grafito, carburo de silicio, tantaló, tungsteno, molibdeno o disiliciuro de molibdeno.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención y para complementar esta descripción, se acompañan como parte integrante de la misma las siguientes figuras, cuyo carácter es ilustrativo y no limitativo:

La Fig. 1 muestra un acumulador de energía solar térmica de acuerdo a la invención, dónde el emisor térmico (4) se sitúa en un extremo de la cavidad óptica (7) y el convertidor termofotovoltaico (5) se sitúa directamente sobre él.

- 5 La Fig.2 muestra la integración de la realización descrita en la Fig.1 en un campo de heliostatos (14).

La Fig. 3 muestra un acumulador de energía solar térmica similar al de la Fig.1 dónde el emisor (4) y el convertidor termofotovoltaico (5) se sitúan en la parte inferior y la apertura de
10 entrada a la luz solar concentrada (6) se sitúa en la parte superior.

La Fig. 4 muestra una posible realización en la que el emisor (4) se sitúa en el centro de la cavidad (7) y está depositado en uno de los extremos de un tubo de luz (12), en cuyo extremo opuesto está situado el convertidor termofotovoltaico (5).

15

La Fig. 5 muestra otra posible realización similar a la Fig.4 en la que el emisor térmico (4) es un material súper-emisivo que está embebido dentro del propio tubo de luz (6).

La Fig. 6 muestra una realización similar a la de la Fig. 4 en la que el tubo de luz se extiende
20 hasta la apertura (6), y la luz solar concentrada incide directamente sobre dicho extremo del tubo de luz.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

25 La vasija (1) comprende un material refractario. En una posible realización, la vasija puede fabricarse mediante cerámicas de alto punto de fusión ($>2000^{\circ}\text{C}$) y elevada conductividad térmica ($>20\text{ W/m-K}$) como por ejemplo grafito o carburo de silicio. En este caso, la parte interior de la vasija que va a estar en contacto con el material de cambio de fase (3), podrá recubrirse con una capa de material de alta resistencia a la corrosión, como el tántalo. En
30 otra posible realización, la vasija puede fabricarse directamente mediante metales de alto punto de fusión ($>2000^{\circ}\text{C}$) y elevada conductividad térmica ($>20\text{ W/m-K}$) como tántalo, tungsteno, molibdeno y sus aleados, como el disiliciuro de molibdeno (MoSi_2).

La cubierta aislante (2) comprende un material refractario. En una posible realización, la
35 cubierta puede fabricarse en su totalidad mediante compuestos cerámicos de alto punto de fusión ($>2000^{\circ}\text{C}$) y baja conductividad térmica ($<1\text{ W/m-K}$) como fibras de alúmina o ladrillos

refractarios de alúmina o mulita. En otra posible realización, la cubierta puede fabricarse mediante una combinación de una cubierta cerámica, más cercana a la vasija y de menor espesor que en la realización anterior, y un sistema multicapa, en los que se intercalan finas capas de metal de baja emisividad y alto punto de fusión, como el molibdeno o el níquel, con
 5 finas capas cerámicas de baja conductividad térmica y alto punto de fusión, como la fibra de cuarzo o zirconia.

El material de cambio de fase (3) comprende un metal de alto punto de fusión ($>1000^{\circ}\text{C}$) pero de menor punto de fusión que el de la vasija, elevada conductividad térmica ($>20\text{ W/m-k}$) de la fase sólida a temperaturas cercanas al punto de fusión y alto calor latente de cambio de fase ($>400\text{ W}_h/\text{m}^3$), como el silicio, el níquel o el hierro.

El emisor (4) comprende un material refractario. En una posible realización, el emisor se fabrica en una cerámica refractaria de alto punto de fusión ($>2000^{\circ}\text{C}$), alta conductividad
 15 térmica ($>20\text{ W/m-K}$) y alta emisividad (>0.8) como el grafito o el carburo de silicio. En otra posible realización, el emisor se fabrica mediante un metal de alto punto de fusión ($>2000^{\circ}\text{C}$) y elevada conductividad térmica ($>20\text{ W/m-K}$) como tántalo, tungsteno, molibdeno o disiliciuro de molibdeno (MoSi_2). La cara del emisor vista por el convertidor (5) puede incorporar un emisor selectivo de forma que la radiación que reciba el convertidor
 20 termofotovoltaico (5) sea espectralmente selectiva y conste mayoritariamente de fotones con energía superior a la energía correspondiente al ancho de banda del semiconductor empleado para fabricar la célula termofotovoltaica del convertidor (5).

En una posible realización (Fig.4), el emisor térmico (4) se sitúa en un extremo de un tubo de luz (12) en cuyo extremo opuesto se sitúa el convertidor termofotovoltaico (5), de forma
 25 que la radiación emitida por el emisor (4) es guiada por reflexión total interna (13) hasta el convertidor. Al tener el tubo de luz (12) un índice de refracción mayor que el medio que lo rodea (aire, un gas inerte, o vacío) y estar el emisor (4) en íntimo contacto con éste, la potencia lumínica que el emisor (4) emite a través del tubo de luz (12) es mayor que la que
 30 emitiría en vacío en un factor que es el cuadrado del índice de refracción del tubo de luz. Esto permite aumentar la densidad superficial de potencia lumínica que incide sobre el convertidor termofotovoltaico (5) y con ello aumentar la densidad de potencia eléctrica generada por el convertidor. Esto es particularmente relevante para la presente invención ya que permite aumentar el ratio de potencia eléctrica generada por el convertidor (5) respecto
 35 a la potencia solar en la apertura (6), lo cual permite alcanzar un balance óptimo entre la potencia de entrada y la potencia de salida del sistema que resulte en una temperatura de

cavidad óptima, y de este modo aumentar la eficiencia de conversión de energía solar en electricidad. Además, la utilización del tubo de luz (12) permite, a través de múltiples reflexiones internas (13), una mayor uniformidad de la radiación incidente sobre el convertidor termofotovoltaico (5).

5

El tubo de luz (12) comprende un material macizo transparente, de alto punto de fusión ($>1800^{\circ}\text{C}$), alto índice de refracción ($n>1.3$) y baja conductividad térmica ($<20\text{ W/m-K}$). En una posible realización, el tubo de luz se fabrica en YAG (yttrium aluminum garnet), cuarzo o en seleniuro de zinc.

10

En otra posible realización (Fig.5) el emisor térmico (4) se puede fabricar a partir de un material luminiscente que está embebido dentro del propio tubo de luz (12). La ventaja de esta realización es que el material luminiscente está disperso en el propio tubo de luz, lo cual le confiere estabilidad mecánica. Además, los materiales luminiscentes emiten radiación en un rango de longitudes de onda estrecho, que se puede ajustar al espectro de absorción del convertidor termofotovoltaico (5) para aumentar su eficiencia.

15

En otra posible realización (Fig.6) el emisor térmico es un material luminiscente que está embebido dentro del propio tubo de luz (12) y el tubo de luz se extiende hasta la apertura (6). La ventaja de esta realización es que parte de la luz solar concentrada, concretamente aquellos rayos (8.2) con un ángulo de incidencia suficientemente pequeños como para producir la reflexión total interna dentro del tubo de luz, es guiada directamente hasta el emisor (4), produciéndose la conversión directa de luz solar en radiación térmica luminiscente que se re-emite hacia el convertidor (5). Esto resulta en una mayor potencia eléctrica durante aquellos periodos en que existe radiación solar. Aquellos rayos con ángulos de incidencia superiores al ángulo crítico (8.1), se absorben en las paredes (1.2) de la vasija y contribuyen a calentar el material de cambio de fase (3). En esta realización, el extremo del tubo de luz situado en la apertura (6) estará cubierto por un filtro selectivo espectral que no permita el paso de la radiación térmica de infrarrojo emitida desde la cavidad (7) hacia el exterior, especialmente aquellos fotones emitidos por el emisor (4), y que por el contrario, si permita el paso de la radiación solar hacia la cavidad. Este filtro puede fabricarse con un sistema de multicapas que produzcan una interferencia destructiva en la reflexión para aquellas frecuencias correspondientes al espectro de radiación infrarrojo proveniente de la cavidad (7) en general y del emisor (4) en particular.

20

25

30

El convertidor termofotovoltaico (5) comprende al menos una célula termofotovoltaica (5.2) dispuesta sobre un sustrato (5.1) cuya finalidad es la de conducir el calor generado en la célula a un disipador térmico (11). La célula termofotovoltaica puede fabricarse empleando al menos un material semiconductor (por ejemplo Silicio, GaAs, Germanio, GaSb, InGaAs, InGaAsSb, etc.) con el ancho de banda óptimo para el espectro de emisión lumínica del emisor (dependiente de la temperatura de éste) y formando al menos una unión p/n (cátodo/ánodo) para realizar los contactos selectivos de electrones y huecos generados internamente en el material semiconductor. El sustrato del convertidor se puede fabricar mediante un sustrato DBC (direct bonded copper) situado encima de un soporte metálico fabricado en cobre o aluminio, que conduce el calor generado en la célula a un disipador térmico consistente en un conducto por el cual circula un fluido refrigerante. El sustrato DBC permite el aislamiento eléctrico de la célula del soporte metálico y a su vez, una buena conducción del calor generado en la célula hacia el disipador. En el caso de existir más de una célula, estas podrán interconectarse en serie para formar una matriz de células.

La apertura de entrada (6) está dispuesta para coleccionar la radiación solar de entrada y confinarla en la cavidad óptica (7), donde es absorbida. En una posible realización, la apertura (6) consta de un reflector (6.1) y una ventana óptica (6.2). El reflector (6.1) está fabricado de un metal de alta reflectividad (>90%), como el aluminio, y está dispuesto para reflejar la radiación solar incidente hacia el interior de la cavidad (7). La ventana (6.2) está fabricada en un material transparente a la radiación solar y de alto punto de fusión (>1500°C), como el cuarzo. Dicha ventana consta de un filtro interferencial situado en ambas caras que bloquea el paso de la radiación infrarroja emitida por la cavidad hacia el exterior, y a su vez permite el paso de la radiación solar hacia el interior de la cavidad (7).

La cavidad óptica (7) está limitada por las paredes internas de la vasija (1.2), el emisor (4) (en varias realizaciones), la apertura (6) y algunas pequeñas porciones de la cubierta aislante (2). La finalidad de esta cavidad es doble: absorber la radiación solar y transferir el calor del material de cambio de fase hacia el emisor (4) de forma que este alcance una temperatura uniforme en toda su superficie, lo cual permita una generación de electricidad también uniforme en el convertidor termofotovoltaico. En una posible realización, la cavidad está sellada y aislada del exterior, y se ha creado en su interior una atmósfera de un gas inerte, como el argón, que evita la oxidación de los materiales que la forman.

REFERENCIAS

- [1] K. W. Stone, R. E. Drubka, S. M. Kusek, and M. Douglas, "A space solar thermophotovoltaic power system," 1996, pp. 1001–1006.
- [2] M. Emziane and M. Alhosani, "Sensitivity analysis of a solar thermophotovoltaic system with silicon thermal storage," in *2014 3rd International Symposium on Environmental Friendly Energies and Applications (EFEA)*, 2014, pp. 1–5.
- [3] M. R. Gilpin, D. B. Scharfe, M. P. Young, and A. P. Pancotti, "Molten Boron Phase-Change Thermal Energy Storage to Augment Solar Thermal Propulsion Systems," presented at the 47th AIAA Joint Propulsion Conference, San Diego, CA (US), 2011.
- [4] D. L. Chubb, B. S. Good, and R. A. Lowe, "Solar thermophotovoltaic (STPV) system with thermal energy storage," 1995, pp. 181–198.
- [5] A. Datas, D. L. Chubb, and A. Veeraragavan, "Steady state analysis of a storage integrated solar thermophotovoltaic (SISTPV) system," *Sol. Energy*, vol. 96, pp. 33–45, 2013.
- [6] A. Veeraragavan, L. Montgomery, and A. Datas, "Night time performance of a storage integrated solar thermophotovoltaic (SISTPV) system," *Sol. Energy*, vol. 108, no. 0, pp. 377–389, Oct. 2014.
- [7] A. Datas, A. Ramos, A. Martí, C. del Cañizo, and A. Luque, "Ultra high temperature latent heat energy storage and thermophotovoltaic energy conversion," *Energy*, vol. 107, pp. 542–549, Jul. 2016.

REIVINDICACIONES

1. Acumulador y convertidor de energía solar térmica provisto de una vasija de geometría cilíndrica (1) con un material de cambio de fase (3) en su interior y una cavidad
5 óptica cilíndrica (7) en su centro, definida por las paredes internas de la vasija (1.2) y una
apertura (6), caracterizado porque dentro de dicha cavidad, en el eje simetría , se sitúa un
emisor térmico (4), y donde una cubierta aislante térmica (2) rodea la vasija (1) excepto en
dos porciones, una correspondiente a la apertura (6) y otra correspondiente a la posición de
un convertidor termofotovoltaico (5), donde el convertidor (5) se sitúa en el mismo eje que el
10 emisor (4), alineado con la cubierta aislante (2).
2. Acumulador según la reivindicación 1 donde se incorpora un tubo de luz (12) en el
eje de la cavidad (7), situándose el convertidor termofotovoltaico (5) en un extremo del tubo
(12) y el emisor (4) en o sobre el propio tubo.
15
3. Acumulador según la reivindicación 2 donde el emisor (4) está disperso en el tubo
(12).
4. Acumulador según la reivindicación 2 donde el emisor (4) se sitúa en el otro extremo
20 del tubo (12).
5. Acumulador según la reivindicación 2 donde dicho tubo de luz (12) se extiende hasta
la apertura (6) de manera que la luz solar incide directamente sobre el extremo de dicho
tubo (12).
25
6. Acumulador según la reivindicación 4 donde el extremo del tubo de luz situado en la
apertura (6) está cubierto por un filtro selectivo espectral adaptado para evitar el paso de la
radiación térmica de infrarrojo emitida desde la cavidad (7) hacia el exterior.
- 30 7. Acumulador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la apertura (6)
consta de un reflector (6.1) y una ventana óptica (6.2)
8. Acumulador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el emisor (4)
es un emisor selectivo.

9. Acumulador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la cavidad (7) está sellada y aislada del exterior y comprende en su interior un gas inerte.

10. Acumulador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la vasija (1)
5 está fabricada de grafito, carburo de silicio, tántalo, tungsteno, molibdeno o disiliciuro de molibdeno.

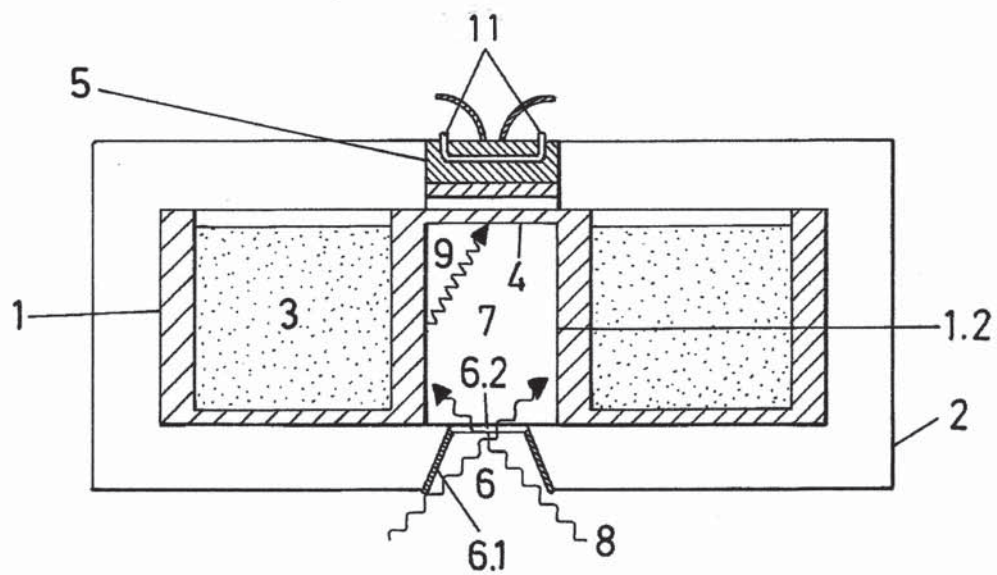


FIG.1

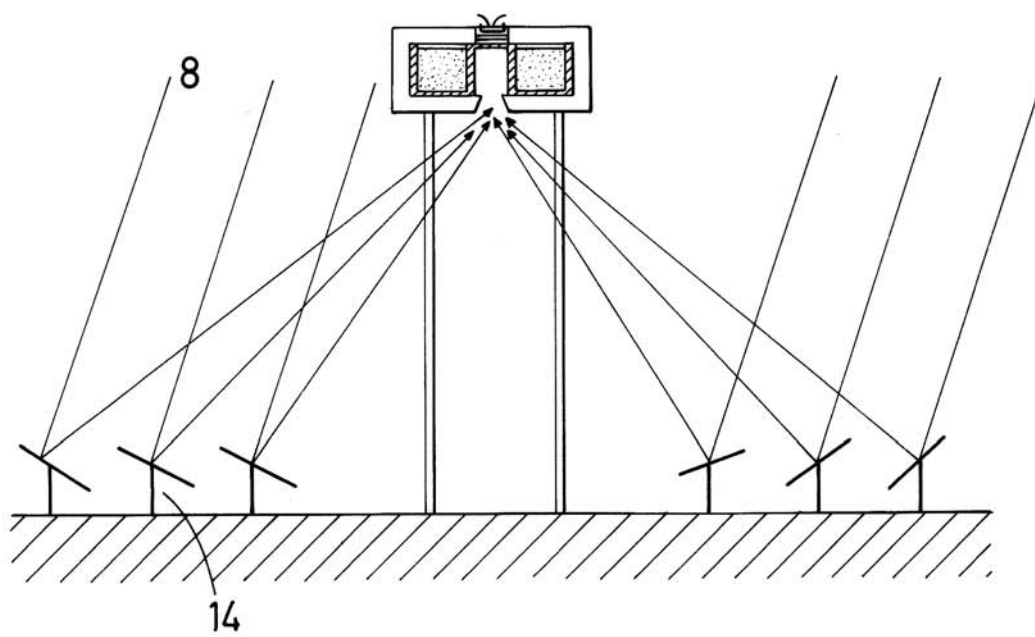


FIG. 2

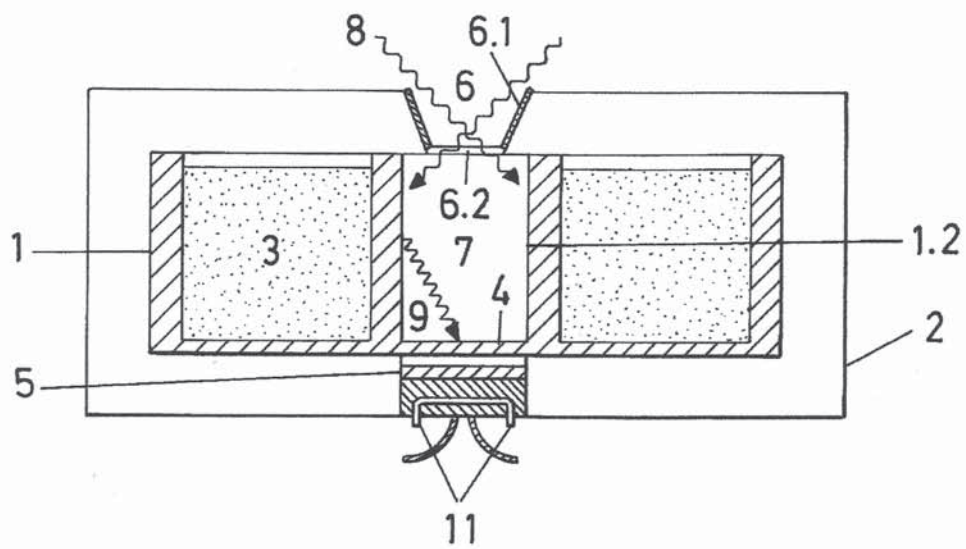


FIG.3

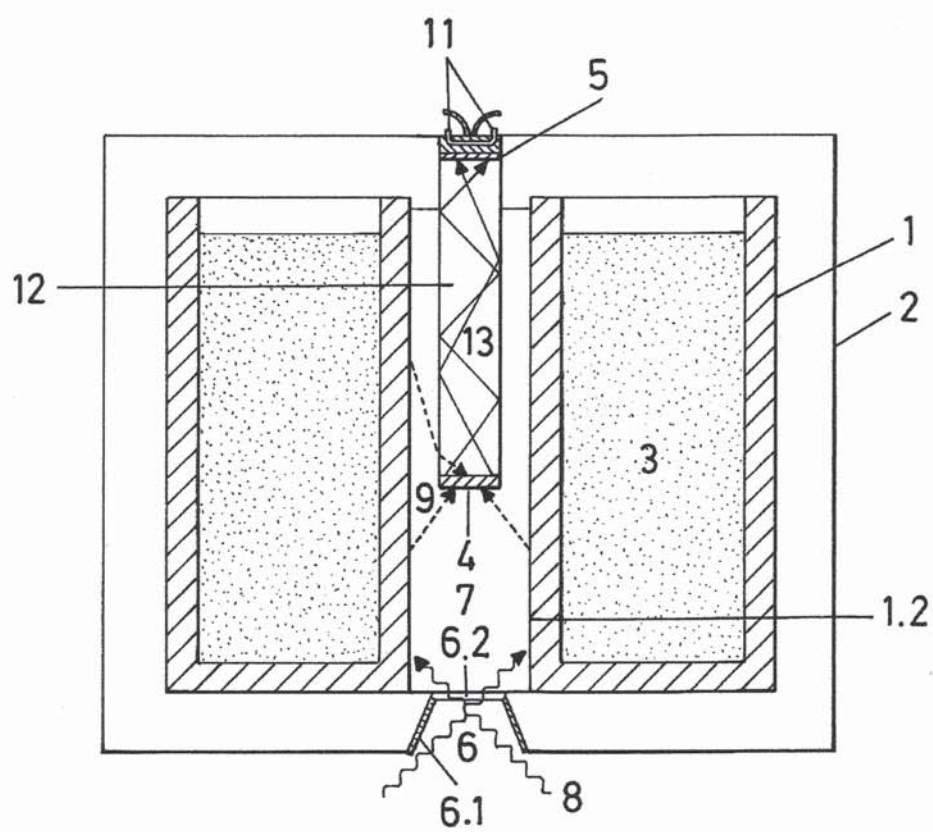


FIG.4

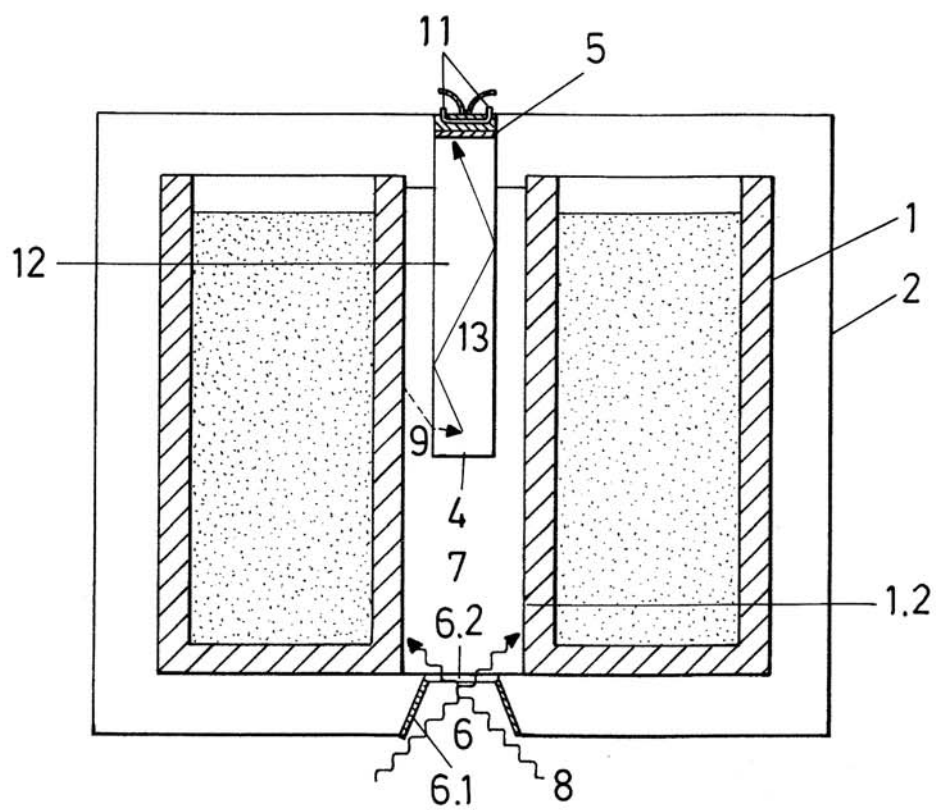


FIG.5

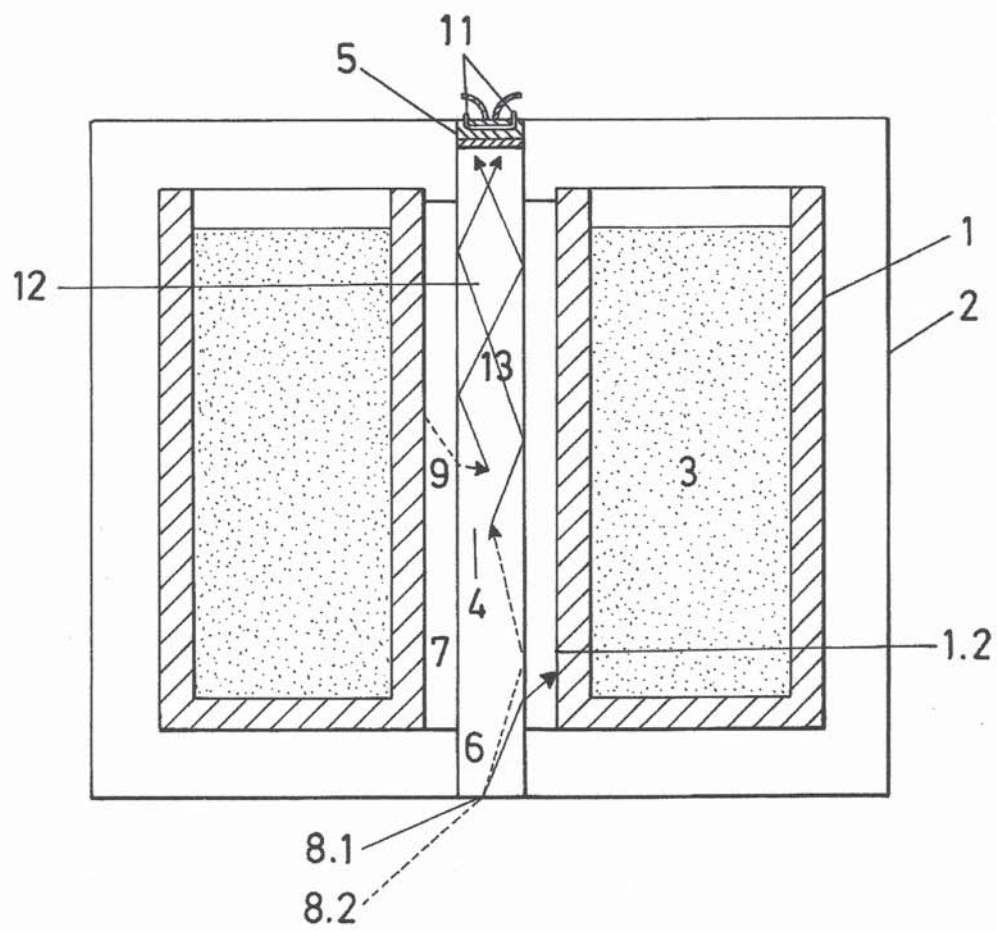


FIG.6



- (21) N.º solicitud: 201631596
(22) Fecha de presentación de la solicitud: 15.12.2016
(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

(51) Int. Cl.: **H02S10/30** (2014.01)
F28D20/02 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	(56) Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	CN 104993776 A (UNIV CHINA GEOSCIENCES WUHAN) 21/10/2015, Resumen, descripción y figuras de la base de datos EPODOC. Recuperado de EPOQUE [recuperado el 20-04-2017].	1,8,10
Y	US 2015256119 A1 (DATAS MEDINA ALEJANDRO et al.) 10/09/2015, Todo el documento	1,8,10
A	Datas Alejandro; Ramos Alba; Marti Antonio; del Canizo Carlos; Luque Antonio. ULTRA HIGH TEMPERATURE LATENT HEAT ENERGY STORAGE AND THERMOPHOTOVOLTAIC ENERGY CONVERSION. 06/05/2016, Vol. 107, Páginas 542-549	1-10
A	Datas Alejandro; Marti Antonio; del Canizo Carlos; Luque Antonio. ULTRA-DENSE ENERGY STORAGE UTILIZING HIGH MELTING POINT METALLIC ALLOYS AND PHOTOVOLTAIC CELLS. 14/06/2015, Páginas 1-5	1-10

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
20.04.2017

Examinador
O. G. Rucián Castellanos

Página
1/5

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F24J, H01L, H02S, F28D

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 20.04.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-10	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 2-7,9	SI
	Reivindicaciones 1,8,10	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	CN 104993776 A (UNIV CHINA GEOSCIENCES WUHAN)	21.10.2015
D02	US 2015256119 A1 (DATAS MEDINA ALEJANDRO et al.)	10.09.2015
D03	Datas Alejandro; Ramos Alba; Marti Antonio; del Canizo Carlos; Luque Antonio. ULTRA HIGH TEMPERATURE LATENT HEAT ENERGY STORAGE AND THERMOPHOTOVOLTAIC ENERGY CONVERSION. Energy, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, Vol. 107, Páginas 542-549	06.05.2016

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Se considera D01 el documento del estado de la técnica anterior más próximo al objeto de la invención.

Reivindicación 1

En cuanto al objeto de la reivindicación independiente el documento D01 describe el siguiente dispositivo (se incluyen en paréntesis referencias a D01):

Un sistema de generación de energía termofotovoltaica con almacenamiento de calor y condensación óptica, que dispone de un acumulador de energía solar termofotovoltaico (3) que como se puede ver en las figuras 3, 4 y 5 tiene forma de vasija cilíndrica con una cavidad cilíndrica en el centro y una apertura superior y está compuesto por: un reflector central (13), un emisor de calor (14), un filtro óptico (15), un convertidor termofotovoltaico (16), una caja enrejada de almacenamiento térmico con material de cambio de fase (17), un sensor de temperatura (18), una capa de aislamiento térmico (19), una placa reflectora superior (20), una placa reflectora interior (21), un disipador de calor (22) y un recubrimiento (23). Un reflector central (13) está en el extremo superior del emisor de calor (14).

El emisor de calor (14) está compuesto por Carburo de Silicio (SiC) y se sitúa en la cavidad cilíndrica. El aislamiento térmico (19), como se puede ver en las figuras, rodea la vasija excepto en dos porciones, en la zona superior de la misma y en la situación del convertidor termofotovoltaico (16) y el disipador de calor (22). Por último, el convertidor termofotovoltaico (16) está situado en el eje vertical, al igual que el emisor térmico (14) y el disipador de calor (22) alineado con el aislamiento térmico (19).

La diferencia entre este dispositivo y el reivindicado en la solicitud consiste en el convertidor termofotovoltaico (16) está situado junto con un disipador de calor (22), y por tanto el aislamiento térmico no se encuentra tampoco sobre el disipador (22). En el caso de que el convertidor térmico necesitase el disipador de calor, la instalación del mismo junto con el convertidor termofotovoltaico resulta una ejecución obvia para el experto en la materia. Otra diferencia consiste en que el aislamiento térmico como se puede ver en las figuras, no recubre la parte superior, sin embargo, en el documento D02, se puede observar una vasija con el aislamiento térmico como el reivindicado, por lo que se considera que un experto en la materia podía haber decidido poner aislante en la zona superior, sin mucho esfuerzo inventivo a la luz del documento D02.

Por tanto, la reivindicación 1 no cumple con el requisito de actividad inventiva (Artículo 8.1 de la Ley de Patentes 11/86).

Reivindicación 2

La reivindicación 2 hace referencia a la incorporación de un tubo de luz en el eje de la cavidad.

El documento D03, incorpora un tubo con células termofotovoltaicas, pero no es equivalente a un tubo de luz.

Por tanto, ninguno de los documentos citados muestra un tubo de luz como el reivindicado.

Así, la invención de la reivindicación 2 implica un efecto mejorado comparado con el estado de la técnica. Además, no se considera obvio que un experto en la materia obtenga la invención a partir de los documentos encontrados. Por lo tanto la invención de la reivindicación 2 cumple con los requisitos de novedad y actividad inventiva (Artículos 6.1 y 8.1 de la Ley de Patentes).

Reivindicaciones 3-6

Las reivindicaciones 3 a 6 son dependientes de la reivindicación 2 y por tanto, también cumplen con los requisitos de novedad y actividad inventiva (Artículos 6.1 y 8.1 de la Ley de Patentes).

Reivindicación 7

En el documento D01 se describe la existencia de un reflector (13), pero no la existencia de una ventana óptica. A la vista de lo anterior, la reivindicación 7 también cumple con los requisitos de novedad y actividad inventiva (Artículos 6.1 y 8.1 de la Ley de Patentes).

Reivindicación 8

Como se mencionó anteriormente, el emisor térmico (14) correspondiente al documento D01, estaba compuesto de Carburo de Silicio. Al ser la reivindicación 8 dependiente de la reivindicación 1. La reivindicación 8 no cumple con el requisito de actividad inventiva (Artículo 8.1 de la Ley de Patentes 11/86).

Reivindicación 9

Con respecto a la reivindicación 9, no sería obvio para un experto en la materia a raíz del estado de la técnica sellar la cavidad y aislarla del exterior con un gas inerte. Por tanto, la reivindicación 9 cumple con los requisitos de novedad y actividad inventiva (Artículos 6.1 y 8.1 de la Ley de Patentes).

Reivindicación 10

En la reivindicación 10, se hace referencia a varios materiales de fabricación de la vasija.

El documento D02, describe una vasija que puede ser fabricada con los mismos materiales. Por lo que un experto en la materia, a la luz del estado de la técnica, podría seleccionar uno de ellos para la fabricación de la vasija.

Por tanto, la reivindicación 10 no cumple con el requisito de actividad inventiva (Artículo 8.1 de la Ley de Patentes 11/86).