

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 646 761**

51 Int. Cl.:

F24J 2/42 (2006.01)
F01K 27/02 (2006.01)
F03G 6/00 (2006.01)
F22G 1/16 (2006.01)
F24J 2/14 (2006.01)
F24J 2/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.06.2012 PCT/JP2012/065497**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.01.2013 WO13002054**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2012 E 12804474 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.10.2017 EP 2728276**

54 Título: **Caldera de calor solar y planta de generación de energía eléctrica de calor solar**

30 Prioridad:

30.06.2011 JP 2011146387

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.12.2017

73 Titular/es:

**MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS, LTD.
(100.0%)
3-1, Minatomirai 3-chome, Nishi-ku
Yokohama-shi, Kanagawa 220-8401, JP**

72 Inventor/es:

**MARUMOTO, TAKAHIRO;
SIKATA, TETSUO;
ARITA, KENSO y
KASHIMA, JUN**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 646 761 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

Caldera de calor solar y planta de generación de energía eléctrica de calor solar

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a una caldera de calor solar para recolectar calor del sol y generar vapor utilizando el calor, y una planta de generación de energía eléctrica de calor solar que utiliza la caldera de calor solar. De forma particular, se refiere a una caldera de calor solar que no es cara y es capaz de evitar el daño térmico a un tubo de transferencia, y una planta de generación de energía eléctrica de calor solar que utiliza la caldera de calor solar.

Antecedentes del estado de la técnica

10 En algunos lugares, la cantidad de calor recolectado en una caldera de calor solar de forma inevitable repite un aumento y disminución repentinos de acuerdo con la cantidad de radiación solar que varía de forma imprevisible en un corto periodo de tiempo debido a la luz solar bloqueada por las nubes o similar.

Por otro lado, las calderas de calor solar a menudo están introducidas en una región denominada cinturón solar, es decir, una región en la que la radiación normal directa (DNI) anual está más allá de los 2000 kWh/m², con el fin de tener una cantidad total anual de calor recolectado tan grande como sea posible.

15 Está normalmente soleado en el cinturón de sol a lo largo de todo el año, y la cantidad de radiación solar difícilmente cambia de forma repentina debido al cambio en el tiempo. Por tanto, la cantidad estable de calor recolectado a lo largo del tiempo evita que aflore a la superficie el problema mencionada anteriormente.

20 En regiones distintas del cinturón de sol, por ejemplo, Japón, sin embargo, la cantidad de radiación solar frecuentemente cambia de forma repentina en un día debido al cambio en el tiempo al movimiento de las nubes de manera que puede aparecer de forma repetida un aumento o disminución repentinos en la cantidad de calor recolectado. Es por lo tanto importante tomar medidas contra dicho problema.

25 Las plantas de generación de energía solar de concentración son aproximadamente clasificadas en plantas de generación de energía eléctrica de tipo autónoma y plantas de generación de energía eléctrica de tipo integrada. En las plantas de generación de energía eléctrica de tipo autónoma, el calor puede asegurarse mayoritariamente mediante calor solar y parcialmente respaldado con un combustible fósil, etc. por otro lado, en las plantas de generación de energía eléctrica de tipo integrada, el calor se asegura mayoritariamente mediante un combustible fósil o un combustible nuclear y se respalda parcialmente con el calor solar.

30 En cada tipo de plantas de generación de energía eléctrica de tipo autónoma y plantas de generación de energía eléctrica de tipo integrada, el calor de la luz solar es recolectado y utilizado como fuente de calentamiento, y ambos tipos pueden utilizar sustancialmente colectores solares comunes.

35 Los colectores solares utilizados típicamente incluyen los de tipo pasante, los de tipo de Fresnel, los de tipo de torre, etc. En un colector solar de tipo pasante, un tubo de transferencia de calor está dispuesto por encima de una superficie curvada circunferencial interior de un espejo reflectante que se extiende como un pasaje de manera que la luz solar puede ser recolectada en el tubo de transferencia de calor mediante el espejo. Por tanto, el agua que circula en el tubo de transferencia de calor es calentada para generar vapor. En un colector solar de tipo de Fresnel, varios espejos reflectantes que tienen superficies planas o superficies ligeramente curvadas son dispuestos uno al lado del otro formando ángulos que difieren poco a poco unos de otros, y varios de los tubos de transferencia de calor está dispuesta por encima del grupo de reflectantes de manera que la luz solar sea recolectada para generar vapor. En un colector solar de tipo de torre, un panel de tubo de transferencia de calor está dispuesto en una torre que tiene una altura determinada y un gran número de espejos reflectantes (helióstatos) están dispuestos sobre la superficie del terreno de manera que la luz solar puede ser recolectada en el panel de tubo de transferencia de calor mediante un grupo de espejos reflectantes (helióstatos) para generar vapor.

45 Entre otros, en el tipo pasante y en el tipo de Fresnel, la longitud focal es tan corta que la relación de concentración de la luz solar (la densidad de calor en una porción de recolección de calor) es baja. Por otro lado, el tipo de torre tiene una ventaja de que la longitud focal es tan larga que la relación de concentración de la luz solar (la densidad de calor en una porción de recolección) es alta.

50 La densidad de calor alta en una porción de recolección de calor lleva a un incremento en la cantidad de calor recolectada por unidad de área de transferencia de calor, de manera que se puede obtener un vapor a una temperatura más alta. Sin embargo, cuando la densidad de calor se aumenta simplemente para hacer un cambio de fase de un estado acuoso a vapor sobrecalentado, entonces surge un problema de que se forma localmente un área de alta temperatura para por tanto provocar un daño a los tubos de transferencia o similares.

En la caldera de generación de energía térmica o similar, la cantidad de combustible es gestionada de forma adecuada para evitar dicho daño a cualquier tubo de transferencia de calor. En el caso de calor solar, sin embargo,

la cantidad de entrada de calor fluctúa de forma tan grande que es difícil evitar el daño térmico a los tubos de transferencia de calor.

5 Para resolver dicho problema en el tipo de torre con una densidad de calor alta, se ha propuesto una caldera de calor solar configurada tal y como se muestra en la figura 17 y en la figura 18, por ejemplo, en la literatura de patente 1, la literatura de patente 2, etc.

La figura 17 es un diagrama de configuración esquemático de una caldera de calor solar. La figura 18 es un diagrama de configuración esquemático aumentado de un dispositivo de recolección de calor para el uso en la caldera de calor solar.

10 En las figuras 17 y 18, la referencia numérica 1 representa un dispositivo 2 de recolección de calor; 2, un evaporador; 3, un sobrecalentador; 4, un dispositivo de separación vapor-agua; 5, una torre; 6, un helióstato; 7, el sol; 8, una turbina de vapor; 9, un generador de energía eléctrica; y 11, una bomba de suministro de agua.

15 Tal y como se muestra en la figura 18, el dispositivo 1 de recolección de calor está dividido de forma funcional en el evaporador 2 y el sobrecalentador 3, y el dispositivo 4 de separación vapor-agua está colocado entre el evaporador 2 y el sobrecalentador 3. El dispositivo 1 de recolección de calor está colocado sobre la torre 5 que tiene aproximadamente de 30 a 100 metros de alto. La luz del sol 7 es reflejada por los helióstatos 6 colocados sobre el terreno y condensada en el dispositivo 1 de recolección de calor de manera que calienta al evaporador 2 y al sobrecalentador 3. El vapor sobrecalentado generado en el dispositivo 1 de recolección de calor es enviado a la turbina 8 de vapor de manera que gira el generador 9 de energía eléctrica. Se genera energía eléctrica en dicho mecanismo.

20 Además, la figura 19 es un diagrama de configuración esquemática de un sistema de generación de energía eléctrica de calor solar descrito en la patente US No. 7,296,410 (literatura de patente 3). En la figura 19, la referencia numérica 200 representa un sistema de generación de energía eléctrica de calor solar; 201, un canal de fluido; 202, una válvula; 203, una bomba; 204, un dispositivo pasante; 205, un tubo de recolección de calor; 206, un colector de calor solar; 207, una torre; 208, un tanque de almacenamiento de calor a baja temperatura; 209, un tanque de almacenamiento de calor intermedio; 210, un tanque de almacenamiento de calor a alta temperatura; 211, un dispositivo de generación de salida alta; 212, una turbina; y 213, un generador de energía eléctrica.

25 En el sistema de generación de energía eléctrica de calor solar, un fluido de transferencia de calor almacenado en un tanque 208 de almacenamiento de calor a baja temperatura es suministrado a los dispositivos 204 pasante mediante la bomba 203, y calentado por calor derivado de la luz condensada del sol 106. El fluido de transferencia de calor calentado adicionalmente en la torre 207 es entonces enviado al tanque 210 de almacenamiento de calor a alta temperatura. El fluido de transferencia de calor enviado al tanque 210 de almacenamiento de calor a alta temperatura es enviado al dispositivo 211 de generación de salida alta mediante la bomba 203. El fluido de transferencia de calor cuya temperatura ha disminuido debido al intercambio de calor es retornado al tanque 208 de almacenamiento de calor a baja temperatura.

35 Por otro lado, la configuración se realiza de tal manera que el vapor generado por el dispositivo 211 de generación de salida alta es enviado a la turbina 212 de manera que se genera energía eléctrica mediante el generador 213 de energía eléctrica.

40 Además, la figura 20 es un diagrama de configuración esquemático de una planta de recolección de calor/luz solar descrita en la patente US No. 8,087,245 (literatura de patente 4). En la figura 20, la referencia 301 numérica representa un colector de tipo pasante; 302, una torre con helióstatos; 303, un almacenamiento de calor a baja temperatura; 304, un almacenamiento de calor a alta temperatura; 305, un dispositivo auxiliar que utiliza un combustible fósil; 306, una turbina; 307, un generador de energía eléctrica; 308, un condensador; y 309, una bomba.

45 En la planta de recolección de calor/luz solar, el agua es enviada al colector 301 de tipo pasante por la bomba 309 y calentada por el calor del sol de manera que genera un vapor saturado. El vapor saturado generado es enviado a la torre con helióstatos 302. La turbina 306 es accionada por el vapor sobrecalentado generado por tanto, de manera que genera energía eléctrica en el generador 307 de energía eléctrica.

50 El vapor es convertido en agua en el condensador 308, y el agua es suministrada de nuevo a la bomba 309. Además, la configuración incluye una línea en la cual el vapor saturado del colector 301 de tipo pasante no es circulado en la torre con helióstatos 302 pero se pasa a través del dispositivo 305 auxiliar que utiliza un combustible fósil de manera que genera vapor sobrecalentado.

Lista de citación

Literatura de patente

55 Literatura de patente 1: WO 2009/129166A2. Literatura de patente 2: WO 2010/048578A1. Literatura de patente 3: Patente US No. 7,296,410. Literatura de patente 4: Patente US No. 8,087,245. El documento WO 2009/129166A2 divulga las características de la porción precaracterizante de la reivindicación 1.

Resumen de la invención

Problema técnico

5 En la técnica de los antecedentes del estado de la técnica mencionados anteriormente mostrados en las figuras 17 y 18, es, sin embargo necesario, colocar no sólo el evaporador 2 y el sobrecalentador 3 sino también un dispositivo 4 de separación vapor-agua en una porción superior de la torre 5 que tiene de 30 a 100 metros de alto. Es por lo tanto necesario construir la torre 5 lo suficientemente fuerte para soportar terremotos, etc. y para soportar no sólo las cargas del evaporador 2 y el sobrecalentador 3 que son conjuntos de un gran número de tubos de transferencia de calor sino también las cargas del dispositivo 4 de separación vapor-agua que contienen internamente el agua saturada. Por lo tanto, hay un problema de que aumentan el coste de instalación y el coste de construcción.

10 Adicionalmente, el agua debe ser bombeada al dispositivo 4 de separación vapor-agua en un sitio elevado por la bomba 11 de suministro de agua. Por lo tanto, la bomba 11 de suministro de agua puede tener una alta capacidad de bombeado y ser cara. Por tanto, aumenta el coste de instalación y el coste de funcionamiento.

15 Además, la cantidad de calor recolectado en el dispositivo uno de recolección de calor debe suprimirse con el fin de evitar un daño térmico a los tubos de transferencia de calor que constituyen el evaporador 2 y el sobrecalentador 3. Por tanto, hay otro problema de que fluctúa el volumen y la temperatura del vapor suministrado a la turbina 8 de vapor, con el resultado de que la cantidad de generación de energía no es constante.

20 En la técnica de los antecedentes del estado de la técnica mostrada en la figura 19, el dispositivo 211 de generación de salida alta se requiere para un intercambio de calor entre el fluido de transferencia de calor y el agua-vapor. Además, el tanque 208 de almacenamiento de calor a baja temperatura, el tanque 209 de calor intermedio y el tanque 210 de calor a alta temperatura, etc., se requieren para suprimir el cambio de temperatura provocado por la fluctuación de la radiación solar para por tanto estabilizar la salida del generador 307 de energía eléctrica. Por tanto, hay un problema de que aumenta el coste de instalación y de qué aumenta el espacio de instalación.

25 Por otro lado, en la técnica de los antecedentes del estado de la técnica mostrada en la figura 20, los tubos de recolección de calor horizontales están colocados en el colector 301 de tipo pasante. Por lo tanto, la fluctuación de la radiación solar conduce a un cambio en el estado fluido de un flujo de dos fases de vapor y agua en los tubos de recolección de calor horizontales. Por tanto, la porción inferior de cada tubo es llenada con agua y la porción superior del tubo es llenada con vapor. En el colector 301 de tipo pasante es calentado en un lado, la temperatura en el lado (porción superior) donde existe el vapor aumenta de forma extraordinaria. Es por lo tanto posible que los tubos de recolección de calor puedan ser dañados.

30 Además, el dispositivo 305 auxiliar que utiliza un combustible fósil debe estar colocado para soportar la fluctuación de la radiación solar. Hay un problema por tanto de que aumenta el coste de instalación y el coste de funcionamiento.

35 Para solucionar dichas desventajas que pertenecen a las técnicas de los antecedentes del estado de la técnica, un objeto de la presente invención es proporcionar una caldera de calor solar capaz de evitar el daño térmico del tubo de transferencia de calor sin aumentar el coste de instalación y el coste de construcción, y capaz de suprimir la fluctuación en la cantidad de generación de energía en una turbina de vapor para por lo tanto suministrar una electricidad de alta calidad, y una planta de generación de energía eléctrica de calor solar de tipo autónoma o de tipo integrada que utilice la caldera de calor solar.

Solución al problema

40 Con el fin de obtener el objeto anterior, de acuerdo con una primera configuración de la presente invención, se proporciona una caldera de calor solar como se define en la reivindicación 1.

45 De acuerdo con una tercera configuración de la invención, se proporciona una caldera de calor solar de acuerdo con la primera o segunda configuración, en donde: el dispositivo de calentamiento a baja temperatura incluye un colector solar de tipo pasante en el cual un tubo de transferencia de calor está dispuesto por encima de una superficie curvada circunferencial interior de un espejo reflectante que se extiende como un pasaje de manera que la luz solar puede ser recolectada en el tubo de transferencia de calor mediante el espejo reflectante para calentar el agua que circula a través del tubo de transferencia de calor y generar vapor, o un colector solar de tipo Fresnel en el cual varios espejo reflectantes que tienen superficie sustancialmente planas están dispuestos uno al lado del otro y un tubo de transferencia de calor está dispuesto por encima del grupo de espejos reflectantes de manera que la luz solar pueda ser recolectada en el tubo de transferencia de calor mediante el grupo de espejo reflectantes para calentar agua que circula a través del tubo de transferencia de calor y generar vapor; y el dispositivo de calentamiento a alta temperatura incluye un colector solar de tipo torre en el cual un panel de tubo de transferencia de calor está colocado en una torre que tiene una altura predeterminada y un gran número de espejos reflectantes están dispuestos sobre una superficie del terreno de manera que la luz solar pueda ser recolectada en el panel de tubo de transferencia de calor por el grupo de espejos reflectantes para calentar agua que circula a través del panel de tubo de transferencia de calor y generar vapor.

De acuerdo con una cuarta configuración de la invención, se proporciona una caldera de calor solar de acuerdo con cualquiera de la primera a tercera configuraciones, en donde:

la temperatura del fluido de salida en el dispositivo de calentamiento a baja temperatura es regulada a 300°C o menos.

5 De acuerdo con una quinta configuración de la invención, se proporciona una caldera de calor solar de acuerdo con la cuarta configuración, en donde:

10 un termómetro y un caudalímetro son colocados en una salida del dispositivo de calentamiento a baja temperatura y se ajusta un caudal de agua suministrada al dispositivo de calentamiento a baja temperatura de manera que una temperatura medida por el termómetro y un caudal medido por el caudalímetro se pueden establecer a valores predeterminados.

De acuerdo con una sexta configuración de la invención, se proporciona una caldera de calor de acuerdo con la cuarta configuración, en donde:

15 un termómetro y un caudalímetro son colocados en una salida de un dispositivo de calentamiento a baja temperatura y se ajusta la cantidad de calor recolectado en el dispositivo de calentamiento a baja temperatura, de manera que la temperatura medida por el termómetro y el flujo medido por el caudalímetro se puede establecer a valores predeterminados.

De acuerdo con una séptima configuración de la invención, se proporciona una caldera de calor solar de acuerdo con cualquiera de la primera a quinta configuraciones, en donde:

20 un termómetro y un caudalímetro son colocados en una salida de un dispositivo de calentamiento a baja temperatura y se ajusta la cantidad de calor recolectado en el dispositivo de calentamiento a baja temperatura de acuerdo con un valor de una temperatura medida por el termómetro y de un valor de caudal medido por el caudalímetro.

Efectos ventajosos de la invención

25 De acuerdo con la invención configurada tal y como se describió anteriormente, es posible proporcionar una caldera de calor solar capaz de evitar el daño térmico a un tubo de transferencia de calor sin aumentar el coste de instalación y el coste de construcción, y capaz de suprimir la fluctuación en la cantidad de generación de energía en una turbina de vapor para por lo tanto suministrar una electricidad de alta calidad, y una planta de generación de energía eléctrica de calor solar de tipo autónoma o de tipo integrada que utiliza la caldera de calor solar.

Breve descripción de los dibujos

30 La figura 1: un diagrama de configuración esquemático de una planta de generación de energía eléctrica solar de tipo autónoma de acuerdo con un primer ejemplo útil para comprender la invención.

La figura 2: una vista que muestra los principios para explicar la configuración y demás de un colector solar de tipo torre, donde se coloca un dispositivo de calentamiento de alta temperatura.

La figura 3: un diagrama de configuración esquemático aumentado de un panel de tubo de transferencia de calor para el uso en el dispositivo de calentamiento de alta temperatura.

35 La figura 4: un diagrama de configuración esquemático de una planta de generación de energía eléctrica solar de tipo autónoma de acuerdo con un segundo ejemplo útil para comprender la invención.

La figura 5: una vista que muestra principios para explicar la configuración y demás de un colector solar de tipo pasante.

40 La figura 6: una vista que muestra los principios para explicar la configuración y demás de un colector solar de tipo Fresnel.

La figura 7: un diagrama de configuración esquemático de una planta de generación de energía eléctrica solar de tipo autónoma de acuerdo con un tercer ejemplo útil para comprender la invención.

La figura 8: una vista en sección aumentada parcialmente que muestra las inmediaciones del tubo de transferencia de calor para el uso en un colector solar de tipo pasante (o tipo Fresnel).

45 La figura 9: un diagrama de configuración esquemático de una planta de generación de energía eléctrica de calor solar de tipo integrada de acuerdo con un cuarto ejemplo útil para comprender la invención.

50 La figura 10: un diagrama que muestra un ejemplo en el cual es ajustado el grado de apertura de una válvula de extracción de vapor prevista en el lado de salida de una turbina de vapor, de acuerdo con un cambio en la cantidad de vapor que pasa a través de la válvula de vapor prevista en el lado de salida de un dispositivo de calentamiento a alta temperatura de acuerdo con el cuarto ejemplo.

La figura 11: un diagrama de configuración esquemático de una planta de generación de energía eléctrica de calor solar de tipo integrada de acuerdo con un quinto ejemplo útil para comprender la invención.

La figura 12: un diagrama de configuración esquemático de una planta de generación de energía eléctrica de calor solar de tipo integrada de acuerdo con un sexto ejemplo útil para comprender la invención.

5 La figura 13: un diagrama de configuración esquemático de una planta de generación de energía eléctrica de calor solar de tipo autónoma de acuerdo con un séptimo ejemplo útil para comprender la invención.

La figura 14: un gráfico característico que muestra la relación entre el nivel L de agua en un dispositivo de separación vapor-agua y una calidad X de vapor de salida en un dispositivo de calentamiento a baja temperatura.

10 La figura 15: (a) es una vista que muestra la clasificación de estados de fluido en un flujo de dos fases de agua y de vapor en un tubo de transferencia de calor horizontal de un dispositivo de calentamiento a baja temperatura y (b) una vista esquemática que muestra cada estado de fluido del flujo de dos fases de agua y de vapor en un tubo de transferencia de calor horizontal.

La figura 16: un diagrama de configuración esquemático de una planta de generación de energía eléctrica de calor solar de tipo integrada de acuerdo con un octavo ejemplo útil para comprender la invención.

15 La figura 17: un diagrama de configuración esquemático de una caldera de calor solar de acuerdo con los antecedentes del estado de la técnica.

La figura 18: un diagrama de configuración esquemático aumentado de un dispositivo de recolección de calor para el uso en la caldera de calor solar.

20 La figura 19: un diagrama de configuración esquemático de un sistema de generación de energía eléctrica de calor solar propuesto en la literatura de patente 3.

La figura 20: un diagrama de configuración esquemático de una planta de recolección de calor/luz solar propuesta en la literatura de patente 4.

Descripción

(Primer ejemplo útil para comprender la invención)

25 La figura 1 es un diagrama de configuración esquemático de una planta de generación de energía eléctrica solar de tipo autónoma de acuerdo con un primer ejemplo útil para comprender la invención.

30 En esta planta de generación de energía eléctrica de calor solar, tal como la mostrada en la figura 1, el agua suministrada desde una bomba 11 de suministro de agua es enviada a un calentador 12 de suministro de agua a través de una válvula 19 de suministro de agua. El agua calentada por tanto por el calentador 12 de suministro de agua es introducida en un dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura a través de un dispositivo 4 de separación vapor-agua. En el dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura, el agua suministrada es calentada por la luz 32 del sol 7. El agua es circulada entre el dispositivo 4 de separación vapor-agua y el dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura mediante una bomba 15 de circulación.

35 El fluido de dos fases de agua y de vapor generado en el dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura es separado en agua saturada y vapor saturado por el dispositivo 4 de separación vapor-agua. El vapor separado es enviado a un dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura colocado en una torre 16. El vapor introducido en el dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura es además sobrecalentado mediante el calor solar reflejado por los helióstatos 6 e introducido en el dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura.

40 El vapor sobrecalentado generado en el dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura está diseñado para girar una turbina 8 de vapor de manera que se pueda generar energía eléctrica mediante un generador 9 de energía eléctrica, debido al giro de la turbina 8 de vapor. Con el fin de ajustar la cantidad de vapor suministrada a la turbina 8 de vapor, la válvula 19 de suministro de agua está colocada entre la bomba 11 de suministro de agua y el calentador 12 de suministro de agua, y una válvula 18 de vapor está colocada entre el dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura y la turbina 8 de vapor.

45 La figura 2 es una vista que muestra los principios para explicar la configuración y demás de un colector solar de tipo torre donde se coloca el dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura.

50 En el colector solar de tipo torre, como el mostrado en la figura 2, el dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura (panel 27 de tubo de transferencia de calor) está colocado sobre la torre 16 que tiene una altura predeterminada (aproximadamente de 30 a 100 metros). Por otro lado, un gran número de helióstatos 6 son dispuestos sobre la superficie del terreno de manera que miran en varias direcciones. Los helióstatos 6 están diseñados para seguir el movimiento del sol 7 de manera que la luz podrá ser recolectada en el dispositivo 14 de

calentamiento a alta temperatura (panel 27 de tubo de transferencia de calor) mediante el grupo de helióstatos 6 de manera que generen un vapor sobrecalentado.

5 El colector solar de tipo torre puede generar vapor a una temperatura más alta que un colector solar de tipo pasante. Por tanto, el colector solar de tipo torre tiene el mérito de que la eficiencia de la turbina se puede aumentar para obtener una energía eléctrica mayor.

10 La figura 3 es un diagrama de configuración esquemático ha aumentado del panel 27 de tubo de transferencia de calor para utilizar en el dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura. El panel 27 de tubo de transferencia de calor está constituido por un cabezal 22 inferior de sobrecalentador, un gran número de tubos 21 de transferencia de calor de sobrecalentador, y un cabezal 23 superior de sobrecalentador. El cabezal 22 inferior de sobrecalentador distribuye vapor desde el dispositivo 4 de separación vapor-agua de forma uniforme. Los tubos 21 de transferencia de calor de sobrecalentador están dispuestos en paralelo de manera que el vapor distribuido por el cabezal 22 inferior de sobrecalentador puede circular se a través de los tubos 21 de transferencia de calor del sobrecalentador. El cabezal 23 superior del sobrecalentador recolecta el vapor sobrecalentado que fluye fuera de los tubos 21 de transferencia de calor del sobrecalentador. El vapor sobrecalentado expulsado del cabezal 23 superior del sobrecalentador es suministrado a la turbina 8 de vapor.

20 El dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura y el dispositivo 4 de separación vapor-agua contienen una gran cantidad de agua internamente por lo tanto cada dispositivo es pesado en su conjunto. Por tanto, el dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura y el dispositivo 4 de separación vapor-agua están colocados en la superficie del terreno o cerca de la superficie del terreno mediante el uso de un cimiento bajo, el cual, por ejemplo, tiene aproximadamente de 1 a 2 metros. Dado que el dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura y el dispositivo 4 de separación vapor-agua son por tanto colocados en o cerca de la superficie del terreno, no es necesario bombear agua a un sitio que tiene, por ejemplo, de 30 a 100 metros de alto como en los antecedentes del estado de la técnica. Por lo tanto, se puede utilizar una bomba 11 de suministro de agua que tiene una capacidad baja de bombeo y es barata.

25 Por otro lado, la luz 32 de los helióstatos 6 es recolectada con una densidad óptica alta en el dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura. Por lo tanto, el dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura es colocado en un sitio que tiene 10 metros o más (por ejemplo, 30 a 100 metros) de altura desde la superficie del terreno. Dado que el fluido que fluye dentro del dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura es sólo vapor, el dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura es mucho más ligero en peso y mucho más pequeño en tamaño que el dispositivo 1 de recolección de calor de los antecedentes del estado de la técnica (ver la figura 18), el cual está constituido por el evaporador 2, el sobrecalentador 3 y el dispositivo 4 de separación vapor-agua. Circunstantialmente, la relación en la cantidad de calor recolectado entre el dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura y el dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura es generalmente de 9:1 a 7:3. La cantidad de calor recolectado en el dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura es mucho menor que la del dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura.

40 En el ejemplo mostrado en la figura 1, la bomba 15 de circulación está colocada en un canal desde el dispositivo 4 de separación vapor-agua hasta el dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura. La temperatura de uso de la bomba 15 de circulación puede disminuirse en comparación con la del caso en el que la bomba 15 de circulación este colocada en un canal desde el dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura hasta el dispositivo 4 de separación vapor-agua. Por tanto, no es necesario utilizar una bomba que tenga una alta resistencia y un alto precio, sino que es posible reducir el coste y mejorar la fiabilidad. Este efecto también se puede obtener en cada ejemplo en y después de un segundo ejemplo de la misma manera.

(Segundo ejemplo útil para comprender la invención)

45 La figura 4 es un diagrama de configuración esquemático de una planta de generación de energía eléctrica solar de tipo autónoma de acuerdo con un segundo ejemplo útil para comprender la invención.

En el ejemplo, se utiliza un dispositivo 24 de calentamiento a baja temperatura que consta de un colector solar de tipo pasante. La otra configuración, el mecanismo de generación de energía eléctrica, etc. son similares a los del primer ejemplo mencionado anteriormente y se omitirá una descripción redundante de los mismos.

50 La figura 5 es una vista que muestra principios para explicar la configuración y demás de un colector solar de tipo pasante.

55 El colector solar de tipo pasante tiene el siguiente mecanismo, tal y como se muestra en la figura 5. Es decir, un tubo 31 de transferencia de calor está dispuesto horizontalmente en una posición focal por encima de una superficie curvada circunferencial interior de cada espejo 30 reflectante que se extiende como un pasaje, de manera que la luz 32 solar puede ser recolectada en el tubo 31 de transferencia de calor por el espejo 30 reflectante. El agua 33 circula a través de cada tubo 31 de transferencia de calor. El agua 33 es calentada por el calor recolectado en el tubo 31 de transferencia de calor de manera que se puede obtener fluido 34 de dos fases de agua y de vapor desde el tubo 31 de transferencia de calor.

El colector solar de tipo pasante tiene el mérito de que no requiere ninguna técnica de condensación de luz avanzada sino que la estructura es comparativamente simple.

5 Aunque se utiliza el dispositivo 24 de calentamiento a baja temperatura que consta de un colector solar de tipo pasante en el ejemplo, se puede utilizar un dispositivo de calentamiento a baja temperatura que consta de un colector solar de tipo Fresnel.

La figura 6 es una vista que muestra principios para explicar la configuración y demás de un colector solar de tipo Fresnel.

10 El colector solar de tipo Fresnel tiene el siguiente mecanismo, tal y como se muestra en la figura 6. Es decir, varios espejos 35 reflectantes que tienen superficies planas o superficies ligeramente curvadas están dispuestos uno al lado de otro formando ángulos que refieren poco a poco unos de otros, y un grupo de tubos 31 de ayuno de transferencia de calor formados como un panel están dispuestos horizontalmente varios metros por debajo del grupo de espejos 35 reflectantes.

15 El mecanismo funciona como sigue. La luz 32 solar es recolectada en el grupo de tubos 31 de transferencia de calor mediante el grupo de espejos 35 reflectantes, de manera que el agua 33 que circula a través de cada tubo 31 de transferencia de calor puede calentarse. Por tanto, se puede obtener un fluido 34 de dos fases de agua y de vapor a partir del tubo 31 de transferencia de calor.

El colector solar de tipo Fresnel puede ser fabricado más fácilmente y de forma más barata que los espejos 30 reflectantes curvados de tipo pasante. El colector solar de tipo Fresnel tiene otro mérito de que los espejos 35 reflectantes son raramente afectados por la presión del viento.

20 (Tercer ejemplo útil para comprender la invención)

La figura 7 es un diagrama de configuración esquemático de una planta de generación de energía eléctrica solar de tipo autónoma de acuerdo con un tercer ejemplo útil para comprender la invención.

25 En el ejemplo, tal y como se muestra en la figura 7, se disponen un termómetro 25 y un caudalímetro 28 para medir la temperatura y el caudal del fluido en el lado exterior de un dispositivo 24 de calentamiento a baja temperatura. Las señales de medida del termómetro 25 y del caudalímetro 28 son suministradas a una unidad 26 aritmética. En la unidad 26 aritmética, una señal de control para controlar el grado de apertura de la válvula 19 de suministro de agua, es decir, el caudal de agua suministrado es expulsado hasta la válvula 19 de suministro de agua de manera que se hace que la temperatura del fluido de salida del dispositivo 24 de calentamiento a baja temperatura nunca sea más alta de 300°C.

30 Cuando la temperatura del fluido de salida del dispositivo 24 de calentamiento a baja temperatura está limitada a 300°C o menos de esta manera, hay un mérito de que la estructura del dispositivo 24 de calentamiento de baja temperatura que consta de un colector solar de tipo pasante (o de tipo Fresnel) se puede simplificar mientras que se suprime la disminución de la incidencia de transferencia de calor. De forma específica, es imposible suprimir la rotura en un tubo de cristal periférico provocada por la diferencia en la expansión térmica entre el tubo de transferencia de calor y el tubo de cristal periférico y el enfriamiento por radiación causado por el aumento en la temperatura superficial del tubo de transferencia de calor, los cuales son problemas que se han de solucionar cuando se utilice un colector solar de tipo pasante (o de tipo Fresnel) bajo una alta temperatura.

40 La figura 8 es una vista en sección aumentada parcialmente que muestra las proximidades del tubo de transferencia de calor para el uso en un colector solar de tipo pasante (o de tipo Fresnel). Tal y como se muestra en la figura 8, un tubo 42 de cristal periférico está dispuesto sobre la periferia de un tubo 38 de transferencia de calor de manera que forma una estructura doble. El tubo 42 de cristal periférico está previsto para conseguir un estado hermético o un estado de vacío entre el tubo 38 de transferencia de calor y el tubo 42 de cristal periférico de manera que se puede suprimir la radiación del tubo 38 de transferencia de calor horizontal hacia el aire exterior.

45 Una pluralidad de tubos 38 de transferencia de calor están unidos juntos como un tubo 38 de transferencia de calor largo. Los tubos 38 de transferencia de calor están hechos de un metal tal como acero inoxidable al carbono. Por lo tanto, los tubos 38 de transferencia de calor pueden estar formados en una longitud predeterminada mediante soldadura 43 entre sí, tal y como se muestra en la figura 8.

50 Por otro lado, los tubos 42 prendidos de cristal periféricos no pueden ser soldados entre sí directamente. Tal y como se muestra en la figura 8, tubos 44 de unión hechos de metal están dispuestos en los lados interior y exterior de una porción de unión entre tubos 42 de cristal periféricos, y los tubos 42 de cristal periféricos son soldados con los tubos 44 de unión de manera que forman una estructura en la cual los tubos 42 de cristal periféricos están unidos entre sí a través de los tubos 44 de unión para tener una longitud predeterminada.

55 El tubo 38 de transferencia de calor unido a una longitud determinada es insertado dentro del tubo 42 de cristal periférico unido a una longitud predeterminada de esta manera, y fijado dentro del colector solar. Por tanto, cuando la diferencia en la expansión térmica entre el tubo 38 de transferencia de calor y el tubo 42 de cristal periférico

aumenta, puede suceder la rotura cercana a la porción de unión entre el tubo 42 de cristal periférico y el tubo 44 de unión.

5 Adicionalmente, hay otro problema de que la radiación de calor hacia el aire exterior se puede incrementar debido a un fenómeno de enfriamiento por radiación (movimiento de calor en un cuarto de la energía de una diferencia de temperatura) cuando la diferencia en la temperatura entre la temperatura superficial del tubo 38 de transferencia de calor y el aire exterior aumenta debido a un aumento de la temperatura superficial del tubo 38 de transferencia de calor.

10 En el ejemplo, por lo tanto, la temperatura de fluido de salida del dispositivo 24 de calentamiento a baja temperatura está limitada a 300°C o menos, de forma específica dentro de un rango desde 250°C a 300°C, de manera que se suprime la rotura en el tubo 42 de cristal periférico provocada por la diferencia en la expansión térmica entre el tubo 38 de transferencia de calor y el tubo 42 de cristal periférico y el enfriamiento por radiación provocado por el aumento en la temperatura superficial del tubo 38 de transferencia de calor.

15 La cantidad de calor recolectado en el dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura se puede ajustar basándose en las señales de medida del termómetro 25 y del caudalímetro 28 de manera que se hace que la temperatura del fluido de salida del dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura no sea inferior a 300°C. El grado de apertura de la válvula 19 de suministro de agua es ajustado para cambiar el caudal de suministro de agua para por lo tanto ajustar la cantidad de calor recolectado.

La otra configuración, el mecanismo de generación de energía eléctrica, etc., son similares a los del segundo ejemplo mencionado anteriormente, y se omitirá una descripción redundante de los mismos.

20 Aunque el termómetro 25 y el caudalímetro 28 son colocados en el lado exterior del dispositivo 24 de calentamiento a baja temperatura y el caudal de agua suministrada al dispositivo 24 de calentamiento a baja temperatura es ajustado para establecer la temperatura medida y el caudal en valores predeterminados en el ejemplo, la cantidad de calor recolectado en el dispositivo 24 de calentamiento a baja temperatura se puede ajustar de manera que la temperatura y el caudal medidos por el termómetro 25 y el caudalímetro 28 colocados en el lado exterior del dispositivo de 24 de calentamiento a baja temperatura se pueden establecer en valores predeterminados.

(Cuarto ejemplo útil para comprender la invención)

30 La figura 9 es un diagrama de configuración esquemático de una planta de generación de energía eléctrica de calor solar de tipo integrada de acuerdo con un cuarto ejemplo útil para comprender la invención, en el cual una planta de caldera y una planta de generación de energía eléctrica de calor solar se combinan de manera que se puede generar el vapor quemando combustible, el calor generado del mismo (por ejemplo, en el caso de un combustible nuclear, o el calor recuperado de un gas de escape.

35 La planta de generación de energía eléctrica de calor solar de tipo integrada incluye una planta 10 de caldera, una bomba 11 de suministro de agua, una turbina 8 de vapor, un calentador 12 de suministro de agua, etc. adicionalmente a la planta de generación de energía eléctrica de calor solar mostrada en la figura 1. En la planta 10 de caldera el vapor es generado quemando combustible, calor generado del mismo, o calor recuperado de un gas de escape. La bomba 11 de suministro de agua suministra agua a la planta 10 de caldera. La turbina 8 de vapor es accionada por el vapor sobrecalentado generado por la planta 10 de caldera. En el calentador 12 de suministro de agua, el agua suministrada desde la bomba 11 de suministro de agua es calentada utilizando el vapor extraído de la turbina 8 de vapor.

40 En la planta de generación de energía eléctrica de calor solar de tipo integrada, una parte mayoritaria del agua suministrada desde la bomba 11 de suministro de agua es suministrada a la planta 10 de caldera, y el agua es finalmente convertida en vapor sobrecalentado quemando combustible no mostrado o calor generado del mismo. El vapor sobrecalentado es enviado a la turbina 8 de vapor para accionar un generador 9 de energía eléctrica, el cual genera energía eléctrica.

45 Por otro lado, una parte del vapor es extraído de la turbina 8 de vapor y enviado al calentador 12 de suministro de agua a través de una válvula 17 de extracción de vapor de manera que caliente el agua suministrada.

50 Del suministro de agua de la bomba 11 de suministro de agua, el agua excluyendo el agua suministrada a la planta 10 de caldera es suministrada a un dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura a través de una válvula 20 de suministro de agua. El agua es calentada por la luz 32 del sol 7 y se convierte en un fluido de dos fases de agua y de vapor, en el cual una parte de agua se ha convertido en vapor. El fluido de dos fases de agua y de vapor fluye dentro del dispositivo 4 de separación vapor John agua. El flujo de dos fases de agua y de vapor es separado en vapor saturado y en aguas saturada mediante el dispositivo 4 de separación vapor-agua. El agua saturada es suministrada de nuevo al dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura mediante una bomba 15 de circulación. El vapor saturado separado por el dispositivo 4 de separación vapor-agua es calentado mediante un dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura y convertido en vapor a alta temperatura. El vapor a alta temperatura es enviado al calentador 12 de suministro de agua (desde A hasta A en la figura 9).

Adicionalmente, tal y como se ha mostrado en la figura 9, el vapor a alta temperatura calentado por el dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura puede ser suministrado a la planta 10 de caldera (desde A hasta A' en la figura 9) o puede ser suministrado a la turbina 8 de vapor junto con el vapor sobrecalentado expulsado desde la planta 10 de calentador (desde A hasta A'' en la figura 9).

5 La figura 10 es un diagrama que muestra un ejemplo en el cual se ajusta el grado de apertura de la válvula 17 de extracción de vapor prevista en el lado de salida de la turbina 8 de vapor (ver la figura 10 (b)) de acuerdo con un cambio en la cantidad de vapor que pasa a través de la válvula 18 de vapor prevista en el lado exterior del dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura (ver la figura 10 (a)) tal y como se muestra en la figura 9.

10 Tal y como se muestra en la figura 10, el grado de apertura de la válvula 17 de extracción de vapor es reducido con el aumento de la cantidad de vapor que pasa a través de la válvula 18 de vapor, y al contrario, el grado de apertura de la válvula 17 de extracción de vapor se aumenta con la disminución en la cantidad de vapor que pasa a través de la válvula 18 de vapor. De esta manera, la válvula 17 de extracción de vapor se hace funcionar de acuerdo con la cantidad de vapor suministrada desde el dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura, de manera que aumenta/reduce (ajusta) la cantidad de vapor extraída en la turbina 8 de vapor. Por tanto, se puede evitar una gran fluctuación en la salida de generación de energía eléctrica.

15 El ajuste de la cantidad de vapor extraída en la turbina 8 de vapor de acuerdo con la cantidad de vapor suministrada desde el dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura también se puede aplicar a los siguientes ejemplos.

(Quinto ejemplo útil para comprender la invención)

20 La figura 11 es un diagrama de configuración esquemático de una planta de generación de energía eléctrica de calor solar de tipo integrada de acuerdo con un quinto ejemplo útil para comprender la invención.

El ejemplo es diferente del cuarto ejemplo mencionado anteriormente en que se utiliza un dispositivo 24 de calentamiento a baja temperatura que consta de un colector solar de tipo pasante o de tipo de Fresnel.

La otra configuración, el mecanismo de generación de energía eléctrica, etc., son similares a los del cuarto ejemplo mencionado anteriormente, y se omitirá una descripción redundante de los mismos.

25 (Sexto ejemplo útil para comprender la invención)

La figura 12 es un diagrama de configuración esquemático de una planta de generación de energía eléctrica de calor solar de tipo integrada de acuerdo con un sexto ejemplo útil para comprender la invención.

30 En el ejemplo, tal y como se muestra en la figura 12, un termómetro 25 para medir la temperatura del fluido y un caudalímetro 28 son previstos en el lado de salida de un dispositivo 24 de calentamiento a baja temperatura. Las señales de medida del termómetro 25 y del caudalímetro 28 son suministradas a una unidad 26 aritmética. En la unidad 26 aritmética, una señal de control para controlar el grado de apertura de una válvula 20 de suministro de agua, es decir, el caudal de suministro de agua, es emitida a la válvula 20 de suministro de agua de manera que se hace que la temperatura del fluido del dispositivo 24 de calentamiento a baja temperatura nunca sea más alta de 300°C.

35 La razón por la cual la temperatura del fluido de salida del dispositivo 24 de calentamiento a baja temperatura es limitada por tanto a 300°C o menos es similar que en el tercer ejemplo mencionado anteriormente y se omitirá una descripción redundante del mismo.

(Séptimo ejemplo y modo de realización)

40 En cualquiera de los ejemplos mencionados anteriormente, el dispositivo 13 (24) de calentamiento a baja temperatura y el dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura sirven como colectores solares mediante los cuales se utiliza un fluido que consta de vapor (agua) para accionar finalmente la turbina 8 de vapor, como un fluido térmico que es calentado directamente por la luz 32 del sol 7.

45 Por consiguiente, la caldera de calor solar no utilizará otro intercambiador de calor más que el dispositivo 13 (24) de calentamiento a baja temperatura y el dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura. Por lo tanto, hay una ventaja de que la configuración de la caldera como un conjunto es suficientemente simple para lograr por tanto la reducción en el tamaño y en el coste o similares.

50 Por otro lado, cuando el fluido que consta de agua y de vapor es calentado directamente por la luz 32 del sol 7, un cambio de fase de agua a vapor puede ocurrir dentro del tubo de transferencia de calor en un colector solar de tipo Fresnel o de tipo pasante, particularmente, para el uso en un dispositivo 13 (24) de calentamiento a baja temperatura. Cuando se genera el flujo de dos fases, hay una posibilidad de que el tubo de transferencia de calor pueda ser dañado térmicamente de forma local.

Es decir, particularmente en el colector solar de tipo Fresnel o de tipo pasante, de la superficie periférica del dispositivo de transferencia de calor dispuesto horizontalmente, una región en la que se recolecta la luz recibe el

calor. Por lo tanto, el colector solar de tipo de Fresnel o de tipo pasante tiene una estructura la cual se puede generar fácilmente una distribución no uniforme de flujo de fluido sobre la periferia del tubo de transferencia de calor.

5 Por esta razón, cuando el fluido interno forma un flujo de dos fases, hay una posibilidad de que pueda ocurrir una anomalía en la transferencia de calor debido a un cambio instantáneo en la cantidad de luz y calor recolectados, de manera que se provoque un daño térmico a la porción del tubo de transferencia de calor.

En el colector solar de tipo Fresnel o de tipo pasante, un tubo de transferencia de calor largo es dispuesto sustancialmente de forma horizontal y colocado en un área amplia. La cantidad de calor recolectado derivado de la luz solar fluctúa de forma importante en un día, o cambia de repente dependiendo del tiempo. Es por tanto difícil especificar de antemano la región en la que puede fluir el flujo de dos fases.

10 Como un resultado, hay un problema de que el tubo de transferencia de calor puede estar hecho completamente de un material de alto rendimiento, es decir, un material caro que sufra difícilmente daño térmico, por lo tanto provocando un incremento en el coste.

15 El séptimo ejemplo y el modo de realización de la invención es una solución a dicho problema. La figura 13 es un diagrama de configuración esquemático de una planta de generación de energía eléctrica de calor solar de tipo autónoma de acuerdo con el séptimo ejemplo y modo de realización.

En el modo de realización, tal y como se ha mostrado en la figura 13, una válvula 37 de control de caudal que circula de suministro de agua y un caudalímetro 28 para ajustar el caudal circulante están previstos en el lado de entrada del dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura, y está previsto un medidor 29 del nivel de agua para detectar el nivel de agua de un dispositivo 4 de separación vapor-agua.

20 Una señal de medida de caudal del caudalímetro 28 y una señal de medida del nivel de agua del medidor 29 de nivel de agua son suministrados a una unidad 26 aritmética la cual emite una señal de control a una válvula 19 de suministro de agua para ajustar el caudal de suministro de agua y (o) la válvula 37 de control de flujo que circula de suministro de agua para ajustar el caudal circulante, de manera que el nivel de agua del dispositivo 4 de separación vapor-agua se establezca en un valor previsto.

25 Cuando el nivel de agua del dispositivo 4 de separación vapor-agua es controlado en este modo de realización, se puede realizar el funcionamiento para evitar que ocurra la separación de fase en el tubo de transferencia de calor del dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura. Este principio se describirá con referencia a la figura 14 y a la figura 15.

30 La figura 14 es un gráfico característico que muestra la relación entre un nivel L de agua (abscisa) en el dispositivo 4 de separación vapor-agua y una calidad X de vapor de salida (relación de caudal de masa de vapor con respecto a caudal de masa total) (ordenada) en el dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura. Un caudal G de masa total del dispositivo 4 de separación vapor-agua es utilizado como parámetro para mostrar la relación entre el nivel L de agua y la calidad X de vapor de salida.

35 La calidad X de vapor de salida del dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura se corresponde con la relación del caudal de masa de vapor con respecto al caudal G de masa total. Adicionalmente, el caudal G de masa total del dispositivo 4 de separación vapor-agua se corresponde al flujo de fluido que circula en el dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura a través del dispositivo 4 de separación vapor-agua.

40 La figura 15(a) es una vista que muestra regiones respectivas de estados de fluido clasificados en un flujo de dos fases de agua y de vapor en la tubería 38 de transferencia de calor horizontal del dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura, con la calidad X de vapor de salida del dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura en la abscisa y el caudal G de masa total del dispositivo 4 de separación vapor-agua en la ordenada. Los estados de fluido clasificado incluyen un flujo pulverizado, un flujo anular, un flujo de burbujas, un flujo en tramos o un flujo estratificado.

45 La figura 15(b) es una vista esquemática que muestra cada estado de fluido del flujo de dos fases de agua y de vapor en el tubo 38 de transferencia de calor horizontal. En la figura 15(b), son representados los estados de un flujo de pulverización, un flujo anular, un flujo de burbujas, un flujo en tramos y un flujo estratificado.

50 En la figura 15(b), en el estado en el que el flujo de dos fases de agua y de vapor es un flujo de pulverización, una parte mayoritaria del flujo de dos fases en el tubo el vapor, y gotas de agua muy pequeñas acompañadas por el flujo de vapor en el vapor. En el estado de flujo anular, se forma una película de agua muy delgada sobre la pared del tubo, y un flujo de pulverización que consta principalmente de vapor se sitúa dentro de la película de agua. En el estado de flujo de burbujas, una parte mayoritaria del tubo está lleno de agua, y están presentes pequeñas burbujas en el agua. En el estado de flujo en tramos, las burbujas son mucho más grandes en tamaño que en el flujo de burbujas mencionado anteriormente, mostrando un estado intermedio entre el flujo de burbujas y el flujo estratificado. En el estado de flujo estratificado, se separan verticalmente una fase de vapor y una fase de líquido
55 mediante el efecto de la gravedad.

Por lo tanto, un estado de flujo preferido para el flujo de dos fases de agua y de vapor en el tubo 38 de transferencia de calor horizontal es el flujo de pulverización o el flujo anular.

5 Tal y como es evidente del resultado mencionado anteriormente de la figura 14, es conocido que hay una correlación entre el nivel L de agua del dispositivo 4 de separación vapor-agua y la calidad X de vapor de salida (la relación del caudal de vapor con respecto al caudal de masa total) del dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura.

Por consiguiente, por ejemplo, se puede obtener una calidad X_1 de vapor de salida del dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura midiendo el nivel L_1 de agua del dispositivo 4 de separación vapor-agua en un caudal G_1 de masa del dispositivo 4 de separación vapor-agua.

10 A continuación, tal y como se muestra en la figura 15(a), el estado de flujo del flujo de dos fases de agua y de vapor en el dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura se puede alcanzar si la calidad X de vapor de salida del dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura y el caudal G de masa total del dispositivo 4 de separación vapor-agua son conocidos. Cuando se hace una descripción a lo largo del ejemplo mostrado en la figura 14, se entiende que la calidad de vapor de salida es X_1 cuando el nivel de agua del dispositivo 4 de separación vapor-agua es L_1 en la condición de que el flujo de masa sea G_1 .

15 De la figura 15(a), se entiende que el estado de flujo del flujo de dos de agua y de vapor en el tubo 38 de transferencia de calor horizontal del dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura está en un flujo de pulverización debido a que la calidad de vapor de salida es X_1 cuando el caudal de masa es G_1 .

20 Con el fin de evitar que la separación de fase sea generada en el tubo de transferencia de calor horizontal del dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura, se prefiere el estado de flujo del flujo de burbuja, el flujo anular o el flujo de pulverización en cualquier condición de funcionamiento. Cuando una carga térmica en el dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura es alta, se desea de forma particular establecer un estado de flujo en el flujo anular o el flujo de pulverización.

25 En el tubo del dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura que es calentado en un lado como se muestra en la figura 13, el tubo 38 de transferencia de calor horizontal es sobrecalentado localmente cuando el flujo es separado en las dos fases de agua y de vapor como en el flujo en tramos o el flujo estratificado mostrado en la figura 15(b). Como resultado, ocurre un evento no deseado, tal como una filtración o una deformación del tubo, para un funcionamiento estable de la planta de generación de potencia eléctrica. Es por lo tanto extremadamente importante durante el funcionamiento estable de la planta de generación de energía eléctrica gestionar de forma adecuada el estado de flujo del flujo de dos fases de agua y de vapor en el dispositivo 13 de calentamiento a baja temperatura.

30 Por consiguiente, en el modo de realización, un valor previsto del nivel de agua en el dispositivo 4 de separación vapor-agua correspondiente a cada valor de la calidad X de vapor de salida para conseguir un estado de flujo deseado tal y como se describió anteriormente es almacenado en la unidad 26 aritmética con antelación. Las señales de medida del caudal del caudalímetro 28 y el nivel de agua del medidor 29 de nivel de agua son suministradas a la unidad 26 aritmética. La unidad 26 aritmética está diseñada para emitir una señal de control a la
35 válvula 19 de suministro de agua para ajustar el caudal de agua suministrada y (o) la válvula 37 de control del caudal que circula de suministro de agua para ajustar el caudal circulante, de manera que el nivel de agua del dispositivo 4 de separación vapor agua se pueda establecer en el valor previsto. Por tanto, la planta de generación de energía eléctrica puede hacerse funcionar de forma estable.

40 Aunque el modo de realización ha sido descrito en el caso de una planta de generación de energía eléctrica solar de tipo autónoma, la invención también puede ser aplicada al caso de una planta de generación de energía eléctrica de calor solar de tipo compuesta.

(Octavo ejemplo útil para comprender la invención)

45 Un octavo ejemplo útil para comprender la invención es resolver el mismo problema que el problema que resuelve el séptimo ejemplo y modo de realización mencionados anteriormente. La figura 16 es un diagrama de configuración esquemático de una planta de generación de energía eléctrica de calor solar de tipo integrada de acuerdo con el octavo ejemplo.

50 Tal y como se ha mostrado en la figura 16, un dispositivo 51 de calentamiento a baja temperatura y un colector 52 solar se forman separadamente, y un canal 53 de fluido térmico se añade al colector 52 solar. Una bomba 55 de circulación de fluido térmico está prevista en el medio del canal 53 de fluido térmico. Una parte del canal 53 de fluido térmico está dispuesta como un intercambiador térmico en el dispositivo 51 de calentamiento a baja temperatura, el cual funciona por tanto como un intercambiador de calor que incluye un dispositivo de calentamiento a baja temperatura. Un fluido 54 térmico está diseñado para circular desde el colector 52 solar dentro del canal 53 de fluido térmico.

55 El calor recolectado en el colector 52 solar es transferido al dispositivo 51 de calentamiento a baja temperatura a través del fluido 54 térmico que circula a través del canal 53 de fluido térmico, de manera que se caliente el fluido que consta de agua y de vapor en el dispositivo 51 de calentamiento a baja temperatura.

El intercambiador de calor en el dispositivo 51 de calentamiento a baja temperatura (en este modo de realización, una parte del canal 53 del fluido térmico) no tiene por qué estar limitado especialmente siempre que sea de un tipo sin contacto en el cual el fluido 54 térmico no está en contacto directo con el fluido que consta de agua y de vapor en el dispositivo 51 de calentamiento a baja temperatura.

- 5 En el ejemplo, el colector solar tal como un colector solar de tipo Fresnel o de tipo pasante en el cual una unidad de recolección de luz y una unidad de recolección de calor se pueden colocar en una posición baja próxima a la superficie del terreno, es preferible como colector 52 solar.

10 El fluido térmico cuya fase no cambia dentro de un rango de temperatura de funcionamiento es utilizado como fluido 54 térmico. El fluido 54 térmico circula desde el colector 52 solar dentro del canal 53 de fluido térmico mediante la bomba 55 de circulación de fluido térmico. Aceite sintético químico de óxido de difenilo, bifenilo, 1,1-difeniletano, etc. se puede utilizar sólo o mezclado como fluido 54 térmico.

15 La temperatura de funcionamiento máxima del fluido 54 térmico representado anteriormente es de aproximadamente 400°C. Más allá de la temperatura de funcionamiento máxima, puede ocurrir un deterioro remarcable o una pérdida en el rendimiento. Es por lo tanto necesario gestionar estrictamente la temperatura. Sin embargo, se puede añadir un termómetro 56 de fluido térmico al canal 53 de fluido térmico como el mostrado en la figura 16 con el fin de monitorizar la temperatura de fluido térmico de salida del colector 52 solar. Cuando la temperatura del fluido 54 térmico está limitada para ser menor que la temperatura de funcionamiento máxima, por ejemplo, para no ser más alta de 300°C, es necesario tomar medidas especiales dentro del rango de funcionamiento.

20 De esta manera, no hay miedo de que cambie la fase del fluido 54 térmico en un flujo de dos fases en el colector de 52 solar. Por lo tanto, no hay miedo de que pueda ocurrir una anomalía en la transferencia de calor debida a un cambio instantáneo en la cantidad de luz recolectada o calor recolectado. Por consiguiente, no hay miedo de que pueda ocurrir un daño térmico en el tubo de transferencia de calor incluso bajo la condición de una distribución no uniforme del flujo de calor, pero es posible mejorar la fiabilidad y reducir el coste de material.

La siguiente configuración puede estar prevista de forma adicional.

25 Tal y como se muestra en la figura 16, un termómetro 56 de fluido térmico y un caudalímetro 57 para medir la temperatura y el caudal del fluido 54 térmico están previstos en el lado de salida del colector 52 solar, y se suministran señales de medida del termómetro 56 de fluido térmico y del caudalímetro 57 de fluido térmico a la unidad 26 aritmética.

30 En la unidad 26 aritmética, se emite una señal de control para controlar el grado de apertura de una válvula 20 de suministro de agua, es decir, el caudal de suministro de agua, a la válvula 20 de suministro de agua de manera que hace que la temperatura del fluido térmico del lado de salida del dispositivo 52 de calentamiento a baja temperatura no sea mayor de 300°C.

35 La razón por la cual la temperatura del fluido de salida del dispositivo 52 de calentamiento a baja temperatura es por tanto limitada a 300°C o menos es similar a la del tercer ejemplo mencionado anteriormente, y se omitirá una descripción redundante del mismo. Adicionalmente, la otra configuración es la misma que en cada uno de los ejemplos mencionados anteriormente, y del mismo modo se omitirá una descripción redundante de los mismos.

40 En el octavo ejemplo, el calor solar es utilizado en el dispositivo 51 de calentamiento a baja temperatura para generar un vapor de calentamiento de forma indirecta a través de un fluido térmico calentado por el colector 52 solar formado separadamente. En el dispositivo 14 de calentamiento a alta temperatura, el vapor es calentado directamente por el calor solar recolectado de la misma manera que en cada uno de los ejemplos mencionados anteriormente. El octavo ejemplo puede referirse como un denominado tipo de calentamiento híbrido.

45 De acuerdo con el octavo ejemplo, el problema descrito al comienzo de la descripción del séptimo ejemplo y modo de realización se puede suprimir seguramente mientras que se suprime y se minimiza de forma necesaria la configuración y la escala de las secciones referentes al sistema de circulación del fluido térmico, tal como el intercambiador de calor, la bomba 55 de circulación de fluido térmico, etc., lo cual complica la configuración del dispositivo de caldera. Por tanto, el octavo ejemplo es efectivo.

Aunque una configuración para calentar el agua suministrada con un fluido térmico tal como un vapor es utilizada como el calentador 12 de suministro de agua en cada uno de los ejemplos mencionados anteriormente, el calentador 12 de suministro de agua puede también estar diseñado para calentar el agua suministrada utilizando el calor solar.

50 De acuerdo con la invención, tal y como se describió anteriormente, el dispositivo de calentamiento a baja temperatura y el dispositivo de separación vapor-agua son colocados sobre la superficie del terreno o cerca de la superficie del terreno. No es necesaria una estructura (por ejemplo, una base de soporte) para soportar una sustancia pesada que contenga agua saturada, o la estructura puede colocarse para estar lo suficientemente baja para instalar y mantener fácilmente el dispositivo de calentamiento a baja temperatura y el dispositivo de separación vapor-agua. Adicionalmente, es posible simplificar una estructura en la cual se puede instalar el dispositivo de

55

calentamiento a alta temperatura, que contenga sólo el vapor y sea comparativamente ligera en peso, en un lugar alto.

5 Además, con el dispositivo de calentamiento a baja temperatura y el dispositivo de calentamiento a alta temperatura estando separados funcionalmente, y el dispositivo de separación vapor-agua estando colocado entre ellos, se puede reducir el riesgo de daño a la tubería de transferencia de calor.

Además, con el dispositivo de calentamiento a alta temperatura estando instalado en un lugar alto, se puede realizar el intercambio de calor con una densidad térmica alta, de manera que el vapor a alta temperatura puede ser obtenido de forma eficiente.

10 Adicionalmente, cuando la cantidad de vapor extraído en el lado de turbina de vapor es ajustada de acuerdo con una fluctuación en la temperatura de vapor o es controlado el caudal de vapor cuando la cantidad de calor recolectada en el dispositivo de calentamiento alta temperatura, se puede mantener constante la salida de la turbina de vapor.

Aunque este modo de realización ha sido descrito en el caso de una planta de generación de energía eléctrica de calor solar de tipo integrada, la invención también se puede aplicar a una planta de generación de energía eléctrica de calor solar de tipo autónoma.

15 Lista de signos de referencia

- 4: dispositivo de separación vapor-agua
- 6: helióstato
- 7: sol
- 20 8: turbina de vapor
- 9: generador de energía eléctrica
- 10: planta de Caldera
- 11: bomba de suministro de agua
- 12: calentador de suministro de agua
- 25 13: dispositivo de calentamiento a baja temperatura
- 14: dispositivo de calentamiento alta temperatura
- 15: bomba de circulación
- 16: torre
- 17: válvula de extracción de vapor
- 30 18: válvula de vapor
- 21: tubo de transferencia de calor de sobrecalentador
- 24: dispositivo de calentamiento a baja temperatura de tipo pasante
- 25: termómetro
- 26: unidad aritmética
- 35 27: panel de tubo de transferencia de calor
- 28: caudalímetro
- 30, 35: espejo reflectante
- 31: tubo de transferencia de calor
- 32: luz del sol
- 40 33: agua
- 34: flujo de dos fases de agua y de vapor
- 37: válvula de control de flujo circulante
- 38: tubo de transferencia de calor horizontal
- 51: dispositivo de calentamiento a baja temperatura
- 45 52: colector solar
- 53: canal de fluido térmico
- 54: fluido térmico
- 55: bomba de circulación de fluido térmico
- 56: termómetro de fluido térmico
- 50 57: caudalímetro de fluido térmico

REIVINDICACIONES

1. Una caldera de calor solar, que comprende:

un dispositivo (13) de calentamiento a baja temperatura que incluye un tubo de transferencia de calor que está dispuesto horizontalmente de manera que el agua suministrada desde una bomba (11) de suministro de agua puede circular a través del tubo de transferencia de calor, y un espejo reflectante que recolecta luz solar en el tubo de transferencia de calor, de manera que el dispositivo de calentamiento a baja temperatura puede calentar el agua mediante el calor de la luz solar;

un dispositivo (4) de separación vapor-agua mediante el cual un fluido de dos fases de agua y de vapor generado en el dispositivo de calentamiento a baja temperatura es separado en agua y vapor;

un dispositivo (14) de calentamiento a alta temperatura mediante el cual el vapor separado por el dispositivo (4) de separación vapor-agua es sobrecalentado por el calor de la luz solar; y

una bomba (15) de circulación mediante la cual el agua separada por el dispositivo (4) de separación vapor-agua es suministrada al dispositivo de calentamiento a baja temperatura, caracterizada porque el dispositivo (13) de calentamiento a baja temperatura, el dispositivo (4) de separación vapor-agua y la bomba (15) de circulación están colocados en o cerca de una superficie del terreno, y el dispositivo (14) de calentamiento a alta temperatura se ha colocado en un sitio más alto que el dispositivo (13) de calentamiento a baja temperatura y el dispositivo (4) de separación vapor-agua; y

un medidor (29) de nivel de agua que mide un nivel de agua en el dispositivo (4) de separación vapor-agua, una válvula (19) de suministro de agua que ajusta el caudal de agua suministrada al dispositivo (13) de calentamiento a baja temperatura, y una válvula (37) de control de caudal de circulación que ajusta la cantidad de agua que circula entre el dispositivo (13) de calentamiento a baja temperatura y el dispositivo (4) de separación vapor-agua están previstos de manera que el caudal del agua suministrada o la cantidad de agua que circula se puede ajustar mediante la válvula (19) de suministro de agua o la válvula (37) de control de caudal de circulación con el nivel de agua en el dispositivo (4) de separación vapor-agua siendo establecido a un valor predeterminado.

2. Una caldera de calor solar de acuerdo con la reivindicación 1, en donde:

el dispositivo (13) de calentamiento a baja temperatura incluye un colector solar de tipo pasante en el cual un tubo (31) de transferencia de calor está dispuesto por encima de una superficie curvada circunferencial interior de un espejo (30) reflectante que se extiende como un pasaje de manera que la luz (32) solar puede ser recolectada en el tubo de transferencia de calor mediante el espejo reflectante para calentar agua que circula a través del tubo de transferencia de calor y genera vapor, o un colector solar de tipo Fresnel en el cual varios espejos (35) reflectantes que tienen superficie sustancialmente planas están dispuestos uno al lado del otro y un tubo (31) de transferencia de calor está dispuesto por encima de grupo de espejos reflectantes de manera que la luz (32) solar puede ser recolectada en el tubo de transferencia de calor por el grupo de espejos reflectantes para calentar el agua que circula a través del tubo de transferencia de calor y generar vapor; y

el dispositivo (14) de calentamiento a alta temperatura incluye un colector solar de tipo torre en el cual un panel (27) de tubo de transferencia de calor está colocado sobre una torre (16) que tiene una altura predeterminada y un gran número de espejos reflectantes están dispuestos de manera que la luz solar puede ser recolectada en el panel de tubo de transferencia de calor mediante el grupo de espejos reflectantes para que el vapor sobrecalentado circule a través del panel (27) de tubo de transferencia de calor.

3. Una caldera de calor solar de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde:

un tubo (42) de cristal con una longitud predeterminada está dispuesto en la periferia del tubo (38) de transferencia de calor con una longitud predeterminada de manera que forma una estructura doble, y un estado hermético o un estado de vacío se mantiene entre el tubo de transferencia de calor y el tubo de cristal;

el tubo (38) de transferencia de calor con la longitud predeterminada es formado por una pluralidad de tubos (38) de transferencia de calor unidos entre sí mediante soldadura (43), y el tubo (42) de cristal con la longitud predeterminada es formado por una pluralidad de tubos (42) de cristal unidos entre sí a través de tubos (44) de unión que están dispuestos en porciones de unión entre los tubos de cristal y que son soldados con los tubos de cristal respectivamente; y

la temperatura del fluido de salida en el dispositivo (13) de calentamiento a baja temperatura es regulada a 300°C o menos.

4. Una caldera de calor solar de acuerdo con la reivindicación 3, en donde:

un termómetro (25) y un caudalímetro (28) están situados en una salida del dispositivo (13) de calentamiento a baja temperatura y un caudal de agua suministrada al dispositivo de calentamiento a baja temperatura se ajusta de manera que la temperatura medida por el termómetro (25) y el caudal medido por el caudalímetro (28) se puede establecer a valores predeterminados.

5. Una caldera de calor solar de acuerdo con la reivindicación 3, en donde:

un termómetro (25) y un caudalímetro (28) están situados en una salida del dispositivo (13) de calentamiento a baja temperatura y la cantidad de calor recolectada en el dispositivo (13) de calentamiento a baja temperatura es ajustada de manera que una temperatura medida por el termómetro (25) y un caudal medido por el caudalímetro (28) se pueden establecer en valores predeterminados.

5 6. Una caldera de calor solar de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en donde:

un termómetro (25) y un caudalímetro (28) están situados en una salida del dispositivo (13) de calentamiento a baja temperatura y la cantidad de calor recolectado en el dispositivo (14) de calentamiento a alta temperatura es ajustada de acuerdo con un valor de la temperatura medida por el termómetro (25) y un valor de caudal medido por el caudalímetro (28).

10

FIG. 2

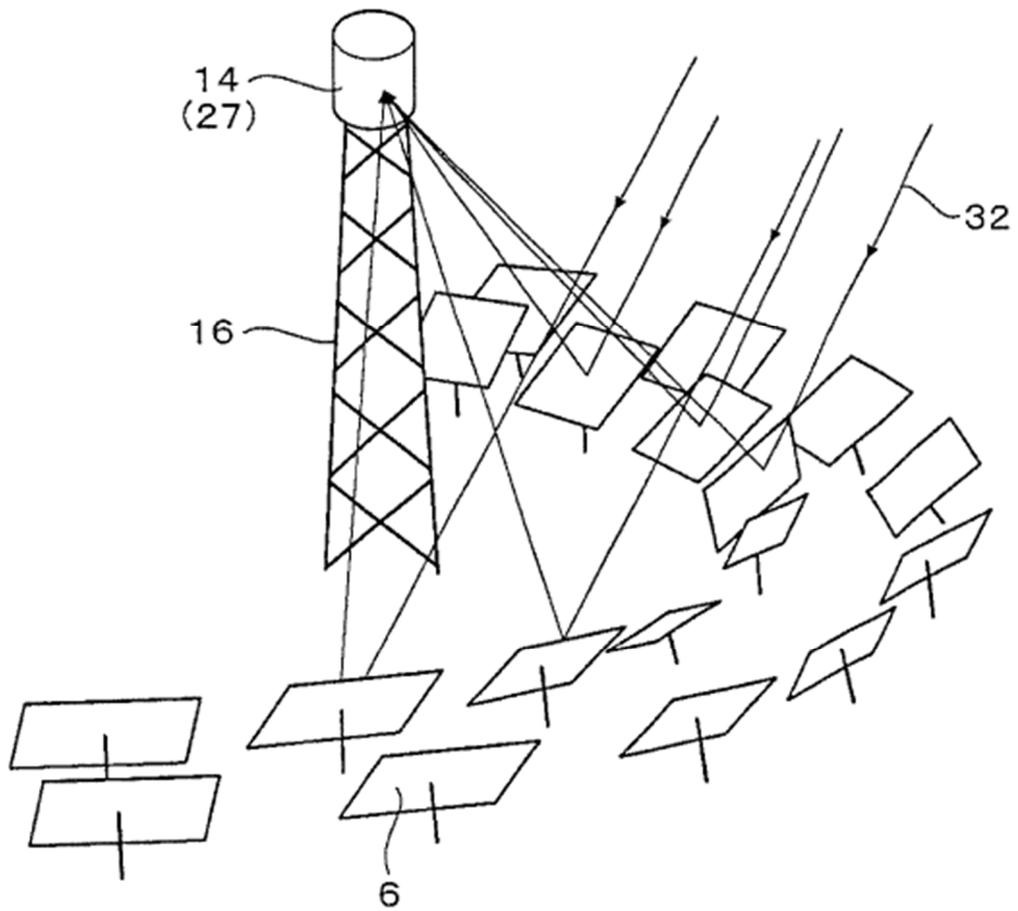


FIG. 3

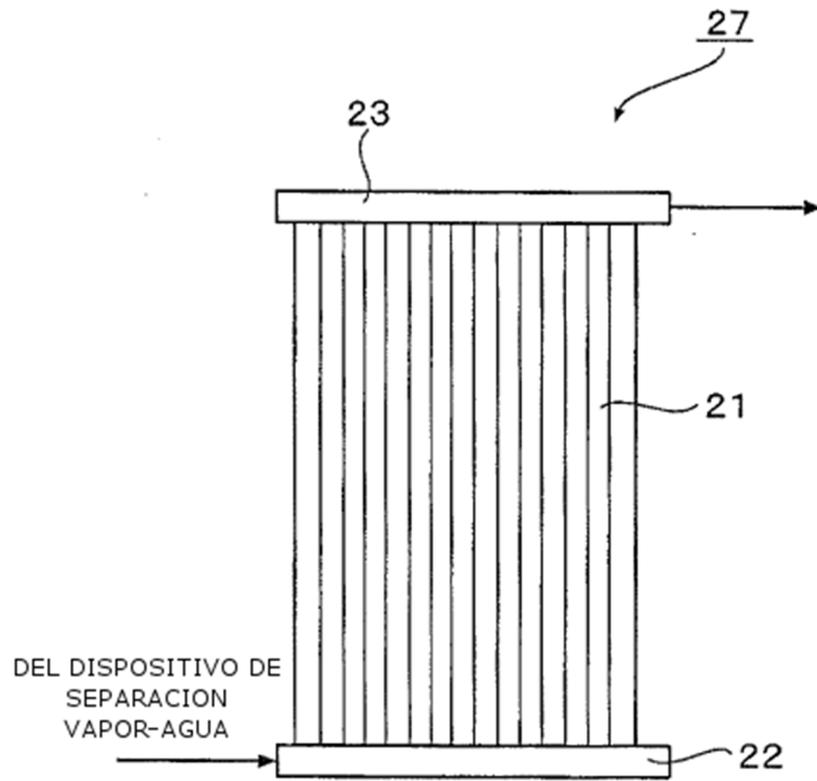


FIG. 4

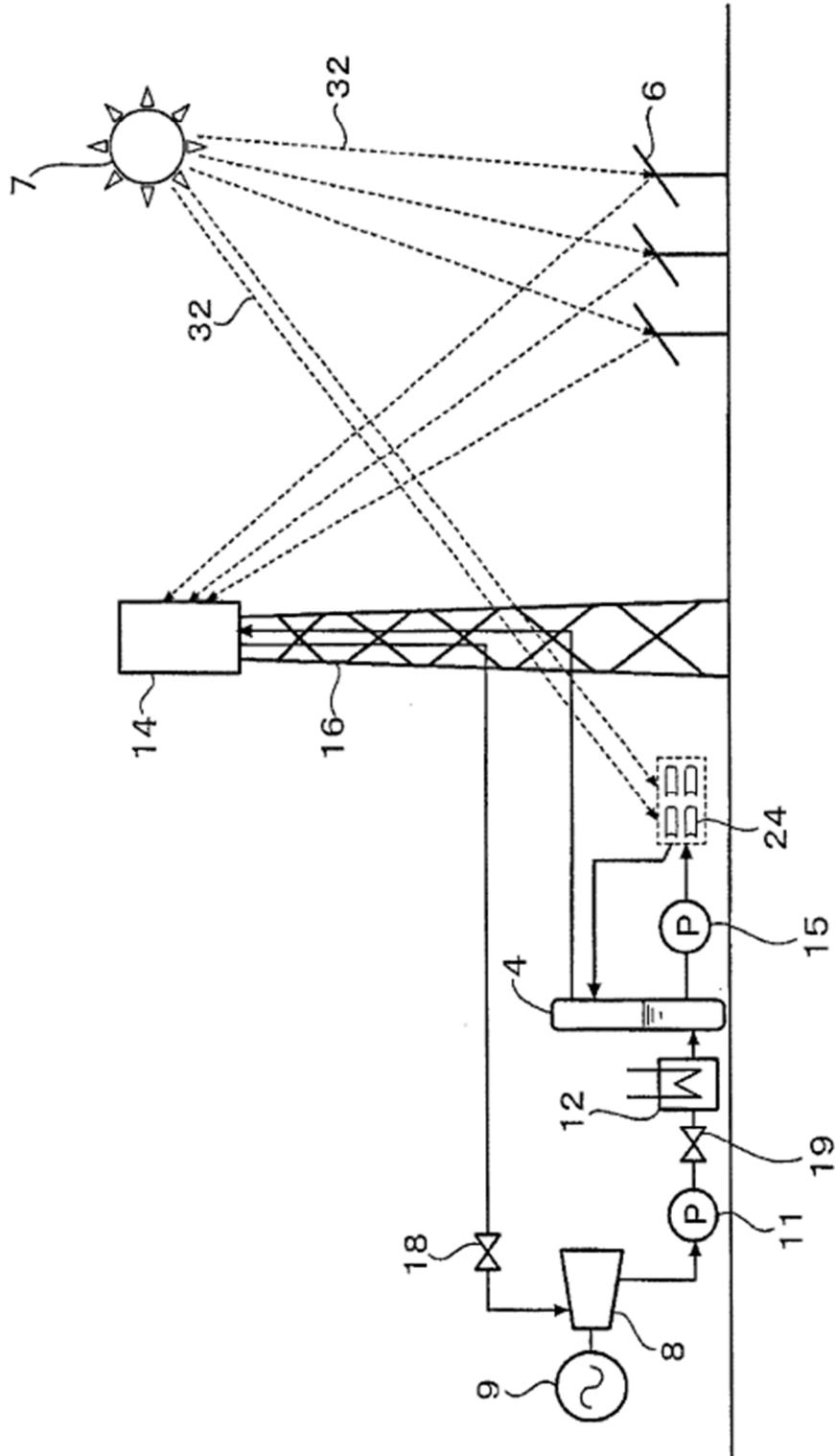


FIG. 5

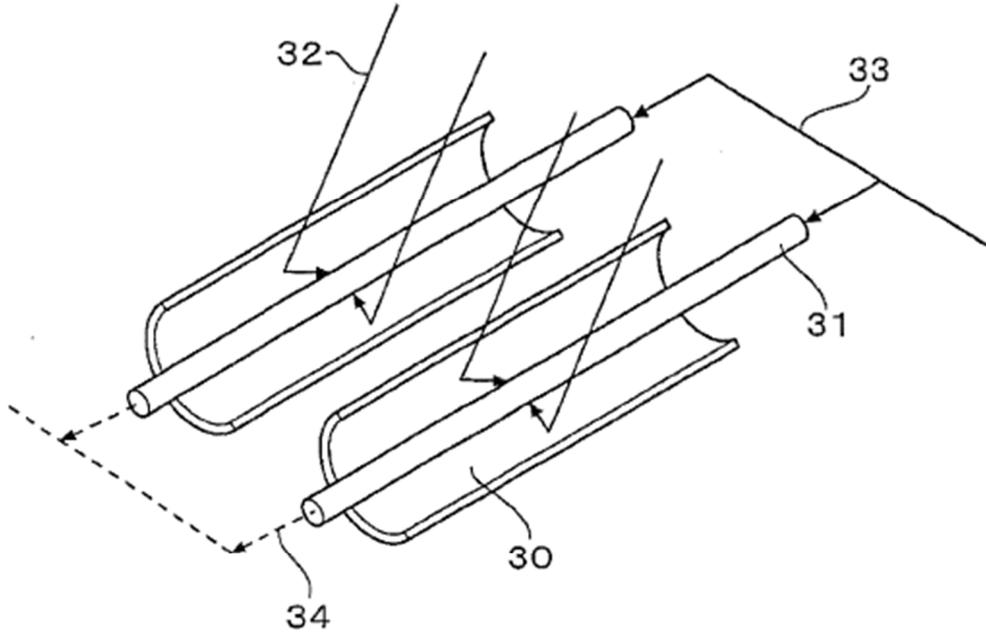


FIG. 6

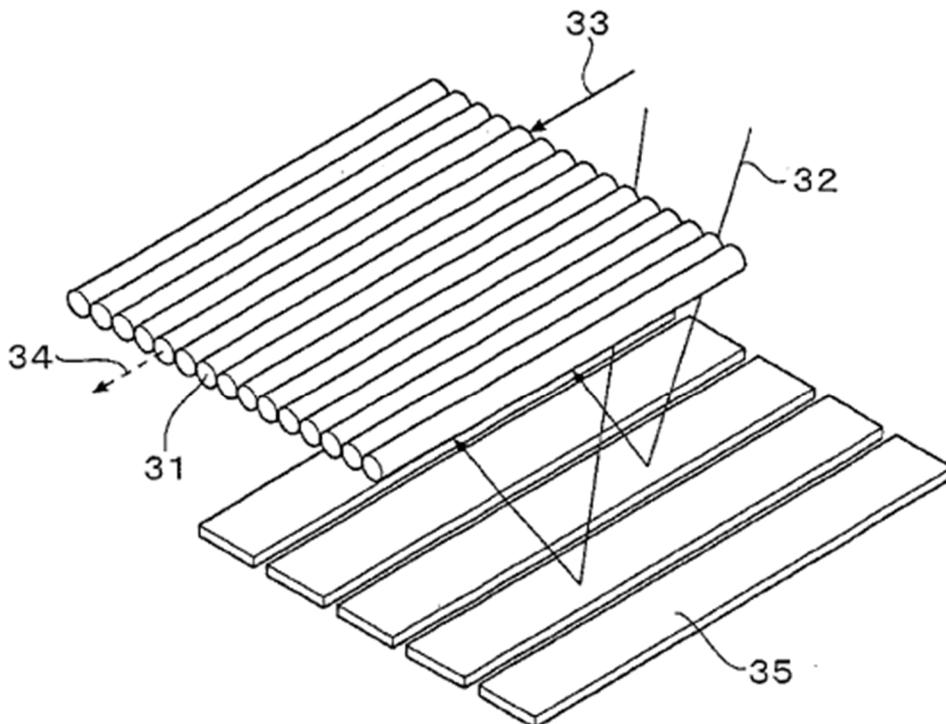


FIG. 7

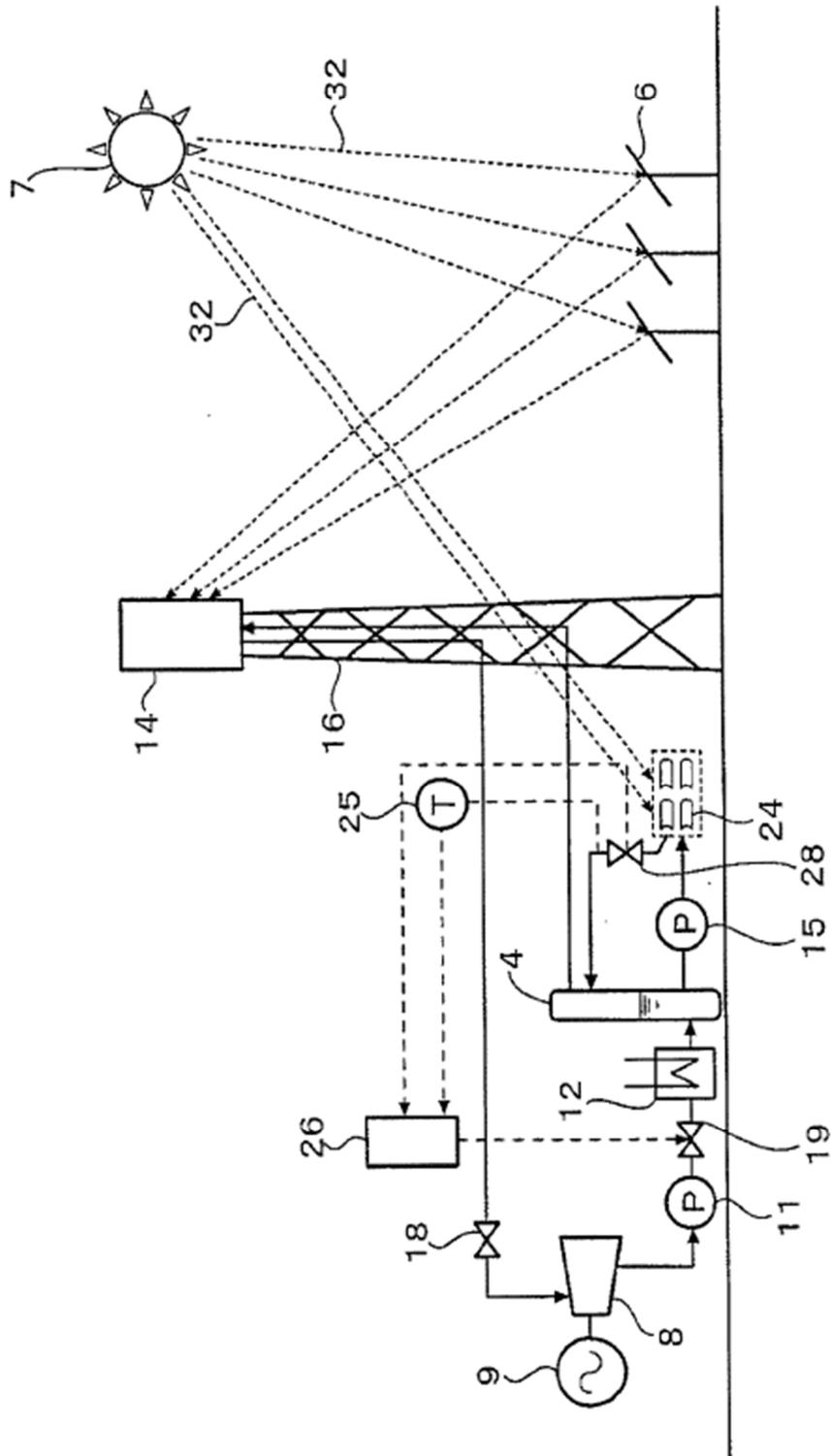


FIG. 8

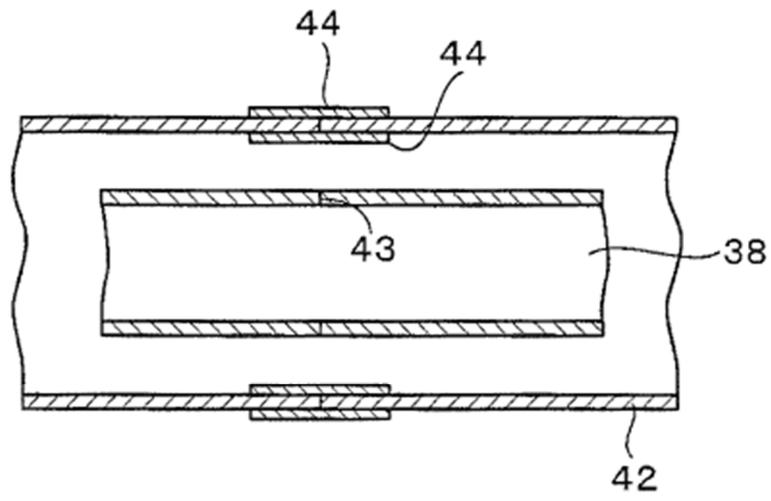


FIG.9

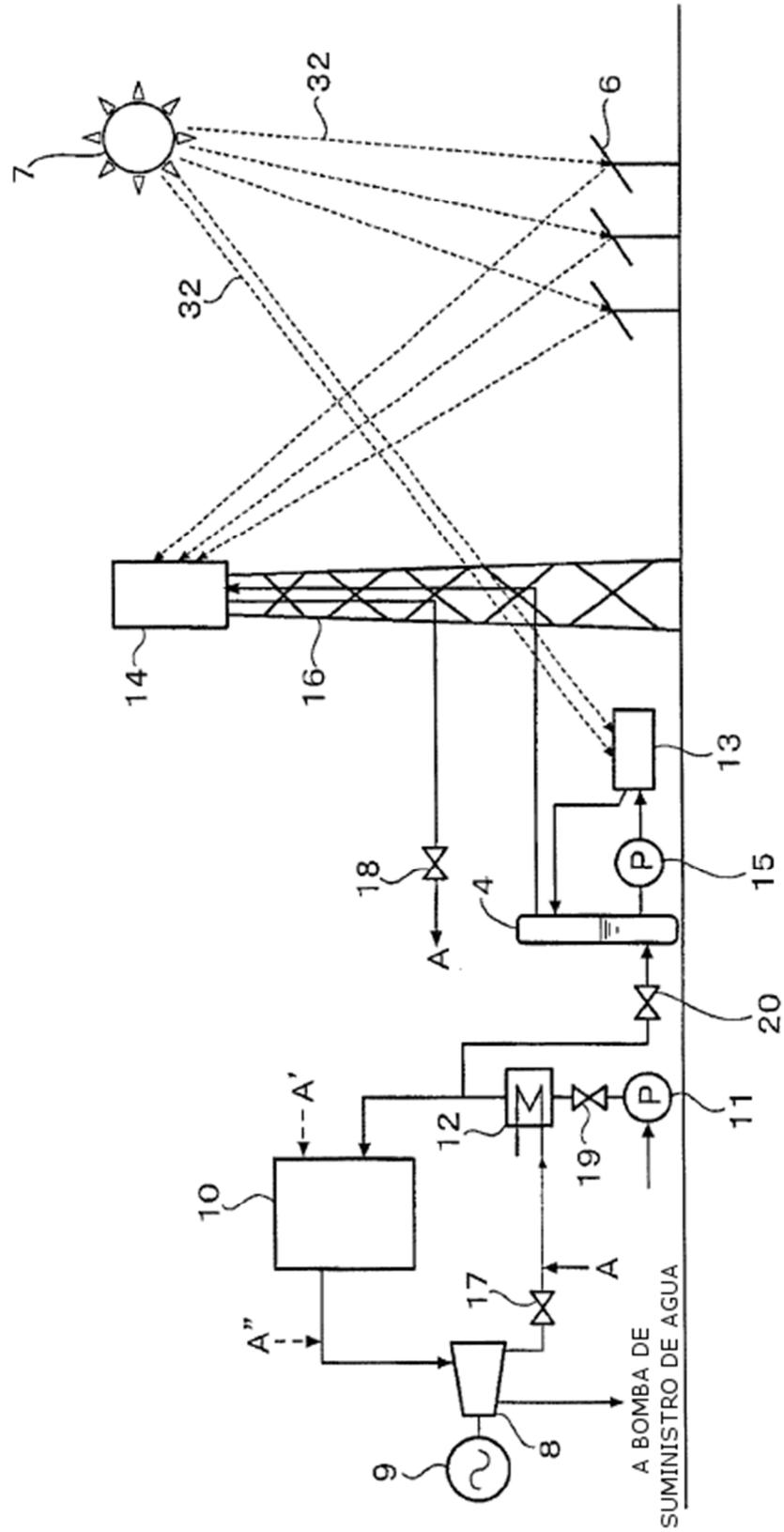


FIG. 10

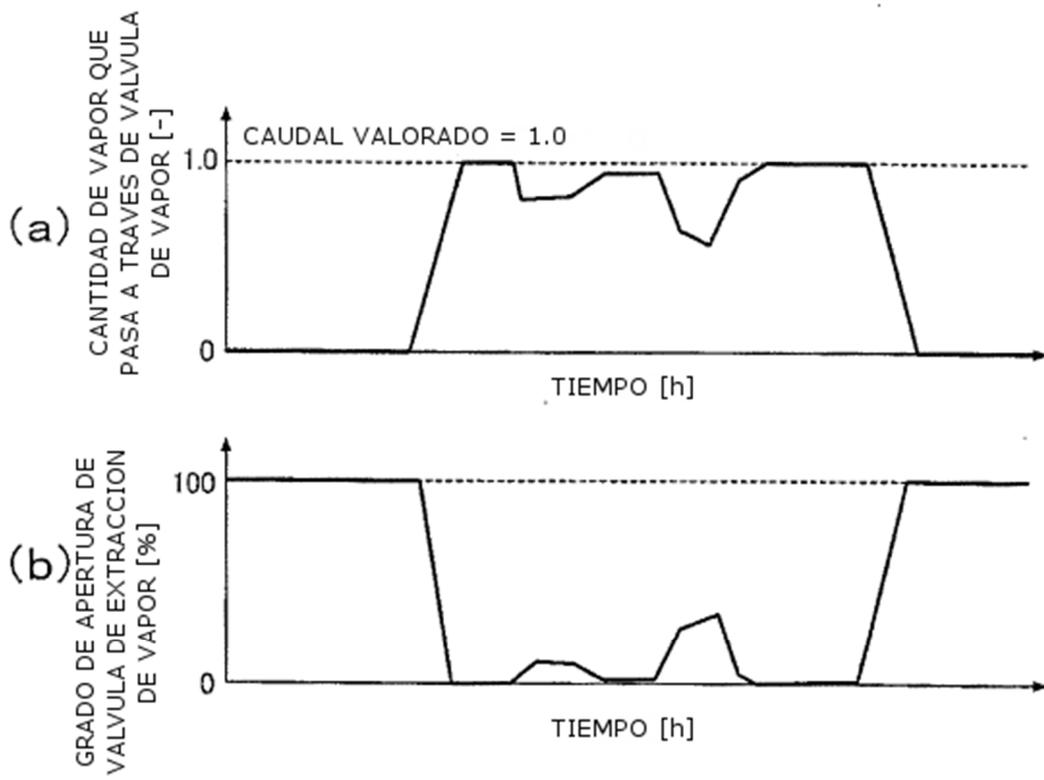


FIG. 1 1

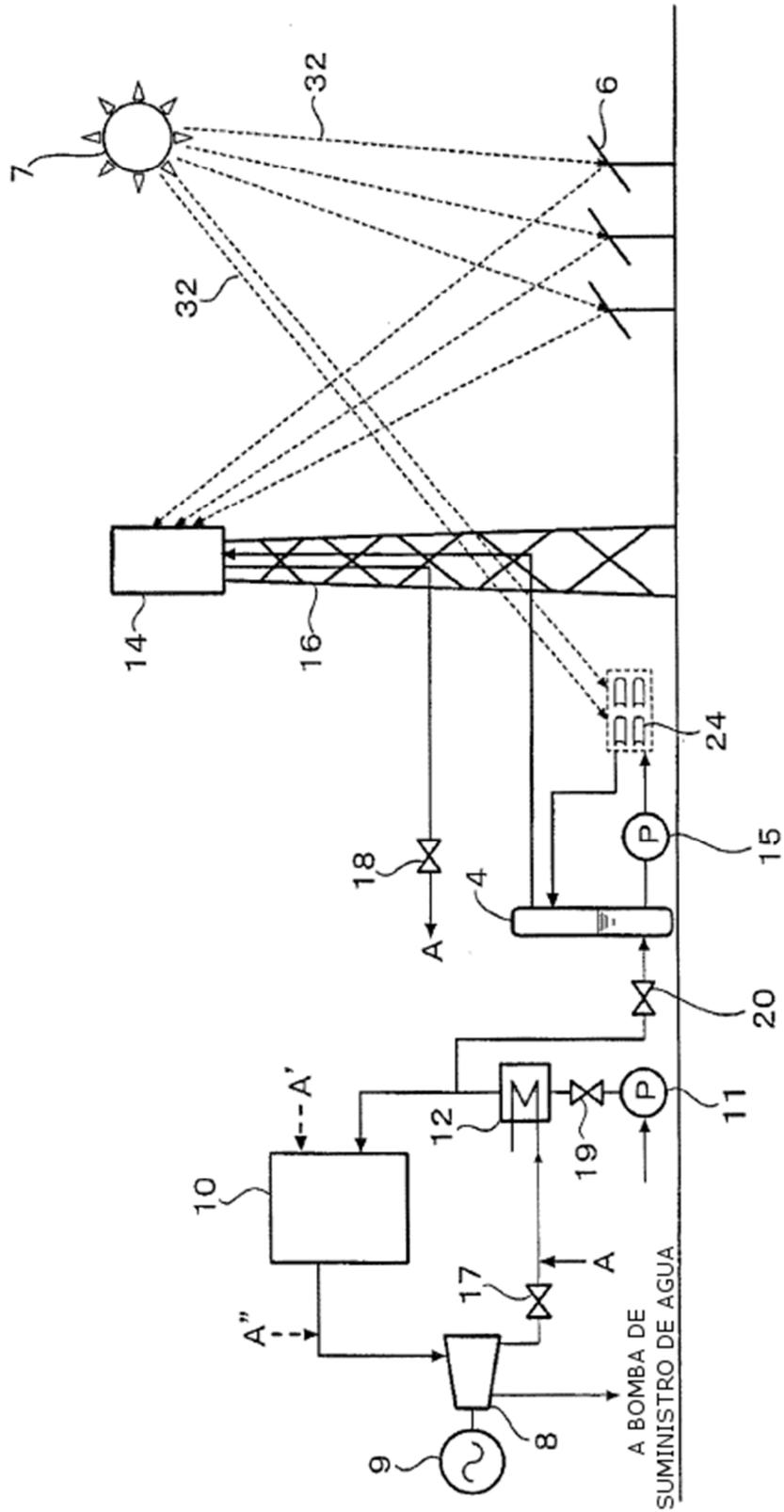


FIG. 12

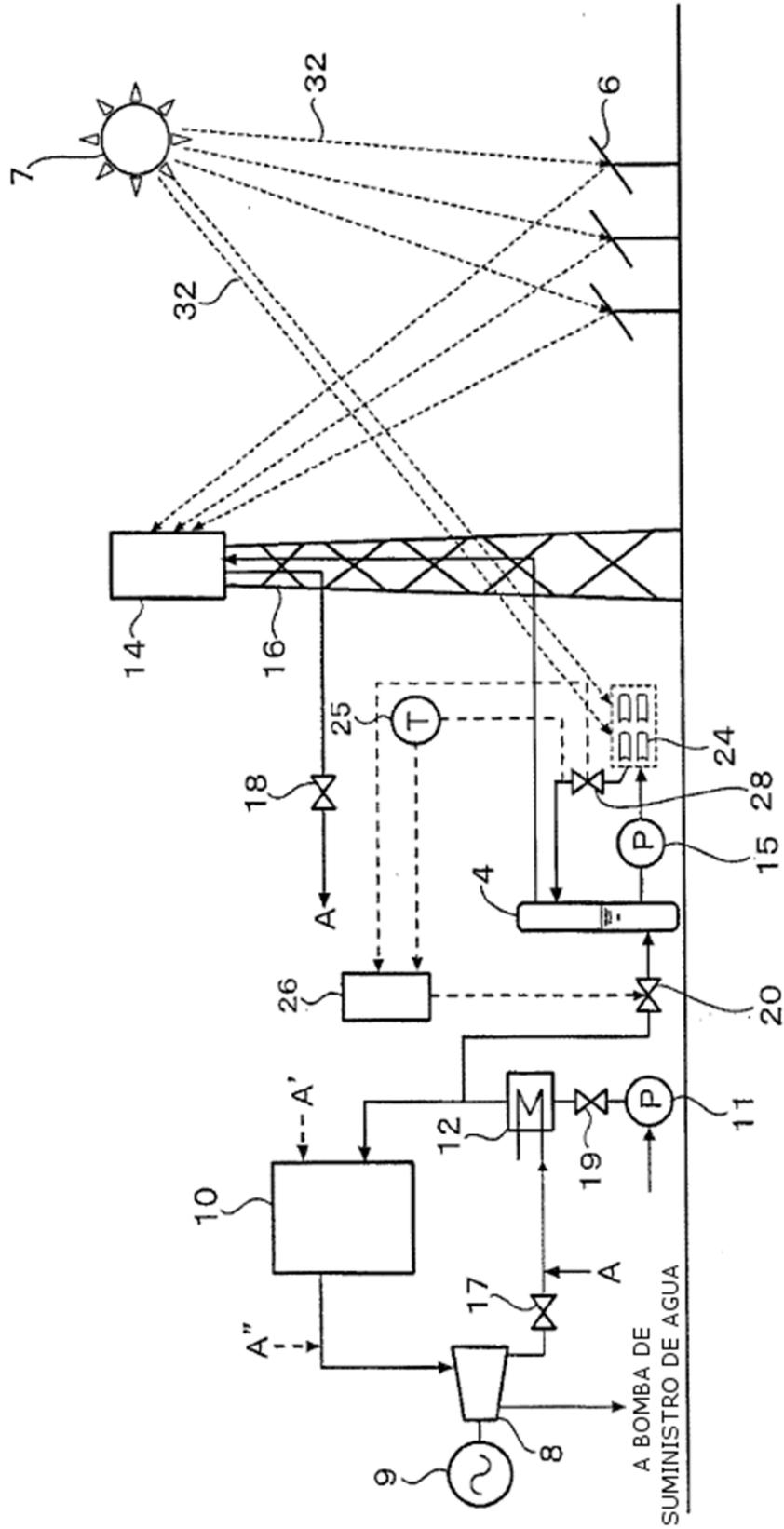


FIG. 13

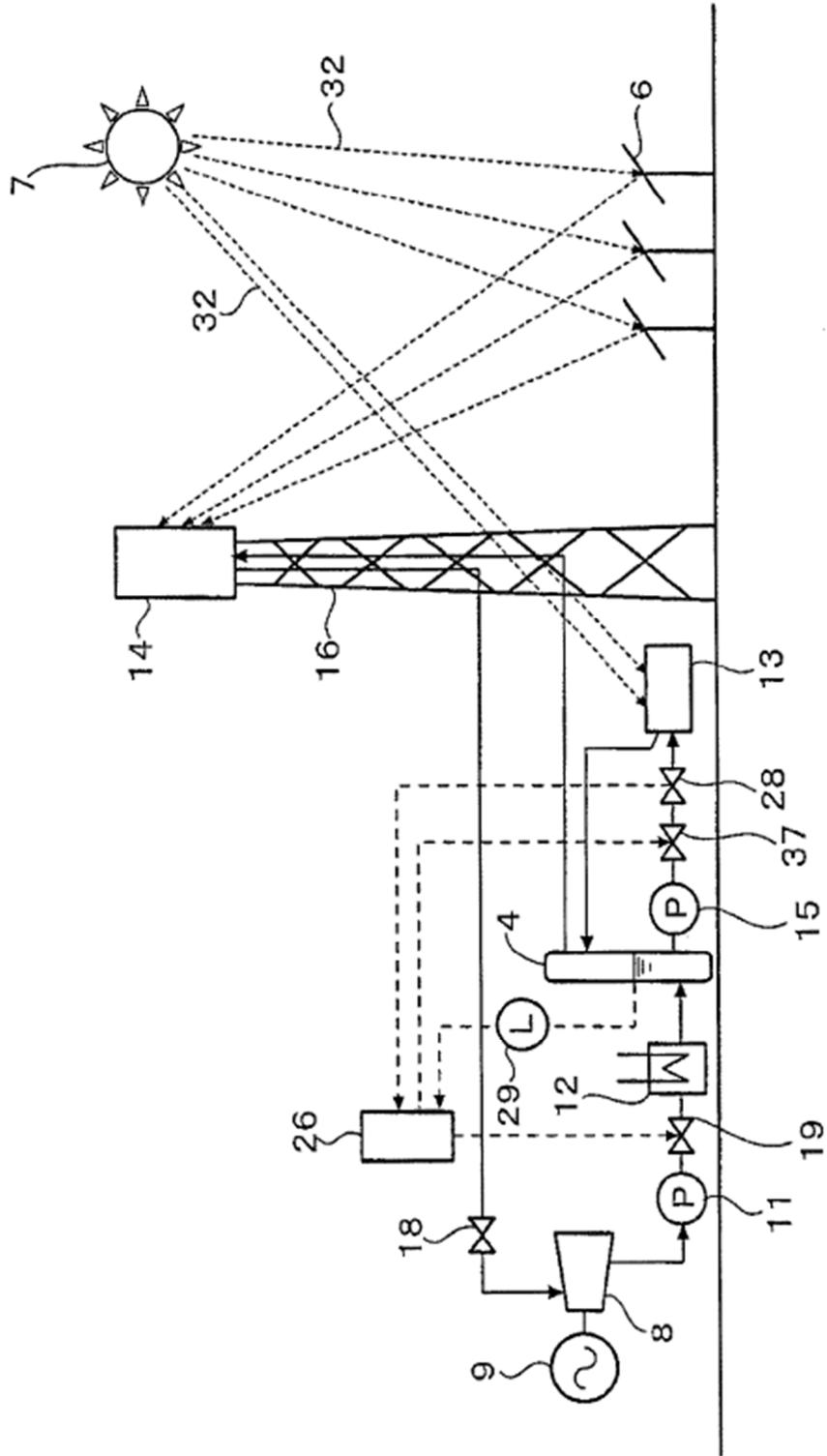


FIG.1 4

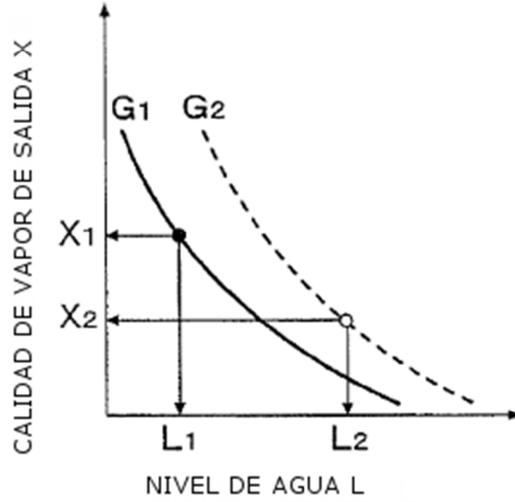


FIG.1 5

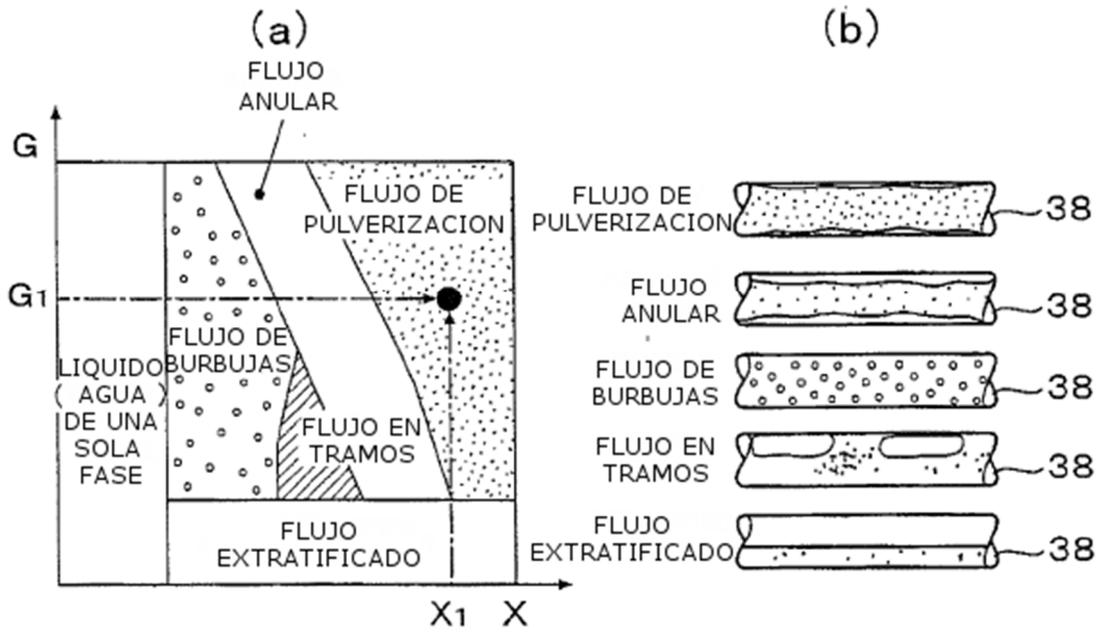


FIG.17

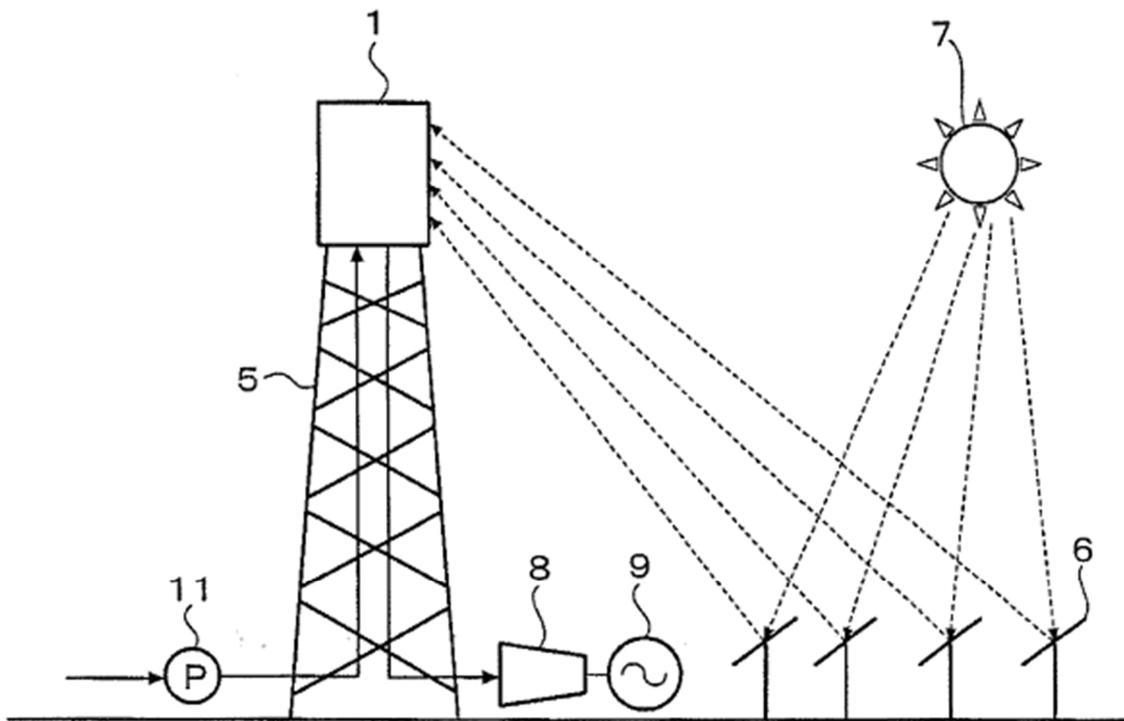


FIG.18

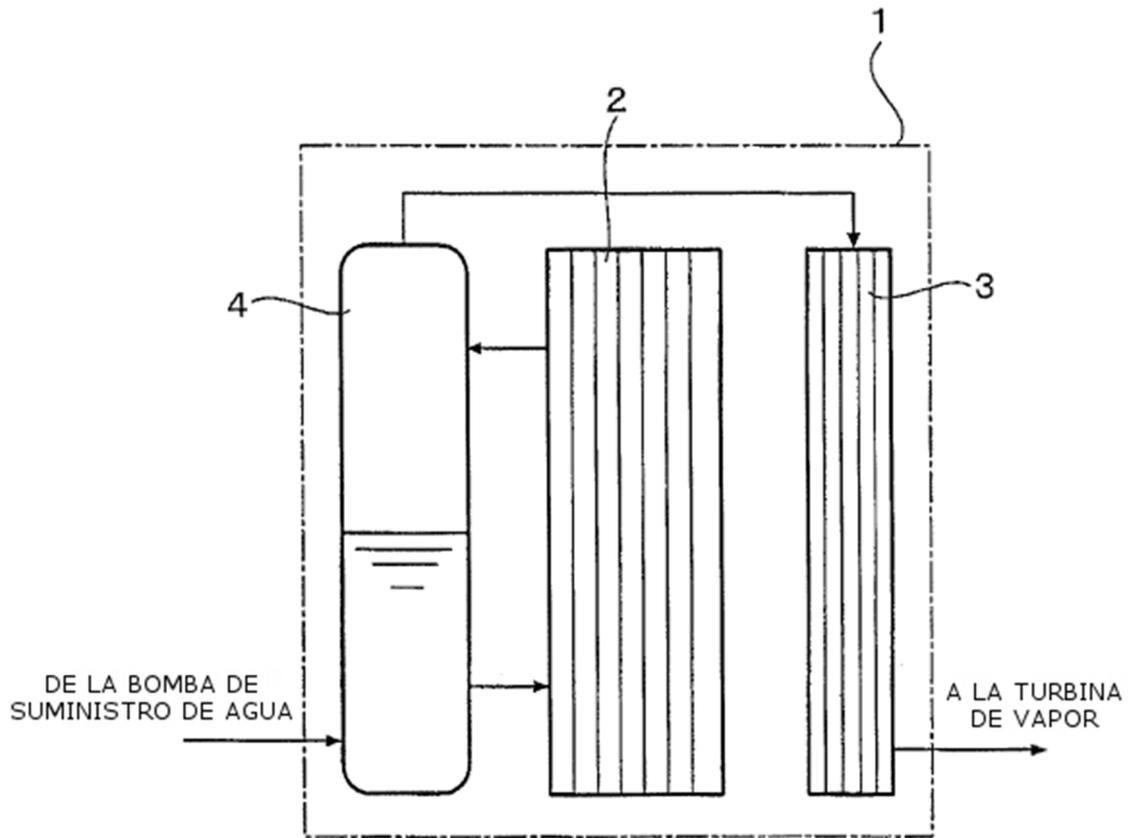


FIG. 19

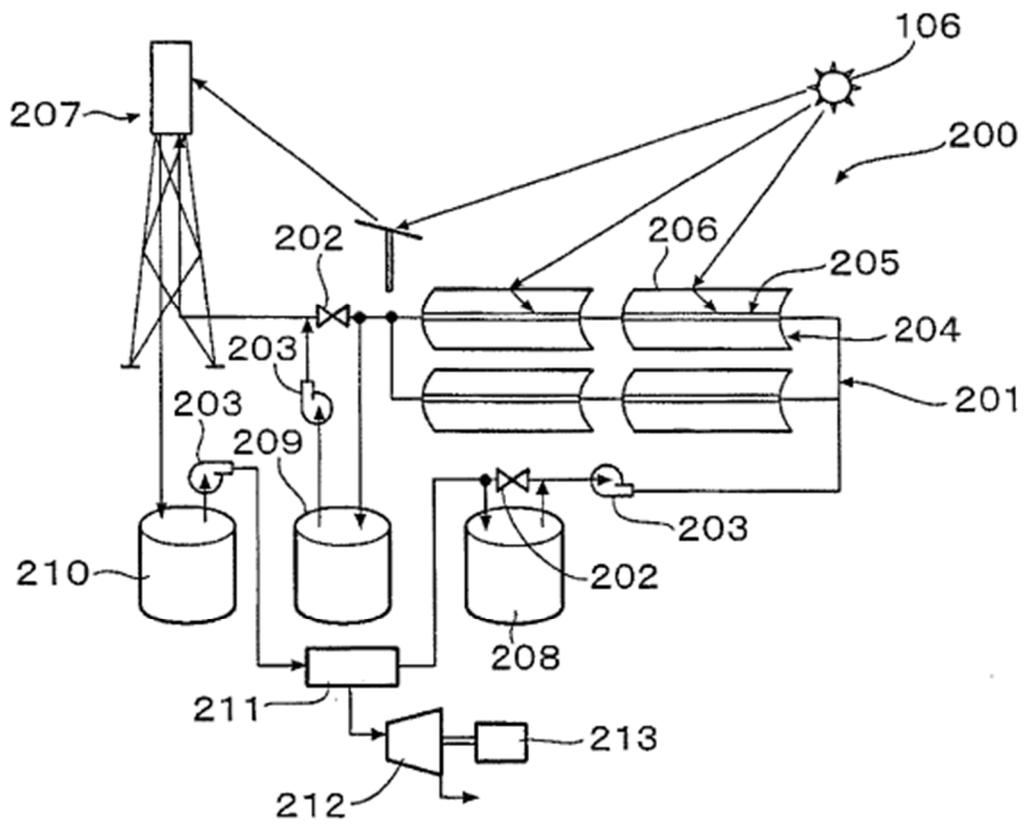


FIG.20

