

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 575 705**

51 Int. Cl.:

F24J 2/07 (2006.01)

F24J 2/05 (2006.01)

B82B 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.07.2012 E 12755903 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.03.2016 EP 2732218**

54 Título: **Sistema de concentración solar**

30 Prioridad:

11.07.2011 EP 11425185

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

30.06.2016

73 Titular/es:

**UNIVERSITÀ DEL SALENTO - DIPARTIMENTO DI
INGEGNERIA DELL'INNOVAZIONE (100.0%)
Via per Monteroni Complesso Ecotekne - Edificio
"corpo O"
73100 Lecce, IT**

72 Inventor/es:

**DE RISI, ARTURO;
MILANESE, MARCO;
COLANGELO, GIANPIERO y
LAFORGIA, DOMENICO**

74 Agente/Representante:

RUO , Alessandro

ES 2 575 705 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

Sistema de concentración solar

5 **[0001]** El objeto de la presente invención es un tipo particular de concentrador solar termodinámico basado en el uso de nanofluidos a base de gas y, particularmente, desarrollado para aplicaciones de alta temperatura.

10 **[0002]** Uno de los principales problemas en el uso de sistemas solares de alta temperatura es individualizar los fluidos termo-vectoriales fácilmente manipulables que garantizan la posibilidad de transportar grandes flujos térmicos. En el estado actual de la técnica, se utilizan al menos dos tipos diferentes de fluidos termo-vectoriales; los aceites de transmisión de calor y las mezclas de sales fundidas. El aceite de transmisión de calor es uno de los primeros fluidos utilizados en este campo y es principalmente desventajoso debido a su naturaleza física-química; que no puede exceder temperaturas de 390°, por encima de las que comienza a perder sus características peculiares. Un aspecto de este tipo influye negativamente sus actuaciones en la planta solar termodinámica. Por otra parte, los aceites de transmisión de calor son altamente tóxicos y contaminantes si se dispersan en el medio ambiente.

20 **[0003]** A continuación, se han utilizado otros tipos de fluidos, como por ejemplo mezclas de sales fundidas, con las que es posible alcanzar temperaturas de fluido termo-vectorial de aproximadamente 550 °C, pero que resultan en complicaciones desventajosas de la planta. Los principales problemas relacionados con el uso de sales fundidas en las plantas solares termodinámicas están ligados a la necesidad de mantener las mismas constantemente a una temperatura superior a 250 °C con el fin de no generar problemas de solidificación de las mismas dentro de la planta resultando de este modo en bloques inevitables de funcionamiento y altos costes de mantenimiento para restablecer las condiciones operativas. A fin de mantener el nivel mínimo de temperatura anteriormente descrito, y para permitir que los transitorios térmicos sean sobrepasados, aguas abajo de los concentradores solares, la planta consiste normalmente en dos sistemas de acumulación térmica, un denominado pozo caliente y frío, generalmente conformados de grandes reservorios térmicos dimensionados. Dichos sistemas de acumulación de calor implican altos costes de realización y de mantenimiento, garantizando incluso una producción de energía eléctrica aproximadamente constante en 24 horas.

30 **[0004]** Por lo tanto, en el estado actual de la técnica resulta bastante claro tanto la necesidad de individualizar un fluido termo-vectorial que resuelve los inconvenientes descritos anteriormente, como el estudio simultáneo de un concentrador provisto de un "elemento receptor" que permite utilizar el nuevo fluido termo-vectorial individualizado.

35 **[0005]** En esta perspectiva, una categoría de fluidos muy convenientes tanto para las características térmicas como para la simplicidad en la manipulación de las plantas solares termodinámicas se representa por los nanofluidos. La idea de aumentar el intercambio térmico en los fluidos mediante la suspensión de partículas de material conductor térmico elevado fue propuesta por Maxwell en "A Treatise on Electricity and Magnetism" en 1881. El uso de nanopelotas se divulga en el documento US 2007 084460.

40 **[0006]** De todos modos, los nanofluidos son relativamente nuevos. Los mismos representan una categoría de nuevos fluidos de intercambio térmico, obtenidos por dispersión dentro de partículas sólidas de fluido de base con conductividad térmica más alta que el fluido de base y con dimensiones inferiores a 50 nm. Experimentalmente, se observa que el aumento de la conductividad térmica del nanofluido es más alta que la que se obtendría por mediante la simple ponderación media de las conductividades individuales; por otra parte las nanopartículas determinan un aumento en el coeficiente de intercambio térmico por convección de superficie-nanofluido con respecto al caso de fluido de superficie-base. Con el fin de superar las limitaciones tecnológicas mencionadas anteriormente acerca de los fluidos de transferencia de calor tradicionales (aceite sintético o sal fundida), se han realizado algunos experimentos en todo el mundo utilizando aire como el fluido de trabajo de la planta; sin embargo, estos experimentos han revelado problemas considerables de carácter tecnológico, principalmente ligados a la combinación de altas presiones y temperaturas necesarias para la planta de operación. Con respecto a las primeras experiencias con respecto a colectores solares basados en aire como fluido de transferencia de calor, las nanopartículas permiten aumentar la tasa de capacidad de calor del fluido de transferencia de calor, lo que reduce las presiones de trabajo y resuelve diversos problemas técnicos.

55 **[0007]** Gracias a las dimensiones reducidas, las nanopartículas permanecen en suspensión, incluso a velocidades de flujo muy bajas evitando de este modo los depósitos, a diferencia de lo que sucedería con partículas de mayor diámetro. Además, gracias al diámetro muy bajo, la superficie de intercambio de las nanopartículas es aproximadamente 1000 veces más grande que la que se obtendría con partículas micrométricas. La gran superficie de intercambio y la baja masa son dos características fundamentales que hacen que el uso de nanopartículas sea particularmente indicado para proporcionar suspensiones aptas para la transferencia de calor.

60 **[0008]** Con el fin de obtener una mejora de las propiedades térmicas del fluido, las partículas tanto de naturaleza metálica como no metálica se pueden utilizar en concentraciones variables. Los estudios acerca de los nanofluidos demuestran que es posible utilizar bajas concentraciones de nanopartículas para mejorar significativamente las propiedades térmicas del fluido de base.

[0009] Otra ventaja de los nanofluidos en general tiene que ver con aumento del coeficiente de absorción óptica con respecto al fluido de base. La absorción es una propiedad óptica que se realiza cuando, tras poner una porción de la sustancia en contacto con radiación electromagnética, es capaz de absorber la energía de la radiación de la misma. Una absorción de este tipo es una función no solo de la naturaleza de la sustancia, sino también de la radiación y, en particular, de su longitud de onda. Los coeficientes de absorción de los nanofluidos resultan elevados, sobre todo en la región visible.

[0010] El uso de nanofluidos a base de gas puede producir un aumento significativo en el rendimiento de los sistemas solares termodinámicos bajo el efecto de la absorción directa de la radiación solar en el interior del receptor. Por otra parte, el uso de nanofluidos a base de gas puede facilitar más el control de las plantas solares termodinámicas, ya que no hay necesidad de grandes sistemas de acumulación térmica, que hoy son indispensables en las plantas que utilizan sales fundidas como fluido termo-vectorial.

[0011] En la presente invención se propone una solución alternativa al uso de fluidos de transferencia de calor tradicionales (sales fundidas, aceites sintéticos y similares) o nanofluidos a base de líquido, mediante el uso de un receptor solar transparente en el que una nanofluido a base de gas puede absorber directamente la radiación solar, mejorando el rendimiento termodinámico del sistema solar.

[0012] Los problemas anteriores se resuelven mediante el sistema de concentración solar de la reivindicación 1.

[0013] La presente descripción se refiere a las siguientes tablas de 1/3 a 3/3, que muestran una realización preferida y absolutamente no limitativa de la presente invención. En particular:

- la Figura 1 muestra un esquema del mecanismo del sistema para la recepción de la radiación solar, que representa los elementos fundamentales del sistema de la concentración;
- la Figura 2 muestra una vista panorámica axonométrica del concentrador solar y del tubo receptor;
- la Figura 3 muestra una vista detallada de una realización preferida del tubo receptor, con la que se proporciona el concentrador solar;
- la Figura 4 muestra una vista detallada de una segunda realización preferida del tubo receptor con el que se proporciona el concentrador solar;
- la Figura 5 muestra una vista detallada de una tercera realización del tubo receptor con el que se proporciona el concentrador solar;
- la Figura 6 muestra un plano en planta de la planta termodinámica asociada al sistema de receptores solares;
- la Figura 7 muestra una esquematización de una planta solar termodinámica de altas temperaturas de tipo torre solar.

[0014] Como se muestra en los dibujos adjuntos 1 y 2, la presente invención proporciona disponer en la posición focal del espejo concentrador solar 1 un nuevo diseño de receptor 2, dentro del que el nanofluido a base de gas 3 fluye, que se calienta en sí tras la absorción directa de la radiación solar concentrada 4 procedente del sol 17.

[0015] Nanofluido indica cualquier fluido, dentro del que se dispersan partículas nanométricas, que son capaces de mejorar la convección conductora, y la capacidad de intercambio térmico radiativa del fluido de base. En particular, los nanofluidos se componen de un fluido de base al que se añaden polvos nanométricos de óxidos metálicos (CuO, Fe₂O₃, TiO₂, ZnO, moO₃, etc...) u otros materiales con el fin de optimizar la propiedades térmicas del fluido de transferencia de calor. Como se ha mencionado anteriormente, en la invención propuesta el fluido de transferencia de calor puede ser una mezcla de un gas con partículas sub-micrométricas absorbentes (CuO, Fe₂O₃, TiO₂, ZnO, moO₃ u otros materiales como, por ejemplo, metales). El nanofluido a base de gas podría, de hecho, ser una mezcla que consiste en un fluido de base (aire, nitrógeno u otro gas) y nanopartículas dispersas en el mismo.

[0016] En la Figura 3, se muestra una primera realización preferida absolutamente no limitativa del cuerpo receptor 2, que se compone de una pluralidad de conductos cilíndricos acristalados, concéntricos entre sí. En un ejemplo, la configuración con dos conductos, comenzando desde el conducto más interior, 5 indica el atravesado por el nanofluido a base de gas 3 como fluido termo-vectorial, 6 indica el conducto exterior y entre el conducto 5 y el conducto 6 se interpone un material transparente, que aísla la luz solar (por ejemplo, aire, argón, aerogel etc...) o se realiza el vacío. Esto tiene por objeto aislar térmicamente el receptor 2, debido a las altas temperaturas a las que se ve sometido el fluido en su interior. El mismo resultado se puede obtener alternativamente utilizando tres o más conductos concéntricos como se muestra en la Figura 4.

[0017] La Figura 5 muestra, en cambio, una realización alternativa del receptor 2, que proporciona el uso de un conducto 3 (dentro del que fluye el nanofluido) aislado térmicamente por medio de un revestimiento aislante 8 y provisto de una ventana óptica transparente 9.

[0018] La forma y el material para realizar el receptor con tubos concéntricos 5, 6 y 7 o con la ventana óptica 9 pueden ser diferentes siempre que el principio de absorción óptica de la radiación solar por el nanofluido a base de gas se mantenga. Por lo tanto, el receptor solar 2 puede tener diferentes configuraciones geométricas (cilíndrica,

elipsoidal, rectangular, poligonal, etc...) y diferentes geometrías de acceso óptico, que están estrictamente vinculadas al tipo de concentrador solar.

5 **[0019]** Como se ha indicado anteriormente, el uso de nanofluidos a base de gas como fluido termo-vectorial en el campo de plantas solares termodinámica de altas temperaturas permite eliminar todas las complejidades de plantas que se generan aguas abajo de los sistemas de concentración de energía solar actuales que utilizan sales en vez de fundidos como el fluido termo-vectorial. En los sistemas conocidos en el estado de la técnica el sistema tiene, de hecho, que estar provisto de grandes reservorios de acumulación térmica para garantizar que la mezcla de sales fundidas no pase por debajo de los umbrales de temperatura preestablecidos. Por otra parte, en el caso del
10 nanofluido a base de gas, las simulaciones han demostrado que la radiación estimada con respecto a las eficiencias de conversión de energía térmica podría ser superior al 80 % a temperaturas superiores a 700 K.

[0020] Como se muestra en la Figura 6, la disposición de funcionamiento de un sistema solar termodinámico que utiliza nanofluidos como fluido termo-vectorial es similar a la de un sistema tradicional que se basa en el uso de sales fundidas, con la única diferencia de que las acumulaciones térmicas en su interior pueden tener dimensiones muy contenidas, ya que no tienen que garantizar una temperatura de funcionamiento mínima en el sistema igual a 250 °C. En esta perspectiva, la acumulación de calor solo sirve para superar los transitorios térmicos vinculados a repentinos aumentos o reducciones de la radiación solar incidente en el sistema. De acuerdo con el esquema simplificado que se muestra en la Figura 5, el campo de los receptores solares 10 recoge la radiación solar y la concentra en el sistema con tubos de recepción 11 dentro de los que se hace fluir el nanofluido 3 como el fluido termo-vectorial. En el interior del intercambiador de calor 12 (que sustituye las acumulaciones térmicas proporcionadas en los sistemas antiguos conocidos) el fluido termo-vectorial proporciona calor a un segundo fluido, que se puede utilizar en un ciclo termodinámico sin esquematizar 13 (por ejemplo un ciclo de Rankine) seleccionado con la finalidad de la producción final de energía eléctrica.

25 **[0021]** El mismo tipo de planta se puede garantizar en caso de que el sistema de recepción de la radiación solar sea de tipo torre solar, como se muestra esquemáticamente en la Figura 7. Las ventajas de la utilización de nanofluidos a base de gas como fluido termo-vectorial permanecerían sin cambios, incluso si se cambian los elementos que constituyen el sistema de concentración. Las plantas de torre solares proporcionan generalmente el uso de una pluralidad de reflectores ligeramente cóncavos 14 (dichos helióstatos) dispuestos alrededor de una torre
30 15, que se encuentra en el medio de la planta, en cuya parte superior se dispone el elemento receptor 16 de la radiación solar. Por lo general, los helióstatos 14 se mueven en forma coordinada con el fin de reflejar la radiación solar siempre hacia la parte superior de la torre durante el día. Como se muestra en la representación esquemática del funcionamiento de la Figura 7, la radiación solar 4 incide sobre cada uno de los helióstatos 4 dispuestos en el
35 suelo y se refleja posteriormente hacia la parte superior de la torre 15, donde se dispone un dispositivo receptor 16 de radiación solar, en cuyo interior se proporciona un paso del fluido termo-vectorial constituido por el nanofluido a base de gas. La temperatura del nanofluido en este caso puede ser superior a 800 °C. La energía térmica capturada por el nanofluido como termo-vector se transfiere después a un ciclo termodinámico para la producción final de energía eléctrica de manera similar al esquema termodinámico que se muestra en la Figura 6.

40

REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema de concentración solar que comprende un espejo concentrador solar (1) con un elemento receptor (2) en su posición focal, **caracterizado por que** el fluido de transferencia de calor que fluye por el interior de dicho elemento receptor (2) está compuesto por nanofluido a base de gas (3).
- 10 2. Sistema de concentración solar de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** dicho fluido de transferencia de calor (3) puede ser una mezcla de gas que consiste en un fluido de base, en particular, aire o nitrógeno y nanopartículas dispersas en su interior.
- 15 3. Sistema de concentración solar de acuerdo con la reivindicación 1 y 2, **caracterizado por que** dicho elemento receptor (2) está compuesto por una pluralidad de conductos cilíndricos acristalados, concéntricos entre sí (5, 6, 7), entre los que se interpone un material aislante transparente o se realiza el vacío.
- 20 4. Sistema de concentración solar de acuerdo con la reivindicación 1 a 3, **caracterizado por que** dicho elemento receptor (2) está provisto de una ventana óptica transparente (9) para la absorción de la radiación solar directa (4) por parte del nanofluido (3).
5. Sistema de concentración solar de acuerdo con la reivindicación 1 y 4, **caracterizado por que** el elemento receptor (2) está térmicamente aislado por medio de una capa de material aislante (8).
- 25 6. Planta solar termodinámica que utiliza el sistema de concentración solar de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 5.
7. Planta solar termodinámica de tipo torre solar que utiliza el sistema de concentración solar de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 5.

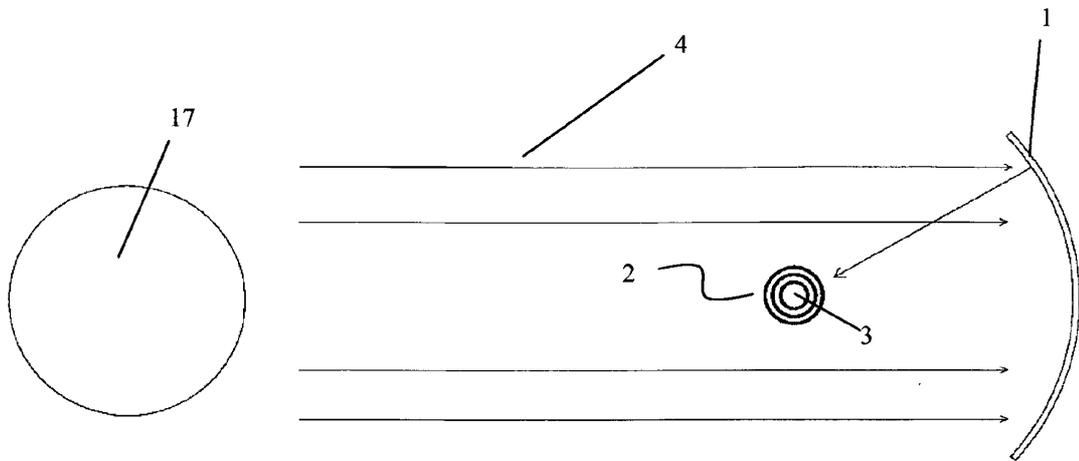


Fig.1

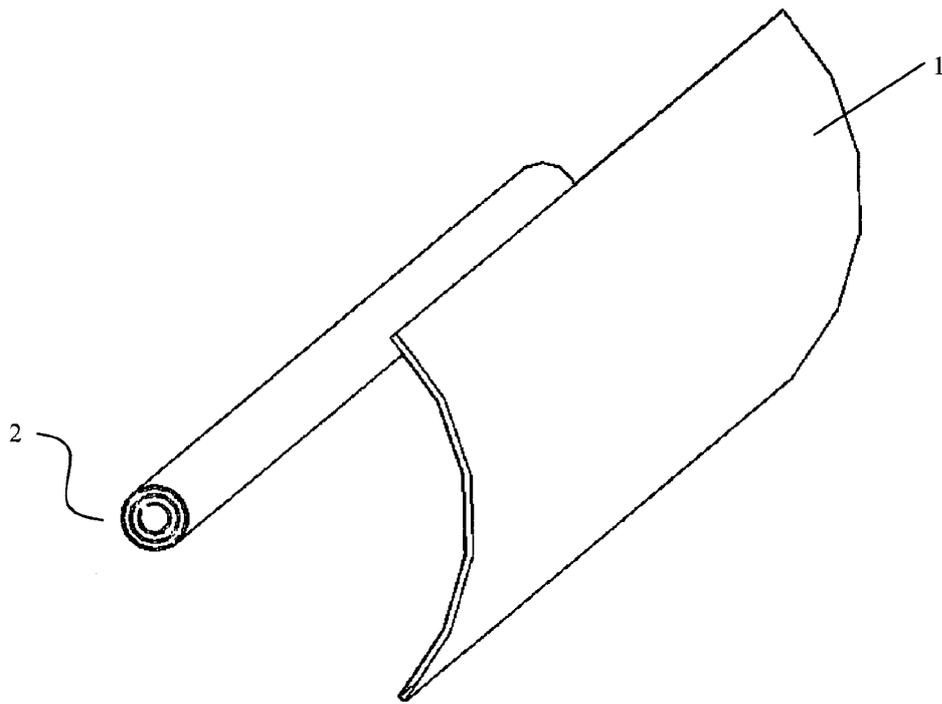


Fig.2

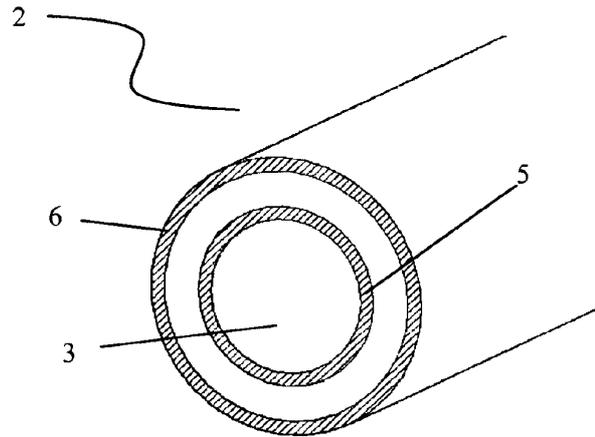


Fig.3

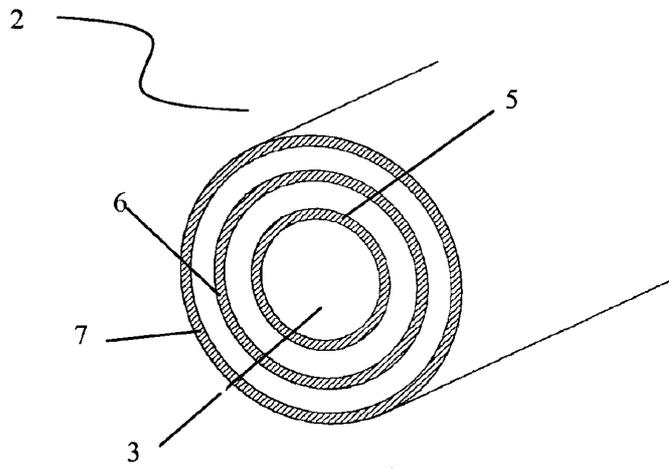


Fig.4

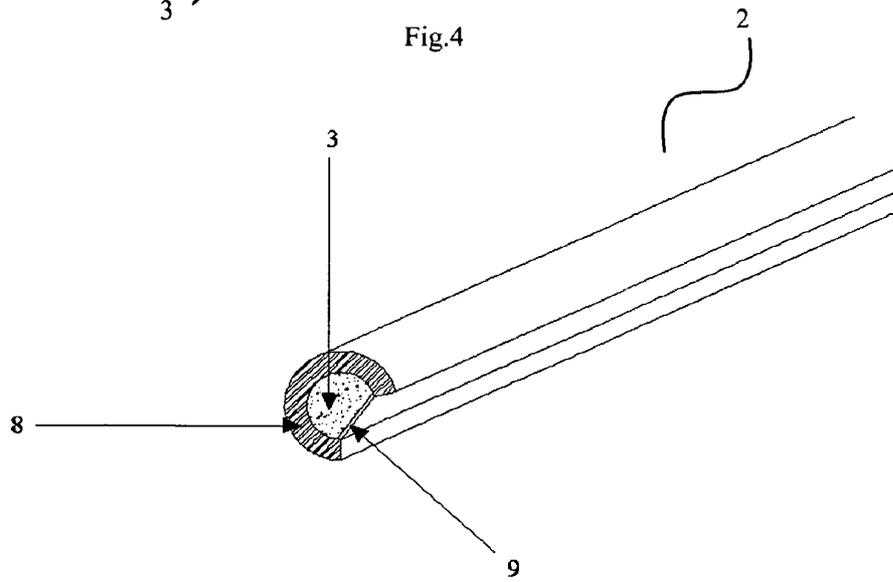


Fig. 5

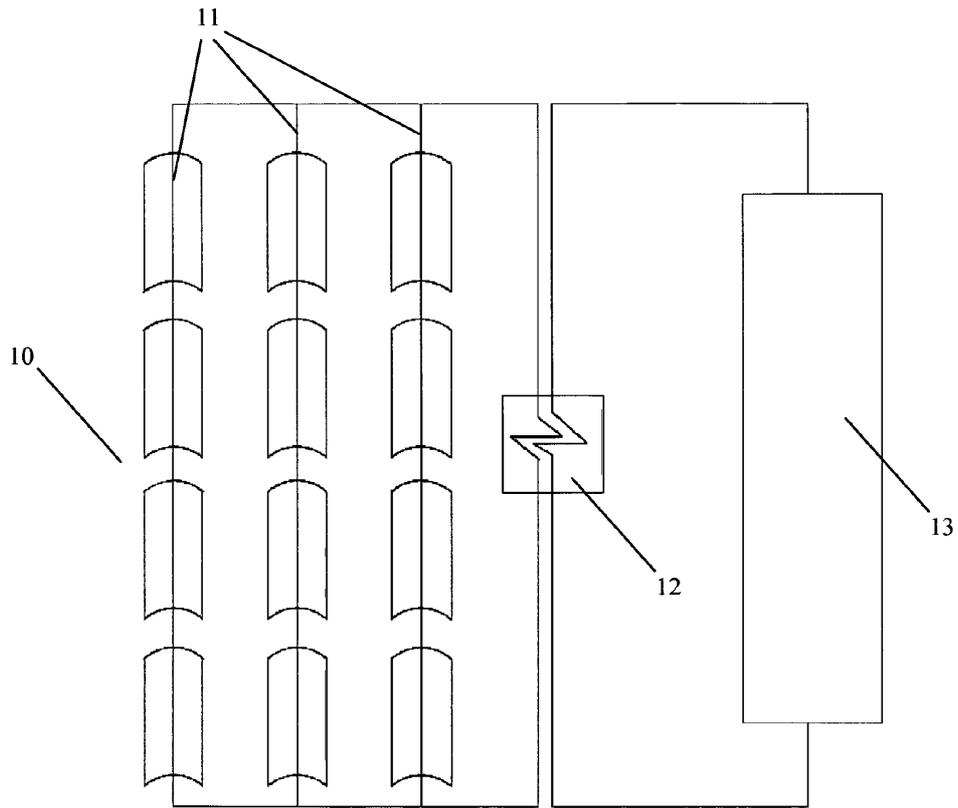


Fig. 6

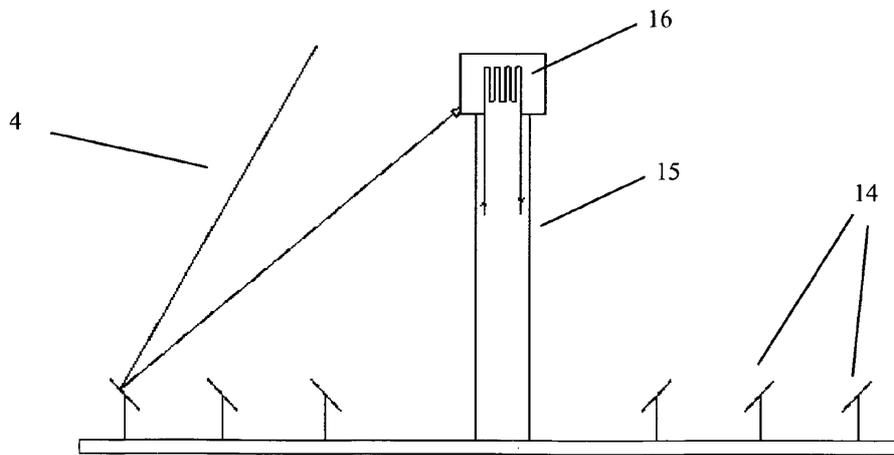


Fig. 7