

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 820 702**

51 Int. Cl.:

H01L 31/054 (2014.01)

H02S 40/42 (2014.01)

H02S 40/22 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.06.2014** **PCT/KR2014/005570**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.12.2014** **WO14208976**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.06.2014** **E 14818696 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2020** **EP 3029394**

54 Título: **Dispositivo fotovoltaico de generación de energía con viga óptica uniforme condensada por espejos de plano y enfriamiento por contacto directo**

30 Prioridad:

25.06.2013 KR 20130073282

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

22.04.2021

73 Titular/es:

KIM, MIE-AE (100.0%)
101-804 Songgang Cheongsol Apt., 61 Songgang-ro 42 beon gil, Yuseong-gu
Daejeon 305-752, KR

72 Inventor/es:

CHUN, DAE-SIK

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 820 702 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

Dispositivo fotovoltaico de generación de energía con viga óptica uniforme condensada por espejos de plano y enfriamiento por contacto directo

[Campo Técnico]

La presente invención se refiere en general a un dispositivo y método para la generación de energía fotovoltaica que están disponibles comercialmente. Más particularmente, esta invención se refiere a la tecnología de generación de energía fotovoltaica que combina condensación de luz, seguimiento solar y enfriamiento de paneles fotovoltaicos para reducir el costo de la generación de energía fotovoltaica y hace posible competir con la generación de energía existente, como la generación de energía térmica o la generación de energía nuclear sin depender de subsidios.

[Fondo de Arte]

Ha pasado más de un siglo desde que Einstein descubrió el efecto fotoeléctrico, y medio siglo desde que se utilizó una célula solar desarrollada por la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) de los Estados Unidos en satélites artificiales. Sin embargo, los proyectos de generación de energía que se sabe que se basan en la célula solar durante algunas décadas aún no han tenido éxito como proyectos rentables autosuficientes. La razón principal es el alto precio de un panel fotovoltaico. En abril de 2013 se informó que el panel fotovoltaico se puede suministrar a un precio de aproximadamente \$ 1 por vatio (W). En el caso de Corea, se informa que el precio de suministro de energía eléctrica es de aproximadamente \$ 0.10 / KWh. El precio de compra del panel fotovoltaico requerido para una planta de generación de energía fotovoltaica de clase 1 MW y una capacidad anual de producción de electricidad (venta de energía eléctrica) se comparan de la siguiente manera (en el caso de Corea, se informa que se puede realizar una generación de energía fotovoltaica promedio usando luz solar de 1 KW / m² durante aproximadamente 3.5 horas por día en promedio cuando se anualiza).

Precio del panel fotovoltaico de clase 1 MW: \$ 1,000,000 (1 \$ / vatio)

Capacidad de producción anual de electricidad de un panel fotovoltaico de clase 1 MW (precio de la energía eléctrica producida anualmente): 1 MW × 3.5 h × 365 días = 1,277.5 MWh / año (\$ 127,750 / año)

En detalle, en vista del hecho de que los ingresos obtenidos por la venta de energía eléctrica durante 7.8 años deben invertirse solo por un gasto requerido para comprar el panel fotovoltaico y otros gastos incidentales (se informa que, excluyendo un costo de terreno, un gasto invertido equivalente al precio del panel fotovoltaico), una industria de generación de energía fotovoltaica no es muy atractiva en este momento. Se informa que algunos distritos, como Italia, Hawaii, etc. en los que el precio de la energía eléctrica comercial es muy fijo y que tienen una gran cantidad de radiación solar, se acercan a la paridad de la red. La paridad de red se refiere a un punto en el tiempo en el que el precio de la energía eléctrica comercial es igual al costo de la generación de energía fotovoltaica. En el caso de Corea, el precio de suministro de la energía eléctrica es relativamente bajo y es más difícil lograr la paridad de la red.

En este punto, los gobiernos de varios países, incluida Corea, están tratando de fomentar la industria de generación de energía fotovoltaica a través de una tarifa de alimentación (FIT) y un estándar de cartera renovable (RPS), pero tienen una limitación debido a una situación de carga financiera. Por lo tanto, la necesidad de asegurar la tecnología de generación de energía fotovoltaica renovable comercialmente es urgente. Esto significa directamente que se necesita tecnología para reducir el costo de producción de energía eléctrica en un campo de generación de energía fotovoltaica.

Es importante producir más energía eléctrica utilizando el panel fotovoltaico que tiene un área determinada. Con este fin, un intento de aumentar la eficiencia de conversión fotoeléctrica de una célula solar, un intento de suprimir un aumento de la temperatura de un módulo fotovoltaico para aumentar la eficiencia de generación de energía fotovoltaica, un intento de aumentar la producción de energía eléctrica en relación con el costo a través de la luz condensando, se está intentando producir el sustrato de la célula fotoeléctrica a un bajo costo, etc.

Las técnicas relacionadas que tienen una relación profunda con la idea técnica y el espíritu de la presente invención son las tecnologías de generación de energía fotoeléctrica a las que se aplican la condensación y el enfriamiento de la luz.

Las Figs. 1a a 1d son vistas representativas de las técnicas convencionales de patentes publicadas en relación con la tecnología de generación de energía fotovoltaica que utiliza condensación de luz. Las opiniones representativas de las técnicas de patentes convencionales, JP 2009-545186A (Fig. 1a), JP 2003-536244A (Fig. 1b), JP 2009-533841A (Fig. 1c) y JP 2009-545877A (Fig. 1d), son presentado a su vez. Las técnicas de las Figs. 1a, 1b y 1c usan lentes o espejos esféricos y, por lo tanto, todavía incluyen problemas de las técnicas relacionadas que se describirán a

continuación (consulte la parte "1. Condensación de luz con espejos planos" de la sección "Solución técnica" que se describe a continuación). La técnica de la figura 1d está relacionada con el contenido de la presente invención en que los espejos planos se usan para la condensación de luz. Sin embargo, en la estructura ilustrada en la figura 1d, es difícil lograr un alto nivel de condensación de luz que persigue la presente invención.

La figura 1e es una vista adjunta para describir los problemas de las técnicas relacionadas que se señalan en la porción "1. Condensación de luz usando espejos planos" de la sección "Solución técnica" que se describe a continuación. La técnica relacionada que usa una lente curva, una lente Fresnel o un espejo curvo tiene el problema de que un haz condensado tiene una intensidad no uniforme en una dirección radial, y no coincide con un panel fotovoltaico rectangular porque tiene una forma circular.

Además, la técnica de condensación de la Fig. 1b está destinada a utilizar una célula solar en tándem que tiene una alta eficiencia de conversión fotoeléctrica, es costosa y tiene un área pequeña. Por esta razón, la técnica de condensación convencional no es adecuada para condensar la luz solar en un panel fotovoltaico de un área grande con intensidad uniforme.

Las técnicas relacionadas asociadas con la refrigeración incluyen un método de refrigeración por aire basado en un disipador de calor, un método de refrigeración por agua en el que una superficie posterior de un módulo fotovoltaico está en contacto con un disipador de calor en el que se contiene o circula un refrigerante, y así en. Sin embargo, solo la superficie posterior de un panel fotovoltaico se enfría principalmente para no alterar la incidencia de la luz solar, y el refrigerante no está en contacto directo con una superficie externa del panel fotovoltaico. Por lo tanto, la eficiencia de enfriamiento es en gran medida inadecuada.

Los documentos US 2012/118351 A1, US 4 395 581 A, US 6 225 551 B1 y US 2008/041441 A1 son relevantes de la técnica anterior.

[Divulgación]

[Problema Técnico]

Por consiguiente, un objeto de la presente invención es reducir el costo de la generación de energía fotovoltaica para permitir que un proyecto de generación de energía fotovoltaica se realice comercialmente sin una política de apoyo de los sectores públicos. En otras palabras, el objeto de la presente invención es proporcionar un método y un dispositivo capaces de producir mucha energía eléctrica a partir de un panel fotovoltaico con un área fija.

[Solución Técnica]

Para lograr el objeto anterior, una realización ejemplar de la presente invención proporciona un dispositivo para la generación de energía fotovoltaica como se define en la reivindicación 1.

Otras realizaciones de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

[Descripción de los dibujos]

Las figuras 1a a 1d son vistas representativas de patentes anteriores asociadas con la generación de energía fotovoltaica mediante condensación de luz.

La figura 1e es una vista para describir problemas de una técnica de condensación convencional que usa una lente o un espejo curvo.

La figura 2 es una vista para describir un método de condensación que utiliza espejos planos y un mecanismo de rotación según la presente invención.

La figura 3 es una vista para describir tanto un método de enfriamiento usando una carcasa como el método de condensación de luz usando espejos planos de acuerdo con la presente invención (vista representativa de la presente invención).

Las figuras 4 y 5 son vistas para describir un proceso de cálculo de las capacidades de condensación de luz de los espejos planos y una relación entre las magnitudes de las capacidades de condensación de luz.

La figura 6 es una vista para describir el proceso de cálculo de las capacidades de condensación de la luz en el supuesto de que 24 espejos planos de la figura 2 están dispuestos y tienen simetría x-y.

La figura 7 es una vista para describir en detalle una carcasa de refrigeración de la presente invención.

La figura 8 es una vista para presentar un marco diferente al de la realización de la figura 2 y describir el centro (Q) de gravedad del marco.

La figura 9 es una vista para presentar un panel complementario.

Las figuras 10a, 10b y 10c son vistas para describir el cálculo de una distancia de paso de la capa atmosférica y la atenuación de la intensidad de la luz solar de acuerdo con un cambio en la altitud del sol.

La figura 10d es un gráfico que ilustra los resultados del cálculo de un cambio en la capacidad de condensación de luz de acuerdo con un cambio en la distancia entre el panel fotovoltaico y una estructura en la que están dispuestos los espejos planos.

Las figuras 11a y 11b son vistas para describir una capacidad de descarga de valor calorífico de un módulo fotovoltaico sumergido en refrigerante.

[Modo para la invención]

La presente invención proporciona un método y dispositivo al cual se aplica la condensación de luz basada en un espejo plano, el seguimiento del sol para la condensación de luz y el enfriamiento del calor causado por la condensación de luz para producir la máxima potencia eléctrica de un panel fotovoltaico que tiene misma clase, y una realización ejemplar de la misma se describirá en detalle con referencia a los dibujos adjuntos. La figura 2 es una vista presentada para poder comprender intuitivamente la condensación de luz uniforme basada en espejos planos y un método de seguimiento solar para la condensación de luz, y la figura 3 ilustra un método de enfriamiento de calor causado por la condensación de luz.

Una descripción hecha con referencia a la Fig. 2 es la siguiente.

Un panel fotovoltaico está dispuesto con una superficie receptora de luz del mismo contra el sol en una dirección perpendicular a una dirección incidente de la luz solar. Es decir, cuando una dirección de desplazamiento de la luz solar se define como el eje + z, una superficie de recepción normal a la luz del panel fotovoltaico es una dirección del eje + z. Aquí, debe tenerse en cuenta que, para la conveniencia del cálculo, es mejor y eficiente disponer el panel fotovoltaico de tal manera que, cuando un vector unitario en la dirección de desplazamiento de la luz solar sea (0, 0, 1), un vector unitario en una dirección normal a la superficie receptora de luz es (0, 0, 1). Sin embargo, para evitar un intento de evitar el alcance de las reivindicaciones de la presente invención, el vector unitario en la dirección normal a la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico no está limitado a (0, 0, 1) como se describió anteriormente.

Se fijan una pluralidad de espejos planos con una superficie reflectante que mira al sol en ángulos inclinados adecuadamente en las direcciones de los ejes xey, y reflejan la luz solar incidente al panel fotovoltaico como luz reflejada que tiene una intensidad uniforme. Los espejos planos están configurados para que sean diferentes en tamaño y dirección de acuerdo con una posición, pero deben configurarse de tal manera que la luz reflejada de los mismos cubra completamente la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico.

Se hará una descripción adicional para dar motivos para definir las reivindicaciones de la presente invención. Un aspecto importante de la presente invención es que el panel fotovoltaico está dispuesto con su superficie receptora de luz contra el sol. Esto puede expresarse de la siguiente manera: cuando el vector unitario en la dirección de desplazamiento de la luz solar es (0, 0, 1), un componente z-axial del vector unitario en una dirección normal a la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico es positivo. Si no es así (es decir, si el componente z-axial del vector unitario en una dirección normal a la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico es negativo o cero, esto significa que la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico mira hacia el sol o es paralela con la dirección de desplazamiento de la luz solar), es muy difícil elevar la condensación de luz de una intensidad de luz uniforme usando los espejos planos a un nivel alto. Esto puede entenderse fácilmente usando geometría plana, por lo que se omitirá su descripción detallada.

Con el uso de la técnica de condensación de la presente invención, es posible proyectar fácilmente la luz solar condensada a un alto nivel uniforme sobre el panel fotovoltaico que tiene un área grande. Se puede ajustar fácilmente un grado de condensación de la luz cambiando la cantidad de espejos planos. El grado de condensación de la luz (intensidad de la luz incidente) se puede cambiar utilizando, por ejemplo, un método para instalar suficientemente el número de espejos planos en preparación para la temporada de invierno (o en la mañana y en la noche) y cubrir algunos de los planos espejos con un objeto opaco o que cambian de dirección cuando la intensidad de la luz solar es demasiado alta en la temporada de verano (o al mediodía). Para este fin, puede proporcionarse un medio separado capaz de cambiar el número de espejos planos utilizados en la condensación de luz.

Un marco fija el panel fotovoltaico y la pluralidad de espejos planos de manera que se mantiene una relación predeterminada con respecto a la dirección de desplazamiento de la luz solar. El marco también está conectado a un mecanismo de rotación que gira en direcciones de dos ejes de un eje horizontal y vertical.

El mecanismo de rotación gira el marco en las direcciones de dos ejes de un eje horizontal y vertical de acuerdo con un cambio en la posición del sol. De este modo, se mantiene una relación predeterminada entre la condensación de luz del panel fotovoltaico y los espejos planos fijados al marco.

Una estructura de soporte soporta los pesos de los miembros constituyentes (el marco, el mecanismo de rotación, el panel fotovoltaico y los espejos planos), y principalmente está fijado al suelo, pero también puede estar diseñado para ser móvil.

5 Se describirá una realización de un método de enfriamiento con referencia a la Fig. 3.

10 Cuando se usan 24 espejos planos como en la realización de la Fig. 2, la intensidad de la luz solar incidente sobre el panel fotovoltaico puede aumentarse 20 veces más que la de un caso típico. Esta fuerte luz incidente eleva rápidamente la temperatura del panel fotovoltaico. En particular, las células solares de silicio cristalino pierden su función a altas temperaturas. Por lo tanto, en el caso de al menos las células solares de silicio cristalino, inevitablemente se requiere enfriamiento.

15 Como se ilustra en la Fig. 3, el método más efectivo es disponer el panel fotovoltaico en una carcasa que tenga una ventana transparente capaz de transmitir la luz solar y llenar el espacio restante dentro de la carcasa con un refrigerante (típicamente, agua). Es más efectivo forzar que el refrigerante fluya dentro / fuera de la carcasa.

20 Se puede considerar que se proporciona un circulador (Figs. 7 y 9) de modo que el refrigerante circule en la carcasa incluso cuando el refrigerante no fluye dentro / fuera de la carcasa. Incluso si no existe el tipo de entrada / salida y circulación forzada del refrigerante, cuando la masa del refrigerante es suficiente, al menos la superficie externa del panel fotovoltaico puede enfriarse dentro del rango de temperatura fija por convección térmica del refrigerante sí mismo.

Se describirá con mayor detalle una relación predeterminada entre el panel fotovoltaico y los espejos planos, un tamaño y una intensidad de luz reflejada con referencia a las Figs. 4, 5 y 6.

25 En la Fig. 4, se supone que la dirección de desplazamiento de la luz solar es la dirección del eje + z. Se supone que la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico se dirige en la dirección del eje + z (es decir, la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico está respaldada por el sol), y un centro P de la superficie receptora de luz está ubicado en un punto (0, 0, 0).

30 Cuando una superficie reflectante del espejo plano se dirige en la dirección del eje + z, un centro M de la superficie reflectante se ubica en un punto (0, d, l) y se forma un ángulo entre un segmento de línea PM y el eje z es 2θ , si la luz reflejada causada por el espejo plano cubre todo el panel fotovoltaico, el espejo plano debe girar alrededor de una línea recta ($y = d, z = l$) paralela al eje x en θ y ser inclinado. En lo sucesivo, esta rotación se denomina " θ_y " independientemente de la dirección de un eje central de la rotación. Del mismo modo, un ángulo del espejo plano que debe inclinarse según la separación axial x entre el centro de la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico y el centro de la superficie reflectante del espejo plano se denomina " θ_x ".

35 Organizando las relaciones en este momento, se forman relaciones de $\tan 2\theta = d / l$, $\cos \theta = m / p$, y $\cos \theta = b / m$ (donde p es el ancho axial y del panel fotovoltaico, m es el ancho axial y del espejo plano, y b es el ancho axial y de la luz solar reflejado por el espejo plano y que incide sobre el panel fotovoltaico).

40 Por lo tanto, para cubrir completamente el panel fotovoltaico en el que un lado del mismo tiene una longitud p con la luz reflejada, una longitud del lado correspondiente del espejo plano tiene un valor mínimo de $m = p \times \cos \theta$. En ese momento, un ancho del lado correspondiente de la luz solar incidente es $b = p \times \cos^2 \theta$.

45 Las relaciones anteriores se aplican igualmente al espejo plano separado en la dirección del eje x.

50 Por lo tanto, en el caso de la luz reflejada del espejo plano inclinado por θ_x en la dirección del eje x y θ_y en la dirección del eje y, la luz solar incide sobre un área de $b_x \times b_y = p_x \times \cos^2 \theta_x \times p_y \times \cos^2 \theta_y$ se refleja uniformemente en el panel fotovoltaico que tiene un área de $p_x \times p_y$, una capacidad de condensación de luz (g) del espejo plano inclinado por (θ_x, θ_y) se da de la siguiente manera.

Capacidad de condensación de luz (g) de un espejo plano inclinado por (θ_x, θ_y) : $\cos^2 \theta_x \times \cos^2 \theta_y$

La capacidad de condensación de la luz se describirá a continuación a modo de otro ejemplo incorporado.

55 Cuando el centro M de la superficie reflectante de cierto espejo plano está ubicado en un punto (d_x, d_y, l), y el centro P de la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico está ubicado en el punto (0, 0, 0), el ángulo formado entre el segmento de línea PM y el eje z es $2\theta_y$ cuando se ve en el plano yz, y $2\theta_x$ cuando se ve en el plano xz. Las siguientes relaciones se forman entre ellos.

60 $\tan 2\theta_y = d_y / l$, $\cos \theta_y = m_y / p_y$ y $\cos \theta_y = b_y / m_y$
 $\tan 2\theta_x = d_x / l$, $\cos \theta_x = m_x / p_x$ y $\cos \theta_x = b_x / m_x$

En las relaciones numéricas anteriores, cuando el tamaño (ancho $\times$ largo) del panel fotovoltaico es $p_x \times p_y$, el tamaño mínimo necesario (ancho $\times$ largo) del espejo plano es $m_x \times m_y = p_x \times \cos \theta_x \times p_y \times \cos \theta_y$. Aquí, la luz solar reflejada por el espejo plano y que incide uniformemente sobre el panel fotovoltaico significa que una cantidad de luz incidente sobre el plano rectangular $b_x \times b_y = p_x \times \cos^2 \theta_x \times p_y \times \cos^2 \theta_y$ perpendicular a la dirección de desplazamiento original de la luz solar antes de la reflexión se proyecta uniformemente en el área $p_x \times p_y$ del panel fotovoltaico.

Por lo tanto, la capacidad de condensación de luz del espejo plano inclinado por (θ_x, θ_y) de esta manera es $\cos^2 \theta_x \times \cos^2 \theta_y$.

Veamos cuánto condensan los 24 espejos planos de la Fig. 2 la cantidad de luz solar con referencia a las Figs. 5 y 6. Para la conveniencia del cálculo, se supone que $p_x = p_y = p$, es decir, el panel fotovoltaico tiene una forma cuadrada, y los espejos planos están dispuestos simétricamente en el plano x-y. Luego, como en la Fig. 6, los 24 espejos planos tendrán cinco capacidades de condensación de luz de G1 a G5.

En la Fig. 5, cuando las condiciones de configuración son $d1 = 1.2p$, $d2 = 2.4p$ y $L = 3p, 5p$ y $0.5p$, cada capacidad de condensación de luz se calculará de la siguiente manera.

Cuando $L = 5p$,

$$2\theta_{x1} = 2\theta_{y1} = 2\theta_1 = \arctan(d1 / L) = \arctan(1.2 / 5) = 13.50^\circ, \text{ y por lo tanto } \theta_1 = 6.75^\circ$$

$$2\theta_{x2} = 2\theta_{y2} = 2\theta_2 = \arctan(d2 / L) = \arctan(2.4 / 5) = 25.64^\circ, \text{ y por lo tanto } \theta_2 = 12.82^\circ$$

Capacidad de condensación de luz de G1: $\cos^2 \theta_1 \times 1 = 0.986 \times 1 = 0.986$ (cuatro), y por lo tanto uno de θ_{x1} y θ_{y1} es 0°

Capacidad de condensación de luz de G2: $\cos^2 \theta_2 \times 1 = 0.951 \times 1 = 0.951$ (cuatro), y por lo tanto uno de θ_{x2} y θ_{y2} es 0°

Capacidad de condensación de luz de G3: $\cos^2 \theta_1 \times \cos^2 \theta_1 = 0.986 \times 0.986 = 0.972$ (cuatro)

Capacidad de condensación de luz de G4: $\cos^2 \theta_1 \times \cos^2 \theta_2 = 0.986 \times 0.951 = 0.938$ (ocho)

Capacidad de condensación de luz de G5: $\cos^2 \theta_2 \times \cos^2 \theta_2 = 0.951 \times 0.951 = 0.904$ (cuatro)

Cuando $L = 5p$, los 24 espejos planos condensan la luz incidente 22.756 veces (bajo la condición de la matriz simétrica).

<45> Cuando $L = 3p$,

$$2\theta_{x1} = 2\theta_{y1} = 2\theta_1 = \arctan(d1 / L) = \arctan(1.2 / 3) = 21.80^\circ, \text{ y por lo tanto } \theta_1 = 10.90^\circ$$

$$2\theta_{x2} = 2\theta_{y2} = 2\theta_2 = \arctan(d2 / L) = \arctan(2.4 / 3) = 38.66^\circ, \text{ y por lo tanto } \theta_2 = 19.33^\circ$$

Capacidad de condensación de luz de G1: $\cos^2 \theta_1 \times 1 = 0.9641 \times 1 = 0.964$ (cuatro), y por lo tanto uno de θ_{x1} y θ_{y1} es 0°

Capacidad de condensación de luz de G2: $\cos^2 \theta_2 \times 1 = 0.8901 \times 1 = 0.890$ (cuatro), y por lo tanto uno de θ_{x2} y θ_{y2} es 0°

Capacidad de condensación de luz de G3: $\cos^2 \theta_1 \times \cos^2 \theta_1 = 0.964 \times 0.964 = 0.929$ (cuatro)

Capacidad de condensación de luz de G4: $\cos^2 \theta_1 \times \cos^2 \theta_2 = 0.964 \times 0.890 = 0.858$ (ocho)

Capacidad de condensación de luz de G5: $\cos^2 \theta_2 \times \cos^2 \theta_2 = 0.890 \times 0.890 = 0.792$ (cuatro)

Cuando $L = 3p$, los 24 espejos planos condensan la luz incidente en 21.164 veces (bajo la condición de la matriz simétrica).

Cuando $L = 0.5p$,

$$2\theta_{x1} = 2\theta_{y1} = 2\theta_1 = \arctan(d1 / L) = \arctan(1.2 / 0.5) = 67.38^\circ, \text{ y por lo tanto } \theta_1 = 33.69^\circ$$

$$2\theta_{x2} = 2\theta_{y2} = 2\theta_2 = \arctan(d2 / L) = \arctan(2.4 / 0.5) = 78.23^\circ, \text{ y por lo tanto } \theta_2 = 39.12^\circ$$

Capacidad de condensación de luz de G1: $\cos^2 \theta_1 \times 1 = 0.6921 \times 1 = 0.692$ (cuatro), y por lo tanto uno de θ_{x1} y θ_{y1} es 0°

Capacidad de condensación de luz de G2: $\cos^2 \theta_2 \times 1 = 0.6021 \times 1 = 0.602$ (cuatro), y por lo tanto uno de θ_{x2} y θ_{y2} es 0°

Capacidad de condensación de luz de G3: $\cos^2 \theta_1 \times \cos^2 \theta_1 = 0.692 \times 0.692 = 0.479$ (cuatro)

Capacidad de condensación de luz de G4: $\cos^2 \theta_1 \times \cos^2 \theta_2 = 0.692 \times 0.602 = 0.417$ (ocho)

Capacidad de condensación de luz de G5: $\cos^2 \theta_2 \times \cos^2 \theta_2 = 0.602 \times 0.602 = 0.362$ (cuatro)

Cuando $L = 0.5p$, los 24 espejos planos condensan la luz incidente en 11.876 veces (bajo la condición de la matriz simétrica).

Es decir, se puede encontrar que, a pesar del hecho de que una distancia L entre el panel fotovoltaico y el plano del marco en el que están dispuestos los espejos planos está a una distancia cercana de $0.5p$, los 24 espejos planos de la Fig. 2 condensan la luz solar al menos 10 veces.

Esto es como sigue en principio. No importa cuán pequeño sea L , con la condición de que todas las superficies reflectantes de los espejos planos estén ubicadas en el lado derecho ($z > 0$) del plano que es $z = 0$ (es decir, el plano en el que la superficie receptora de luz del el panel fotovoltaico se estira infinitamente, es decir, el plano xy), θ_1 y θ_2 son menores de 45° . Por lo tanto, las capacidades de condensación de luz de G1 a G5 bajo la condición de la matriz de los 24 espejos planos y la matriz simétrica xy en la figura 6 son mayores que 0.5 (cuatro), 0.5 (cuatro), 0.25 (cuatro), 0.25 (ocho) y 0.25 (cuatro) respectivamente, y la capacidad total de condensación de luz es mayor que 8, siempre que la analogía sea posible bajo el supuesto de que los espejos planos pueden estar dispuestos para no perturbar mutuamente las rutas de la luz incidente y Luz reflejada. Si una magnitud de L es demasiado pequeña, es difícil colocar los espejos planos de manera que no se ubique ningún obstáculo en las trayectorias ópticas.

Sustituyamos el caso de $L = 0.25p$. Cuando $L = 0.25p$ y las otras condiciones (magnitudes de $d1$ y $d2$) son las mismas que en los ejemplos anteriores, $\theta_1 = 39.16^\circ$, $\theta_2 = 42.03^\circ$, las capacidades de condensación de luz de G1 a G5 son 0.601, 0.552, 0.361, 0.332, y 0.305 respectivamente, y la capacidad total de condensación de luz de los 24 espejos planos se convierte en 9.932.

Cuando L tiene una magnitud infinita (tanto θ_1 como θ_2 convergen en 0°), todas las capacidades de condensación de luz de G1 a G5 se convierten en 1, y la capacidad de condensación de luz total causada por los 24 espejos planos de las Figs. 2 y 6 se convierten en 24.

Sin embargo, es muy ineficiente configurar L en gran medida para aumentar la capacidad total de condensación de luz. Esto se debe a que, cuando la magnitud de L excede $5p$ (donde $5p$ es aproximadamente similar a una longitud y un ancho de una estructura reflectora que constituyen los 24 espejos planos de la figura 2), un volumen (estrictamente hablando, una longitud z -axial) de una estructura del sistema de generación de energía fotovoltaica aumenta, mientras que la capacidad total de condensación de luz no aumenta particularmente. Es más fácil y más efectivo reducir la distancia L hasta un plano formado por los centros de las superficies reflectantes de los espejos planos lo más pequeño posible y aumentar el número de espejos planos a cambio. (Aquí, los centros de las superficies reflectantes de los espejos planos pueden considerarse aproximadamente presentes en el mismo plano. Sin embargo, esto no significa que las superficies reflectantes de los espejos planos deben estar estrictamente presentes en el mismo plano).

El número de espejos planos puede aumentarse fácilmente mediante la disposición adicional de otros 24 espejos planos alrededor de los espejos planos de la figura 2. Es decir, en la figura 2, los espejos planos rodean los espejos planos por duplicado ($8 + 16$). Si es necesario, se pueden disponer 24 espejos planos nuevos a lo largo de una tercera línea circunferencial.

Además, todos los espejos planos siempre proyectan luz reflejada uniforme a la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico, y por lo tanto, la luz solar uniformemente condensada siempre se proyecta a la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico independientemente de un número y posiciones dispuestas del Espejos planos que se utilizan.

En las condiciones anteriores (el panel fotovoltaico cuadrado ($p \times p$), $d1 = 1.2p$, y $d2 = 2.4p$), cuando $L = ap$ y $0.1 \leq a \leq 10$, la capacidad de condensación de luz de los 24 espejos planos de la Fig. 6 se calcula y se da en la Tabla 1 a continuación y un gráfico de la Fig. 10d.

Aquí, ya se ha descrito que existen las siguientes relaciones:

$G1 = \cos^2\theta_1$, $G2 = \cos^2\theta_2$, $G3 = \cos^4\theta_1$, $G4 = \cos^2\theta_1 \times \cos^2\theta_2$, y $G5 = \cos^4\theta_2$, y

$2\theta_1 = \arctan(d1 / L)$ y $2\theta_2 = \arctan(d2 / L)$

<Tabla 1>

α	θ_1 (radián)	θ_2 (radián)	Capacidad de condensación de la luz = $4(G1+G2+G3+G5)+8G4$
0.1	0.743827547	0.764576874	8.763600258
0.2	0.702823825	0.743827547	9.545895567
0.3	0.662908832	0.723220666	10.33379599
0.4	0.624522886	0.702823825	11.1147626
0.5	0.588002604	0.682700469	11.87783205
0.6	0.553574359	0.662908832	12.61424931
0.7	0.521360939	0.643501109	13.31767994
0.8	0.491396862	0.624522886	13.98408329
0.9	0.463647609	0.606012828	14.61137645
1	0.438029025	0.588002604	15.1990133
2	0.27020975	0.438029025	19.22910132
3	0.190253189	0.337370471	21.17793504
4	0.145728397	0.27020975	22.1872991
5	0.11777249	0.223759988	22.75500219

6	0.09869778	0.190253189	23.09884423
7	0.084889137	0.165148677	23.32036492
8	0.074444974	0.145728397	23.4704606
9	0.066275766	0.130301196	23.57643781
10	0.059714463	0.11777249	23.65384798

Cualquiera puede entender que es razonable y realista establecer α dentro de un rango entre 0.5 y 5 del gráfico de la Fig. 10d.

- 5 Ya se ha descrito que no es necesario que todas las superficies reflectantes de los espejos planos estén presentes en el mismo plano. Más bien, es mejor que las superficies reflectantes de los espejos planos estén dispuestas alternativamente en dos o más planos virtuales que están separados adecuadamente. Esto se debe a que un viento fluye suavemente hacia un espacio vacío entre los espejos planos de acuerdo con esta configuración, y los espejos planos y el marco pueden resistir mejor un viento fuerte. La razón por la que se establecen distancias suficientes tales como $d1 = 1.2p$ y $d2 = 2.4p$ entre los espejos planos en la realización anterior es para considerar que se debe reducir una influencia causada por el viento. (De hecho, una razón más importante que esto es que los espejos planos deben configurarse para que tengan un margen en un grado suficiente más que el ancho mínimo necesario para superar un error de matriz como se describirá a continuación).
- 10
- 15 Es bueno que un ancho m de un lado del espejo plano sea ligeramente mayor que la magnitud mínima requerida de $p \times \cos\theta$. Esto se debe a que la luz reflejada siempre puede cubrir completamente la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico a pesar de un error de matriz de los espejos planos, un error de matriz del panel fotovoltaico, un error de operación del mecanismo de rotación, etc.
- 20 La luz del sol que se condensa usando los espejos planos se ha descrito suficientemente aquí.
- De aquí en adelante, el método de enfriamiento se describirá con mayor detalle.
- 25 Como se describió anteriormente, con el uso de los 24 espejos planos de la Fig. 2, la luz solar se puede condensar de 8 a 24 veces según la distancia z -axial L entre el panel fotovoltaico y los espejos planos (es prácticamente razonable condensar la luz del sol de 10 a 22 veces). En este caso, particularmente en las células solares de silicio cristalino, es imposible producir normalmente la energía eléctrica sin enfriamiento debido a un aumento de la temperatura causado por la condensación de la luz.
- 30 Es un fenómeno bien conocido que la eficiencia de producción de energía aumenta cuando se enfría el panel fotovoltaico. Se informa que, incluso cuando la luz no se condensa, la temperatura de los módulos fotovoltaicos de silicio cristalino aumenta hasta 60°C a 70°C cuando hace buen tiempo a mediados del verano, la eficiencia de conversión fotoeléctrica se reduce en cierta medida (aproximadamente en un 0.5%) cuando la temperatura aumenta en unidades de 1°C , y una función se detiene cuando la temperatura es superior a 100°C . Cuando la luz solar
- 35 incidente se condensa más de 10 veces como en la realización de la presente invención, es esencial enfriar el panel fotovoltaico, y particularmente el panel fotovoltaico de silicio cristalino, y es necesario aumentar significativamente la eficiencia de enfriamiento aunque un costo es ligeramente incrementado.
- Otro aspecto de la presente invención se basa en el hecho anterior.
- 40 Se describirá una realización ejemplar del método de enfriamiento de la presente invención con referencia a la Fig. 7.
- El panel fotovoltaico se instala de forma desmontable en una carcasa sellada mediante un soporte. Se proporciona una ventana transparente que se puede quitar de la carcasa frente a la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico de modo que se pueda transmitir la luz solar reflejada por los espejos planos (la razón por la cual el panel fotovoltaico y la ventana están diseñados de manera removible es que el mantenimiento como reemplazo o reparación de piezas, la eliminación de impurezas tales como incrustaciones o precipitados, etc., es conveniente).
- 45 La carcasa está acoplada a la ventana y, por lo tanto, su interior está sellado.
- 50 La carcasa está provista de válvulas de entrada y salida para la entrada y salida de un refrigerante (por ejemplo, agua). También se pueden perforar agujeros adicionales en la carcasa para guiar dos o más cables de alimentación conectados al panel fotovoltaico y varios cables eléctricos provistos para un circulador de refrigerante, para varios sensores, como un sensor de temperatura y / o un controlador que puede ser añadido en la vivienda. Es natural que
- 55 la carcasa esté completamente sellada de manera que el refrigerante no se escape.
- La razón por la que el agua se usa como refrigerante es porque el agua es barata, se puede obtener fácilmente, está presente en cantidad, no es dañina para el medio ambiente y es uno de los materiales que tiene mayor calor específico.

Lo que significa el gran calor específico es que el efecto de inhibir un aumento de la temperatura del panel fotovoltaico es excelente (un método de enfriamiento de aire convencional es en gran medida inadecuado en la eficiencia de enfriamiento). En la realización de la presente invención, dado que el agua que actúa como refrigerante está en contacto directo con ambas superficies del panel fotovoltaico, la eficiencia de enfriamiento aumenta notablemente en comparación con el método convencional de enfriamiento de agua para enfriar solo la superficie posterior del panel fotovoltaico.

Por supuesto, se debe prestar mucha atención al aislamiento ya que el panel fotovoltaico está sumergido en agua, y se requerirá un costo adicional. Sin embargo, un nivel técnico actual puede superar suficientemente este inconveniente. Aunque se considera el costo agregado a esto, el método de enfriamiento de la presente invención tendrá un beneficio económico suficiente.

Todos los paneles fotovoltaicos, terminales y cables eléctricos están rodeados de aisladores. Particularmente, el aislante que cubre la superficie receptora de luz debe tener una excelente permeabilidad (especialmente con respecto a la luz que tiene una banda de longitud de onda que contribuye a la conversión fotoeléctrica). Los aisladores deben tener una excelente característica dieléctrica, y preferiblemente tener la mayor eficiencia de transferencia de calor posible. Los aisladores son preferiblemente lo más delgados posibles para aumentar la eficiencia de transferencia de calor, pero deben tener espesores que no deterioren la característica dieléctrica y la durabilidad.

Las superficies internas de la ventana y la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico están dispuestas lo más cerca posible. Esto está destinado a reducir la cantidad de luz solar absorbida por el refrigerante o el refrigerante). Sin embargo, evite colocar las superficies internas de la ventana y la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico tan cerca que sea difícil para el refrigerante o el refrigerante adyacente a la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico causar convección.

Se calculará un período de reemplazo del refrigerante suponiendo que el refrigerante es agua. Cuando el área de la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico es A, un área de la ventana de la carcasa debe ser mayor que A. En primer lugar, se supone que un área de la sección transversal de la carcasa, incluida la ventana, es A. Cuando un el grosor interno de la carcasa es D, un volumen del refrigerante contenido en la carcasa es AD. Un volumen ocupado por, por ejemplo, el panel fotovoltaico puede ser ignorado. Suponga que toma tiempo t para que la temperatura del refrigerante aumente de 20 ° C a 50 ° C ($\Delta T = 30K$), se forma la siguiente expresión.

$$\Delta Q = AD\rho\sigma\Delta T = g_l A t$$

La expresión anterior significa que la cantidad de energía requerida para elevar la temperatura del refrigerante en la carcasa en 30 ° C es igual a la cantidad de energía introducida por la luz reflejada incidente sobre el panel fotovoltaico.

Aquí, $\rho = 1 \text{ g / cm}^3$ (la densidad del agua), $\sigma = 4.2 \text{ J / gK}$ (el calor específico del agua), g_l indica la intensidad de la luz reflejada incidente sobre el panel fotovoltaico, y g indica el La capacidad de condensación de la luz causada por los 24 espejos planos de la Fig. 2 y su magnitud tiene un valor entre 8 y 24 (prácticamente entre 10 y 22) como se describió anteriormente. I_0 es la intensidad de la luz solar, y aplicar el mayor valor en la superficie de la Tierra de AM1 = 925 W / m² (intensidad de la luz solar que irradia del sol en el cenit en un buen día) es suficiente (la condición anterior es la peor condición en respecto al aumento de temperatura).

Organizando la expresión anterior sustituyendo los valores numéricos anteriores por la expresión anterior, se forma una relación de $t = (D / g) (1362) (\text{seg} / \text{cm}) [\text{seg}]$.

Se puede ver en la figura 10d que la peor situación práctica (desde el aspecto del aumento de temperatura) es aproximadamente cuando $g = 22$. Sustituyendo este valor, $t = (D) (61.9) (\text{seg} / \text{cm}) [\text{seg}]$.

La expresión anterior significa que, cuando el ancho interno D de la carcasa es de 10 cm, se necesitan 619 segundos (más de 10 minutos) para elevar la temperatura en 30 ° C. Cuando D está diseñado para tener 60 cm, esto significa que la temperatura del refrigerante se puede mantener dentro de un valor de ajuste máximo (50 ° C) sin reemplazar el refrigerante durante al menos una hora.

Teniendo en cuenta el peso de la carcasa, los gastos de mantenimiento, etc., un usuario puede seleccionar fácilmente si desea diseñar D para que sea pequeño y reemplazar con frecuencia el refrigerante o si diseñar D para que sea excelente y rara vez reemplaza el refrigerante. No es difícil mantener la temperatura del refrigerante en la carcasa dentro de un rango fijo muy pequeño forzando el flujo de una cantidad adecuada de refrigerante en los períodos adecuados o instalando un sensor para controlar la velocidad de circulación del refrigerante.

Se ha descrito previamente que la carcasa está provista además de las válvulas de entrada y salida para la entrada y salida del refrigerante. Además, se ha mencionado previamente que el circulador para hacer circular a la fuerza el

refrigerante en el alojamiento puede proporcionarse adicionalmente. El circulador puede implementarse mediante un ventilador giratorio o un dispositivo de chorro. El circulador es útil para evitar que la temperatura del refrigerante alrededor de la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico aumente más que la temperatura del refrigerante en las otras partes. Sin embargo, el circulador no es esencialmente necesario, y puede reemplazarse con una distribución de calor causada por la convección térmica del refrigerante.

A continuación, se calculará si el panel fotovoltaico sumergido en el refrigerante descarga un valor calorífico, que corresponde a un valor calorífico obtenido al recibir la luz solar condensada, al refrigerante. La figura 11 ilustra una estructura general del módulo fotovoltaico utilizando silicio cristalino.

Suponiendo que la conductividad térmica de un material de sellado es k_1 , un grosor del miembro de sellado hasta un panel transparente frontal es d_1 , la conductividad térmica del panel transparente frontal es k_2 y un grosor del panel transparente frontal es d_2 , La resistencia térmica del material de sellado hacia una superficie frontal es $R_1 = d_1 / k_1$, y la resistencia térmica del panel transparente frontal es $R_2 = d_2 / k_2$. Por lo tanto, la resistencia térmica total de una ruta que va desde un elemento de celda solar al refrigerante ubicado en la superficie frontal es $R = R_1 + R_2 = d_1 / k_1 + d_2 / k_2$, y se obtiene un valor calorífico transferido como $Q = A (\Delta T) t / R$ (donde ΔT es la diferencia de temperatura entre el refrigerante y una superficie del elemento de célula solar, y t es el tiempo durante el cual se descarga el valor calorífico).

Suponiendo que $d_1 = 2$ mm, $d_2 = 5$ mm, $k_1 = 1$ W / mK (resina de un tipo que tiene una conductividad térmica muy alta), $k_2 = 0.8$ W / mK (vidrio general) y $\Delta T = 10$ K (suponiendo que la temperatura del elemento de la célula solar es de 60°C y la temperatura del refrigerante es de 50°C), la resistencia térmica total es $R = 8.25 \times 10^{-3}$ ($\text{m}^2\text{K} / \text{W}$), $(\Delta Q) / tA = (\Delta T) / R = 1.212$ W / m^2 . Es decir, esto significa que el valor calorífico puede descargarse hacia la superficie frontal con una potencia de 1.212 W por 1 m^2 . Dado que el lado de la superficie posterior del módulo fotovoltaico no necesita ser transparente, la resistencia térmica hacia la superficie posterior puede estar diseñada para ser incluso más pequeña que la hacia la superficie frontal (por ejemplo, el panel posterior puede estar formado por un placa de metal que tiene una conductividad térmica aún mayor que el vidrio de placa utilizado con mayor frecuencia como panel frontal transparente).

Por lo tanto, se puede encontrar que una capacidad de descarga de calor es al menos más de $2 \times 1.212 = 2.424$ W / m^2 mediante la realización de la Fig. 11a y la designación de las variables (d_1 , d_2 , k_1 , k_2 , ΔT) en consideración de los lados de la superficie delantera y trasera. La resistencia térmica total R puede reducirse reduciendo d_1 y d_2 y aumentando k_1 y k_2 (es decir, la capacidad de descarga de calor hacia el refrigerante puede aumentar).

Además, cuando ΔT es excelente debido a la baja temperatura del refrigerante, ese valor calorífico mucho más se descarga mejor.

La figura 11b ilustra una estructura general de un módulo fotovoltaico de película delgada (formado de silicio amorfo, CdTe, CIGS, etc.). En comparación con el caso de la figura 11a, la resistencia térmica total puede reducirse aún más ya que no se requiere la resina transparente ubicada en la superficie frontal. A diferencia del caso de la figura 11a, en el caso de la figura 11b, dado que un material de sellado (generalmente una resina polimérica) puede ser opaco, el hecho de que un ancho de selección para ajustar en gran medida la conductividad térmica k sea más ancho también tiene un efecto favorable.

Mientras tanto, dado que una resina polimérica en la que la conductividad térmica k alcanza 7 W / mK está disponible comercialmente, no es difícil reducir la resistencia térmica total en comparación con el supuesto de la realización anterior en términos del nivel técnico actual.

Se ha considerado suficientemente que el módulo fotovoltaico sumergido en el refrigerante puede descargar el valor calorífico equivalente al valor calorífico recibido de la luz solar condensada al refrigerante.

Para minimizar la absorción de la luz solar en el refrigerante, la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico y la superficie interna de la ventana se disponen lo más cerca posible. Sin embargo, la distancia entre las dos superficies no debe ser tan cercana como para obstaculizar la convección del refrigerante porque la energía térmica acumulada en las proximidades de la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico debe disiparse lo antes posible.

Se puede agregar una pequeña cantidad de agente antiespumante para inhibir la generación de burbujas de aire al refrigerante. Esto se debe a que, cuando aumentan las burbujas de aire que flotan en el refrigerante, se altera la trayectoria de la luz solar que incide sobre el panel fotovoltaico.

Cuando la temperatura es inferior a cero, se puede mezclar una solución anticongelante con el refrigerante en una proporción determinada. Sin embargo, teniendo en cuenta problemas tales como un efecto adverso sobre el medio ambiente, un aumento de la corrosión del sistema de generación de energía fotovoltaica, gastos adicionales necesarios para la compra y gestión de la solución anticongelante, etc., el agua pura se usa más preferiblemente como

el refrigerante lo más lejos posible. El refrigerante rara vez se congela durante el día (el período durante el cual se produce la energía eléctrica) en un buen día en el que el sol brilla debido al calor causado por la condensación de luz de los espejos planos. Un problema que ocurre cuando el refrigerante se congela es que la trayectoria de la luz solar que incide sobre el panel fotovoltaico se ve perturbada por el hielo en la mañana cuando la temperatura está por debajo de cero y la eficiencia de producción de energía se reduce. El problema más grave es que la presión aumenta dentro de la carcasa, en las válvulas y / o en las mangueras debido a la expansión de volumen del refrigerante (agua) que se produce al congelarse, lo que puede causar la ruptura mecánica de los componentes. Este problema ocurre principalmente cuando la producción de energía se detiene (la operación se detiene), es decir, cuando el sol no brilla (por la noche o en un día nublado).

Sin embargo, incluso cuando el refrigerante es el agua pura, es difícil decir que no existe ningún método para prevenir la avería mecánica. Si el refrigerante dentro de los sistemas, como la carcasa, las válvulas y las tuberías de entrada / salida para el refrigerante, se drena completamente por la noche cuando la temperatura es inferior a cero o en un día lluvioso bajo cero cuando hay pocas posibilidades de que el sol brille, y el refrigerante se llena inmediatamente antes de que el sol comience a brillar para comenzar la generación de energía, los problemas mencionados anteriormente, como el problema de que el refrigerante se congela para retrasar la operación de la generación de energía fotovoltaica y la falla mecánica causada por la expansión del volumen pueden estar solucionados. El hielo fino cubierto en la ventana se derretirá rápidamente debido al calor causado por la condensación de la luz.

Además, dado que el panel fotovoltaico está instalado y protegido por la carcasa como en la Fig. 7, el panel fotovoltaico puede hacerse más delgado (dentro de un rango en el que se permite la resistencia mecánica) y el deterioro (atribuido principalmente a la exposición a la radiación de longitud de onda corta, como la variación ultravioleta y de temperatura) que se produce cuando el panel fotovoltaico está expuesto al aire en el pasado, puede reducirse.

Se describirá otra realización asociada con la Fig. 2 con referencia a la Fig. 8.

En la Fig. 8, un panel fotovoltaico y 24 espejos planos están dispuestos en cada uno de los cuatro subtramas ilustrados. En este caso, a diferencia de los ilustrados en la Fig. 2, un mecanismo de rotación está más preferiblemente conectado a un centro Q de gravedad de los bastidores secundarios. La razón es que, cuando el mecanismo de rotación está conectado al centro Q de gravedad de todos los bastidores secundarios, se minimiza la fuerza motriz requerida para rotar los bastidores secundarios y se puede minimizar la fatiga mecánica causada por la gravedad o el viento. Incluso en el caso de la Fig. 2, es natural que el centro de gravedad del marco se encuentre más preferiblemente y se conecte al mecanismo de rotación.

Además, es natural que las formas de los subtramas se diseñen para no perturbar el camino de la luz solar.

Como se ilustra en la Fig. 9, la superficie posterior del panel fotovoltaico (o la carcasa de enfriamiento) que recibe la luz solar que se refleja y condensa por los espejos planos puede estar provista además de un panel suplementario separado. Esto se debe a que se puede utilizar el mecanismo de rotación proporcionado anteriormente, y la luz solar que incide sobre el panel fotovoltaico o la superficie posterior de la carcasa se desperdicia inútilmente y, en cambio, solo provoca un aumento de la temperatura (en el caso de la realización anterior, tanta energía se disipa al exterior en forma de energía eléctrica como una cantidad que al menos corresponde a la eficiencia de conversión del panel suplementario).

Aunque no se ilustra, se puede proporcionar una capa de filtro óptico en la (s) superficie (s) de la ventana y / o los espejos planos para filtrar la luz de una banda de longitud de onda que no contribuye a la conversión fotoeléctrica. Esto tiene un efecto adicional de inhibir el aumento de temperatura y el deterioro de, por ejemplo, el panel fotovoltaico. Tal filtro óptico de paso de banda se une más preferiblemente a los espejos planos, porque el valor máximo de la intensidad de la luz solar recibida por los espejos planos es AM1 (925 W / m²), y por lo tanto, el deterioro del filtro óptico causado por calor o la luz fuerte puede ser minimizada. En este caso, sin embargo, aumenta la cantidad de filtros ópticos necesarios, lo que es desfavorable en términos de precio. Esto se opone al caso en el que el filtro óptico está conectado a la ventana. El filtro óptico puede estar unido a la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico. Sin embargo, este es el peor método, porque significa que se acumula un valor calorífico en el objeto (filtro óptico) que está en contacto directo con la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico. Además, un material (por ejemplo, un tinte) que realiza una función similar a la del filtro óptico puede mezclarse con el refrigerante en la carcasa. El uso del filtro óptico puede seleccionarse independientemente o en combinación de dos o más de los cuatro casos (el espejo plano, la ventana, el panel fotovoltaico y el refrigerante) según su posición.

Los espejos planos deben tener alta reflectancia, baja transmitancia y baja absorción con respecto a la luz incidente (en particular, la luz incidente de la banda de longitud de onda que contribuye a la conversión fotoeléctrica), y la ventana debe tener baja reflectancia, alta transmitancia y baja absorción.

Lo siguiente se agregará a la idea técnica de la presente invención.

1. La realización de la presente invención se describe teniendo en cuenta las células solares de silicio cristalino que se venden comercialmente. Sin embargo, es evidente que la realización de la presente invención también puede aplicarse a otros paneles fotovoltaicos formados por células solares de película delgada formadas de silicio amorfo, CIS, CIGS y CdTe, células solares compuestas de múltiples uniones formadas por un III- Grupo V o elemento del grupo II-VI, células solares que tienen una estructura cuántica, células solares sensibilizadas por colorante, células solares de película delgada orgánica, células solares de plasma o similares.

2. Se espera que el sistema de enfriamiento de la presente invención sea esencialmente necesario para las células solares de silicio. Sin embargo, cuando dicho panel fotovoltaico en el que la eficiencia de conversión fotoeléctrica no se reduce particularmente a pesar del aumento de temperatura, el sistema de enfriamiento presentado en la realización de la invención preventiva no se requiere esencialmente.

3. El método de generación de energía fotovoltaica que utiliza la condensación de luz y el mecanismo de rotación de la presente invención se basa en el principio general del efecto fotoeléctrico en el que la corriente eléctrica producida (es decir, la energía eléctrica) es proporcional a la cantidad (o la intensidad) de luz incidente y que fue descubierta por Einstein (dado que el voltaje de salida se determina principalmente en proporción al número de conexiones en serie de celdas unitarias en el panel fotovoltaico, independientemente de la intensidad de la luz solar incidente, un voltaje de salida y una corriente de salida que son emitidos desde el panel fotovoltaico en proporción directa). Sin embargo, cuando la cantidad (intensidad) de la luz incidente continúa aumentando, el panel fotovoltaico no continúa aumentando continuamente un valor de la corriente de salida (energía eléctrica). Probablemente se predice que es un fenómeno que, cuando la cantidad (intensidad) de la luz incidente es igual o mayor que un valor predeterminado, aunque la cantidad (intensidad) de la luz incidente continúa aumentando, la corriente de salida (energía eléctrica) del panel fotovoltaico converge a un valor predeterminado (saturado), o se reduce una tasa de incremento dp / di (donde "p" es la potencia eléctrica e "i" es la intensidad de la luz). Sin embargo, un aspecto de un valor de saturación de la corriente eléctrica (energía eléctrica) o una tasa de cambio (dp / di) de la corriente de salida de acuerdo con la intensidad de la luz dependerá de un tipo de material semiconductor que constituya el panel fotovoltaico, un grosor de una capa semiconductora, una concentración de dopaje, un grosor de una capa de agotamiento, una estructura apilada o un método de fabricación de la estructura apilada. El método más simple es aumentar el grosor de la capa de semiconductores (una capa activa o una capa funcional). La expresión "... la radiación incidente puede ser absorbida por las capas funcionales. En este momento, un grosor de cada capa funcional determina una relación de potencia radiada absorbida en las capas funcionales, ..." aparece en la Publicación de Solicitud de Patente No Examinada de Corea No 10-2007-0004928 A (equivalente al documento WO 2005-096394 A1), líneas 10 a 12. De esta manera, se revela que, a medida que aumenta el grosor de la capa de semiconductores (capa funcional), se absorbe más luz y se genera más corriente eléctrica. Como se describió anteriormente, la predicción del presente inventor de que el aspecto del valor de saturación de la energía eléctrica o la tasa de cambio (dp / di) de la corriente de salida está asociado con el grosor de la capa de semiconductores.

4. La técnica adaptada para poder aumentar el valor de saturación de la corriente eléctrica (energía eléctrica) del panel fotovoltaico o mantener el valor de dp / di para ser alto de acuerdo con el aumento de la intensidad de luz mencionada anteriormente ser un invento significativo y útil por sí mismo. Sin embargo, si se realiza tal invención, esta invención obtiene un motivo de la invención a partir de la idea técnica publicada por la presente invención, y por lo tanto debe reconocerse que es una invención mejorada (usar la invención) en relación con la presente invención.

5. Como se describe en el ítem 3, a medida que aumenta la intensidad de la luz, la energía eléctrica producida por el panel fotovoltaico finalmente se saturará o la tasa de incremento disminuirá. Sin embargo, en el caso de al menos el panel fotovoltaico de silicio que está disponible comercialmente, el valor de dp / di tiene un valor fijo hasta que la intensidad de la luz alcanza al menos una magnitud de $1,000 \text{ W} / \text{m}^2$. Este punto definitivamente apoya la utilidad de la presente invención. Esto se debe a que, si la presente invención se usa incluso cuando la intensidad de la luz solar es débil (cuando la altitud del sol es baja, la mañana y la tarde del día, el invierno, un área de alta latitud, un cielo nublado o niebla, etc.), la luz solar siempre se puede proyectar sobre la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico con una intensidad de $1 \text{ KW} / \text{m}^2$ (este valor es ligeramente mayor que AM1 ; $925 \text{ W} / \text{m}^2$) que es la intensidad de la luz solar cuando el sol está en el cenit, es decir, cuando la luz solar se proyecta verticalmente a la superficie de la Tierra). Es decir, cuando se usa el panel fotovoltaico que tiene la misma área, aunque se aumenta el número de espejos planos y el área de tierra requerida para la planta de generación de energía fotovoltaica, la energía eléctrica puede producirse incluso en un entorno existente en el que la intensidad de la luz solar es débil y la producción de energía eléctrica se abandonó en el momento de la aplicación de la presente invención. Esto significa que el proyecto de generación de energía fotovoltaica es posible en Mongolia, Siberia, Canadá, etc., donde hay tierras asequibles que pueden usarse para la generación de energía fotovoltaica, pero están a la altura de la radiación solar de la luz solar debido a las altas latitudes y se estima que el proyecto de generación de energía fotovoltaica no es un proyecto competitivo.

6. Aunque no es muy relevante para el alcance de las reivindicaciones de la presente invención, se predice usando un modelo muy simplificado cómo cambia la intensidad de la luz solar de acuerdo con un cambio en la altitud del sol (véanse las figuras 10a, 10b, y 10c).

Como se ilustra en la Fig. 10a, la razón por la cual la intensidad de la luz solar se reduce en proporción a la altitud del sol es que la luz solar está bloqueada (absorbida, reflejada o dispersada) por partículas como moléculas o polvo en el aire. Cuantas más partículas de bloqueo (moléculas de gas y líquido, partículas sólidas) presentes en el camino de

desplazamiento de la luz solar, menor será la intensidad de la luz solar. Esto significa que, a medida que se alarga el recorrido de la luz solar en el aire, se reduce la intensidad de la luz solar.

- 5 Como en la Fig. 10a, un punto P_0 que se encuentra en la superficie de la Tierra y que la luz solar alcanza en una dirección vertical (cenit) y un punto P que se encuentra en la superficie de la Tierra y que la luz solar alcanza un ángulo ϕ inclinado con respecto a la perpendicular se comparan (se forma una relación de la altitud del sol = $90-\phi$).

La luz solar proyectada a P_0 se mueve en el aire por H (el grosor de la atmósfera).

- 10 Suponiendo que una distancia a la que la luz solar proyectada hacia P se mueve en el aire es x (una distancia entre P y Q), $(R + H)^2 = R^2 + x^2 - 2Rx\cos(180-\phi)$ de acuerdo con la relación de la segunda ley de cosenos en un triángulo OPQ. Cuando esta fórmula se organiza como la ecuación cuadrática de x, entonces $x^2 + 2(R\cos\phi)x - (H^2 + 2RH) = 0$.

- 15 Aquí, R es el radio de la Tierra, H es el grosor de la atmósfera, O es el centro de la Tierra, Q y Q_0 son los puntos (imaginarios) en los que la luz solar viaja a P y la luz solar viaja a P_0 se encuentra con la capa más externa del aire. Además, se supone que la Tierra es una esfera completa y que la luz solar no se refracta cuando viaja en el aire. Obteniendo una solución físicamente significativa de la ecuación cuadrática, $x(\phi) = (R^2\cos^2\phi + H^2 + 2RH)^{1/2} - R\cos\phi$.

- 20 Aquí, cuando se define como $x(\phi) / H \equiv \beta(\phi)$, $\beta(\phi) = [(R/H)^2 \cos^2\phi + 1 + 2(R/H)]^{1/2} - (R/H) \cos\phi$. Cuando un ángulo incidente de la luz solar forma el ángulo ϕ con respecto a la perpendicular, una longitud de la trayectoria de la luz solar en el aire es $x(\phi)$, y $\beta(\phi)$ es una relación de la longitud $x(\phi)$ de la trayectoria de la luz solar en el aire hasta el espesor H del aire.

- 25 Suponiendo que $R = 6,400$ Km y $H = 100$ Km,
 $\beta(\phi) = (64^2\cos^2\phi + 129)^{1/2} - 64 \times \cos\phi$.

De hecho, la tierra es un elipsoide que tiene un radio ecuatorial de 6,378 km y un radio polar de 6,357 km, pero se puede suponer que es una esfera.

- 30 El grosor H del aire no es un valor numérico que pueda determinarse definitivamente en la práctica. Dado que el aire tiene una presión atmosférica de aproximadamente 1/100 a una altitud de 30 km y aproximadamente 1 / 1,000,000 a una altitud de 100 km, no hay un gran error a pesar de que se supone que el espesor H del aire es de 100 km. Especialmente, no importa cómo se ajuste el grosor H del aire, $\beta(\phi)$ tiene una forma similar. Sin embargo, si H se establece en gran medida, se reduce un valor de $\beta(\phi)$ según ϕ . Suponiendo que $H = 32$ Km, $\beta(\phi = 90^\circ) = 20.02$. Suponiendo que $H = 100$ Km, $\beta(\phi = 90^\circ) = 11.36$. Suponiendo que $H = 320$ Km, $\beta(\phi = 90^\circ) = 6.403$.

- 40 A continuación, pronostiquemos cómo se atenúa la luz solar al pasar por el aire configurando un modelo simple y combinando el modelo con un valor realmente medido. Se puede suponer que, cuando la luz solar viaja a lo largo de una trayectoria dx en el aire, una variación di de la intensidad es la siguiente: $di / dx = -\gamma(p, \lambda) i$.

La fórmula anterior es una de las ecuaciones diferenciales que se aplican con mayor frecuencia y disponibilidad para analizar fenómenos en el mundo natural.

- 45 La suposición física de que un coeficiente de atenuación $\gamma(p, \lambda)$ es una variable que depende de una longitud de onda λ de luz y de una presión p es fácilmente aceptable, porque la presión p está directamente asociada con una altitud h desde la superficie de la tierra y está directamente asociado con las moléculas de aire de densidad si se puede ignorar un cambio de temperatura.

- 50 La fórmula anterior se organiza como $di / i = -\gamma(p, \lambda) dx$, y una solución de la misma mediante integración, $i = I_0 \times \exp[-\int \gamma(p, \lambda) dx]$ se obtiene. (Aquí, I_0 es la intensidad de la luz solar inmediatamente antes de que la luz solar ingrese a la atmósfera, y la integral de la fórmula se calcula a lo largo de la trayectoria de la luz solar en el aire).

Una solución más general se da de la siguiente manera.

- 55 $i = \sum_i \{I_0^i \exp[-\int \gamma_i(p) dx]\}$. Aquí, I_0^i es la intensidad de un componente de luz que tiene una longitud de onda λ_i entre los componentes de luz de la luz solar inmediatamente antes de que la luz solar ingrese a la atmósfera, y $\gamma_i(p)$ es un coeficiente de atenuación del componente de luz que tiene la longitud de onda λ_i en un entorno en el que la presión atmosférica en el aire es p. Cuando la medición se realiza de acuerdo con cada banda de longitud de onda λ_i , se puede configurar con precisión un modelo de la intensidad de la luz solar real de acuerdo con un cambio en la altitud del sol.
- 60 Sin embargo, dado que es suficiente solo cuando se capta un aspecto áspero, simplifiquemos aún más el supuesto de inferir un cambio en la intensidad de la luz solar de acuerdo con el cambio en la altitud del sol.

La suposición es la siguiente. Se supone que la luz solar consta de dos componentes de luz, uno de los cuales tiene una longitud de onda λ_A capaz de alcanzar la superficie de la Tierra y el otro tiene una longitud de onda λ_B completamente atenuada antes de llegar a la superficie de la Tierra. La luz de longitud de onda corta, como la ultravioleta, apenas alcanza la superficie de la Tierra debido a la absorción de ozono en la capa superior del aire.

En este caso, $i = I_0^A \times \exp [-\int \gamma_A (p) dx] + I_0^B \times \exp [-\int \gamma_B (p) dx]$.

Es decir, dado que $\gamma_B (p) \gg \gamma_A (p)$ al menos en una sección de presión atmosférica parcial, I_0^A (intensidad de la luz que tiene la longitud de onda λ_A fuera de la atmósfera) se atenúa en el aire, y solo el resto su valor alcanza la superficie de la Tierra.

Sustituyamos el modelo por el valor realmente medido para obtener valores de I_0^A , I_0^B y $\int \gamma_A (p) dx$.

AM0 = 1353 W / m²: constante solar fuera de la atmósfera

AM1 = 925 W / m²: intensidad de la luz solar cuando $\phi = 0^\circ$

AM1.5 = 832 W / m²: intensidad de la luz solar cuando $\phi = 45^\circ$

AM2 = 691 W / m²: intensidad de la luz solar cuando $\phi = 60^\circ$

En la figura 10a, AM0 es la intensidad de la luz solar que se mide en Q o Q₀, que es la capa más externa de la atmósfera, AM1 es la intensidad de la luz solar que se obtiene midiendo la luz solar que pasa a través de una ruta Q₀-P₀ en P₀ en la superficie de la Tierra, y AM1.5 y AM2 son las intensidades de la luz solar que se obtienen midiendo la luz solar que pasa a través de un camino QP en P en la superficie de la Tierra ($\phi = 45^\circ$ y $\phi = 60^\circ$ respectivamente)

Antes de la sustitución del valor realmente medido, examinemos cómo los valores integrales $\int \gamma_A (p) dx$ se relacionan mutuamente cuando pasan a través de la ruta Q₀-P₀ (en adelante denominada "0 ruta") y la ruta Q-P (en lo sucesivo a como " ϕ ruta"). Suponiendo que, cuando la luz solar pasa a través de la ruta 0 (ruta Q₀-P₀), el valor integral $T \equiv \int_{0 \text{ ruta}} \gamma_A (p) dx$, en consecuencia, una relación en la cual, cuando la luz solar pasa a través de la ruta ϕ (ruta Q-P), el valor integral $\int_{\phi \text{ ruta}} \gamma_A (p) dx = T \times \beta (\phi)$ se forma.

La razón es la siguiente. Como se ilustra en la Fig. 10b, al pasar a través de las capas atmosféricas A1, A2 y A3 con diferentes presiones atmosféricas, la luz solar AM1 proyectada en dirección vertical y la luz solar AM (ϕ) oblicuamente proyectada en un ángulo ϕ con respecto a la dirección vertical se atenúan con el mismo coeficiente de atenuación $\gamma_A (p)$, y una relación entre los caminos en cada capa atmosférica es igualmente 1: $\beta (\phi)$. Por lo tanto, una relación entre las integrales, $\int_{0 \text{ ruta}} \gamma_A (p) dx$ y $\int_{\phi \text{ ruta}} \gamma_A (p) dx$, calculada de acuerdo con las diferentes rutas también es 1: $\beta (\phi)$. Es decir, una relación entre valores integrales de acuerdo con las dos rutas es idéntica a una relación entre las longitudes de las dos rutas.

Por lo tanto, aplicando T definido anteriormente y el resultado examinado, se forma la siguiente fórmula.

AM0 = 1353 = $I_0^A + I_0^B$ (Fórmula 10a)

AM1 = 925 = $I_0^A \exp (-\int_{0 \text{ ruta}} \gamma_A (p) dx) = I_0^A \exp (-T)$ (Fórmula 10b)

AM1.5 = 832 = $I_0^A \exp (-\int_{\phi (= 45^\circ) \text{ ruta}} \gamma_A (p) dx) = I_0^A \exp (-T \times \beta (\phi = 45^\circ))$ (Fórmula 10c)

AM2 = 691 = $I_0^A \exp (-\int_{\phi (= 60^\circ) \text{ ruta}} \gamma_A (p) dx) = I_0^A \exp (-T \times \beta (\phi = 60^\circ))$ (Fórmula 10d)

Se ha descrito previamente que, cuando se supone que el espesor de la atmósfera es H = 100 Km, la relación $\beta (\phi)$ de la longitud de la capa atmosférica que pasa a H de acuerdo con ϕ se da como $x (\phi) / H \equiv \beta (\phi) = [64^2 \times \cos^2 \phi + 129]^{1/2} - 64 \cos \phi$.

Un valor de $\beta (\phi)$ requerido para calcular I_0^A , I_0^B y T es como en la Tabla 2 a continuación.

<Tabla 2>

ϕ (grado)	$\beta (\phi)$		
0	1	$\beta (60^\circ) - \beta (0^\circ)$	0.955854
45	1.403499	$\beta (45^\circ) - \beta (0^\circ)$	0.403499
60	1.955854	$\beta (60^\circ) - \beta (45^\circ)$	0.552355

En la relación entre las fórmulas 10b, 10c y 10d, T se calcula como en la Tabla 3 a continuación.

<Tabla 3>

Relación	T
Entre AM1-AM2 (10b / 10d)	0.30512
Entre AM1-AM1.5 (10b / 10c)	0.262606
Entre AM1.5-AM2 (10c / 10d)	0.336183
Promedio	0.3013

Un valor de I_0^A calculado aplicando los cuatro valores para T a las Fórmulas 10b, 10c y 10d se da como en la Tabla 4 a continuación.

<Tabla 4>

	T=0.3013	T=0.30512	T=0.262606	T=0.336183
AM1	1250.249398	1255.033758	1202.791155	1294.626015
AM1.5	1269.924859	1276.750635	1202.791155	1333.637398
AM2	1245.693301	1255.033758	1154.888916	1333.637398
Promedio	1255.289186	1262.272717	1186.823742	1320.633604

Considerando que se hace una inferencia basada en una suposición extremadamente simplificada y el examen casi cualitativo, un valor de variación de T y un valor de variación de I_0^A no son muy grandes. El valor T (0,3051) extraído de la relación de AM1-AM2 y el valor I_0^A (1,255 W / m²) obtenido al hacer que el valor T corresponda a AM2 se considera más cercano a un valor promedio, y un valor I_0^B (98 W / m²) obtenido sustituyendo el valor I_0^A por AM0 (Fórmula 10a). Dado que el componente de luz que tiene la longitud de onda λ_B no se transfiere a la superficie de la Tierra, no importa que I_0^B tenga ningún valor en el aspecto de la generación de energía fotovoltaica.

En consecuencia, la intensidad de la luz solar proyectada oblicuamente en el ángulo ϕ con respecto a la perpendicular puede modelarse como $i(\phi) = 1255 \times \exp [-0.3051 \times \beta(\phi)]$ en la superficie de la tierra.

El coeficiente de atenuación $\gamma(p)$ que es función de la presión p no se usa directamente en la inferencia anterior.

Los resultados calculados de la relación de longitud de trayectoria de la atmósfera $\beta(\phi)$ y el modelo de intensidad de luz solar $i(\phi)$ de acuerdo con el ángulo incidente ϕ son como en la Tabla 5 a continuación. En la Fig. 10c, se ilustra un gráfico para $\beta(\phi)$ e $i(\phi)$ normalizados.

En el gráfico de la Fig. 10c, $i(\phi)$ se denota por Intensidad (ϕ).

<Tabla 5>

ϕ (grados)	ϕ (radianes)	$\cos\phi$	$\beta(\phi)$	$i(\phi)$
0	0	1	1	924.9973305
5	0.0872665	0.9961947	1.0037607	923.9365954
10	0.1745329	0.9848078	1.0151839	920.722098
15	0.2617994	0.9659258	1.034705	915.2546594
20	0.3490659	0.9396926	1.0630955	907.3610156
25	0.4363323	0.9063078	1.1015385	896.7807958
30	0.5235988	0.8660254	1.1517548	883.1459387
35	0.6108652	0.819152	1.2162048	865.9496635
40	0.6981317	0.7660444	1.2984124	844.5004157
45	0.7853982	0.7071068	1.4034986	817.8536681
50	0.8726646	0.6427876	1.5390874	784.7108281
55	0.9599311	0.5735764	1.7169164	743.270211
60	1.0471976	0.5	1.9558537	691.0138659
65	1.134464	0.4226183	2.2879213	624.4342683
70	1.2217305	0.3420201	2.7712254	538.8245312
75	1.3089969	0.258819	3.5199027	428.7905374
80	1.3962634	0.1736482	4.7770645	292.1912235
85	1.4835299	0.0871557	7.0756376	144.910141
90	1.5707963	0	11.357817	39.23703138

Aunque el modelo anterior depende de una suposición extremadamente simplificada, el valor realmente medido se combina para determinar el valor de una constante γ , por lo tanto, puede considerarse sustancialmente como una intensidad promedio de los componentes de la luz que alcanzan la superficie de la Tierra. Ya se ha mencionado que se puede obtener un modelo más preciso por división y medición real de acuerdo con la magnitud λ_i de la longitud de onda. Particularmente, es favorable analizar con mayor precisión la banda de longitud de onda contribuida a la conversión fotoeléctrica.

Se puede encontrar en la Fig. 10c que no es hasta que ϕ está entre 70 ° y 75 ° que la intensidad de la luz solar se reduce a la mitad. Esto da una pista de que, por baja que sea la altitud del sol, la generación de energía fotovoltaica es suficientemente posible a través de la condensación de luz uniforme utilizando los espejos planos de la presente invención. Por supuesto, si la altitud del sol es baja, aumenta la probabilidad de que el sol se pierda en las nubes.

Por lo tanto, incluso en las regiones donde la intensidad de la luz solar es tan débil que la generación de energía fotovoltaica no ha sido persuasiva por el método convencional, la presente invención puede probar la generación de energía fotovoltaica.

- 5 Aunque se han descrito realizaciones ejemplares de la presente invención con fines ilustrativos, los expertos en la materia apreciarán que son posibles diversas modificaciones, adiciones y sustituciones. El alcance de la presente invención debería estar limitado solo por las reivindicaciones adjuntas.

[Aplicabilidad industrial]

- 10 La presente invención se refiere a la técnica para la generación de energía fotovoltaica, y está técnicamente destinada a reducir el costo de la generación de energía. Por lo tanto, la presente invención tiene aplicabilidad industrial.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo para la generación de energía fotovoltaica, que comprende:
 - un marco (Marco);
 - un panel fotovoltaico (Panel) dispuesto en el marco;
 - dos o más espejos planos (Espejo) dispuestos en el marco;
 - un sistema de enfriamiento configurado para enfriar el panel fotovoltaico;
 - un mecanismo de rotación (Mecánica de Rotación) configurado para girar el marco biaxialmente para seguir la luz solar; y
 - una estructura de soporte (Post) configurada para soportar el marco y el mecanismo de rotación, en donde el panel fotovoltaico y los espejos planos están dispuestos en el marco para cumplir con una relación predeterminada, dicha relación predeterminada incluye relaciones que, en un sistema de coordenadas ortogonales cuyas líneas de referencia varían para permitir que un vector unitario en una dirección de desplazamiento de la luz solar sea (0, 0, 1) cuando el mecanismo de rotación normalmente sigue al sol, (i) un vector normal unitario a la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico es (0, 0, 1), y (ii) un componente z-axial de un el vector normal de la unidad a la superficie reflectante de cada uno de los espejos planos tiene un valor negativo para permitir que la luz solar reflejada por cada uno de los espejos planos incida uniformemente sobre la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico, en donde el panel fotovoltaico y los espejos planos están dispuestos simétricamente en el marco de tal manera que las imágenes proyectadas de los espejos planos y una imagen proyectada del panel fotovoltaico forman una matriz $(2m + 1) \times (2n + 1)$ en un plano xy del sistema de coordenadas ortogonales, donde 'm' y 'n' son números naturales, la imagen proyectada del panel fotovoltaico se encuentra en el centro de la matriz $(2m + 1) \times (2n + 1)$, las imágenes proyectadas de los espejos planos están dispuestos alrededor de la imagen proyectada del panel fotovoltaico, y los espejos planos están separados entre sí,
 - en donde una longitud x-axial ($M_x^{i,j}$) y una longitud y-axial ($M_y^{i,j}$) de uno de los espejos planos ($M^{i,j}$) están configurados para cumplir con las condiciones :

$$M_x^{i,j} \geq p_x (\cos 2\theta_x^{i,j} / \cos \theta_x^{i,j}) + \delta_x^{i,j} \text{ y } M_y^{i,j} \geq p_y (\cos 2\theta_y^{i,j} / \cos \theta_y^{i,j}) + \delta_y^{i,j},$$
 en donde (i) p_x y p_y representan una longitud x-axial y una longitud y-axial del panel fotovoltaico, respectivamente, (ii) $\delta_x^{i,j}$ y $\delta_y^{i,j}$ representan una longitud marginal x-axial mínima y una longitud marginal y-axial mínima de uno de los espejos planos ($M^{i,j}$), respectivamente, que son necesarios para compensar los errores de disposición del panel fotovoltaico y el espejo plano ($M^{i,j}$), un error operativo del mecanismo de rotación, y la vibración causada por una fuerza externa que incluye el viento, y (iii) $\theta_x^{i,j}$ y $\theta_y^{i,j}$ se obtienen de las ecuaciones : $\tan 2\theta_x^{i,j} = d_x^{i,j} / l^{i,j}$ y $\tan 2\theta_y^{i,j} = d_y^{i,j} / l^{i,j}$, en donde un vector $(d_x^{i,j}, d_y^{i,j}, l^{i,j})$ es un vector de desplazamiento desde un centro de la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico a un centro de una superficie reflectante de uno de los espejos planos ($M^{i,j}$) en el sistema de coordenadas ortogonales,
 - en donde el sistema de enfriamiento comprende:
 - una carcasa sellada (Carcasa) configurada para acomodar el panel fotovoltaico y el refrigerante fluido (Refrigerante), estando abierta al menos una porción de al menos una superficie de la carcasa;
 - una ventana transparente (Ventana) configurada para cubrir la parte abierta de la carcasa para sellar la carcasa y transmitir la luz incidente que incide sobre la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico; y
 - un soporte (Soporte) configurado para fijar el panel fotovoltaico para ser dispuesto dentro de la carcasa a una distancia predeterminada de la superficie interna de la ventana transparente,
 - en donde el refrigerante fluido envuelve y enfría el panel fotovoltaico en la carcasa, y tanto la ventana transparente como el panel fotovoltaico son planos y paralelos entre sí,
 - en donde el mecanismo de rotación está configurado además para rotar el marco de acuerdo con un cambio en la posición del sol de manera que se mantenga la relación predeterminada entre el panel fotovoltaico y los espejos planos, y
 - en el que dicha distancia predeterminada entre el panel fotovoltaico y la superficie interna de la ventana transparente se establece de modo que la distancia entre la superficie frontal del panel fotovoltaico y la superficie interna de la ventana transparente sea más corta que la distancia entre la superficie posterior del panel fotovoltaico y la superficie interna trasera de la carcasa del sistema de enfriamiento.
2. El dispositivo según la reivindicación 1, en el que el marco está configurado para no bloquear la luz solar en un camino óptico desde el sol hasta el panel fotovoltaico a través de los espejos planos.

3. El dispositivo según la reivindicación 1, en el que un filtro óptico configurado para transmitir selectivamente luz de una longitud de onda efectiva para la conversión fotoeléctrica por el panel fotovoltaico está montado en al menos una de las superficies reflectantes de cada uno de los espejos planos o la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico.
4. El dispositivo según la reivindicación 1, en el que el mecanismo de rotación comprende un primer medio giratorio configurado para girar el marco en una dirección vertical y un segundo medio giratorio configurado para girar el marco en una dirección horizontal.
5. El dispositivo según la reivindicación 1, en el que uno o más de los espejos planos montados en el marco pueden estar exentos de condensar la luz solar con el fin de reducir la intensidad total de la luz solar condensada incidente sobre el panel fotovoltaico.
6. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además un panel fotovoltaico suplementario (Panel Suplementario) ubicado en la parte posterior del panel fotovoltaico, en el que el panel fotovoltaico suplementario está dispuesto en el bastidor de manera que una unidad vector normal a la superficie receptora de luz del panel fotovoltaico suplementario es (0, 0, -1).
7. El dispositivo según la reivindicación 1, en el que se proporciona un filtro óptico configurado para transmitir selectivamente luz de una longitud de onda efectiva para la conversión fotoeléctrica por el panel fotovoltaico en la ventana transparente del sistema de enfriamiento.
8. El dispositivo según la reivindicación 1, en el que el refrigerante fluido del sistema de enfriamiento comprende un material o tinte de filtración óptica configurado para transmitir selectivamente luz de una longitud de onda efectiva para la conversión fotoeléctrica por el panel fotovoltaico.
9. El dispositivo según la reivindicación 1, en el que se proporcionan una pluralidad de válvulas u orificios (Entradas o Salidas) en una porción de la carcasa del sistema de enfriamiento para permitir que el refrigerante fluido fluya dentro y fuera de la carcasa y para permitir que los cables eléctricos pasen a través de la misma.
10. El dispositivo según la reivindicación 1, en el que el sistema de enfriamiento comprende además un circulador (Circulador) configurado para provocar la convección forzada del refrigerante en la carcasa del sistema de enfriamiento.
11. El dispositivo según la reivindicación 1, en el que la ventana transparente y el panel fotovoltaico están acoplados de forma desmontable a la carcasa y al soporte del sistema de refrigeración, respectivamente.
12. El dispositivo según la reivindicación 1, en el que el refrigerante fluido es agua.
13. El dispositivo según la reivindicación 1, en el que el refrigerante fluido del sistema de enfriamiento incluye un agente antiespumante para inhibir la generación de burbujas en el refrigerante fluido.
14. El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el refrigerante fluido incluye además una solución anticongelante para evitar que el refrigerante fluido se congele.

Fig. 1a

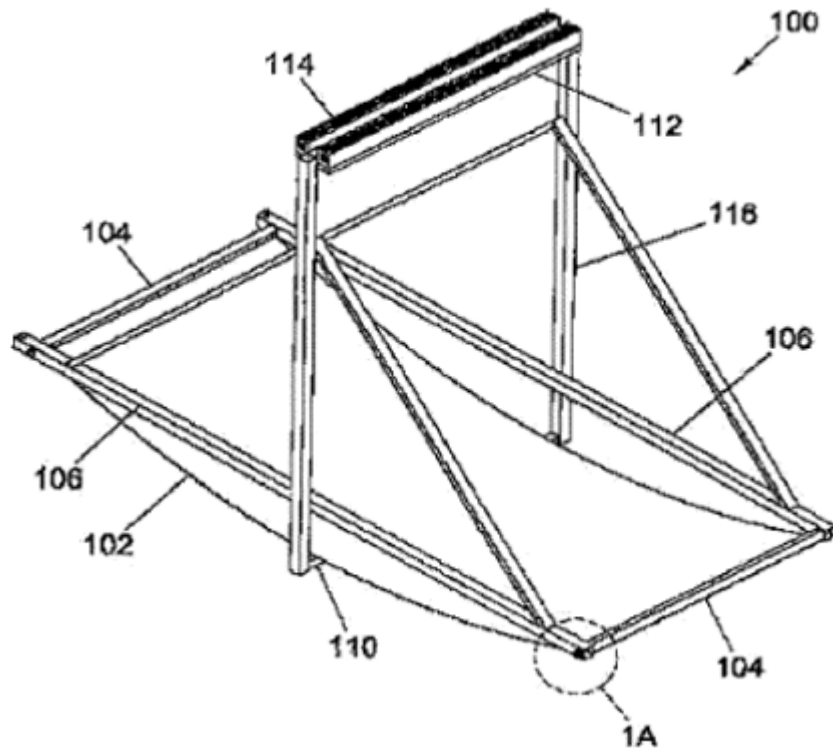


Fig. 1b

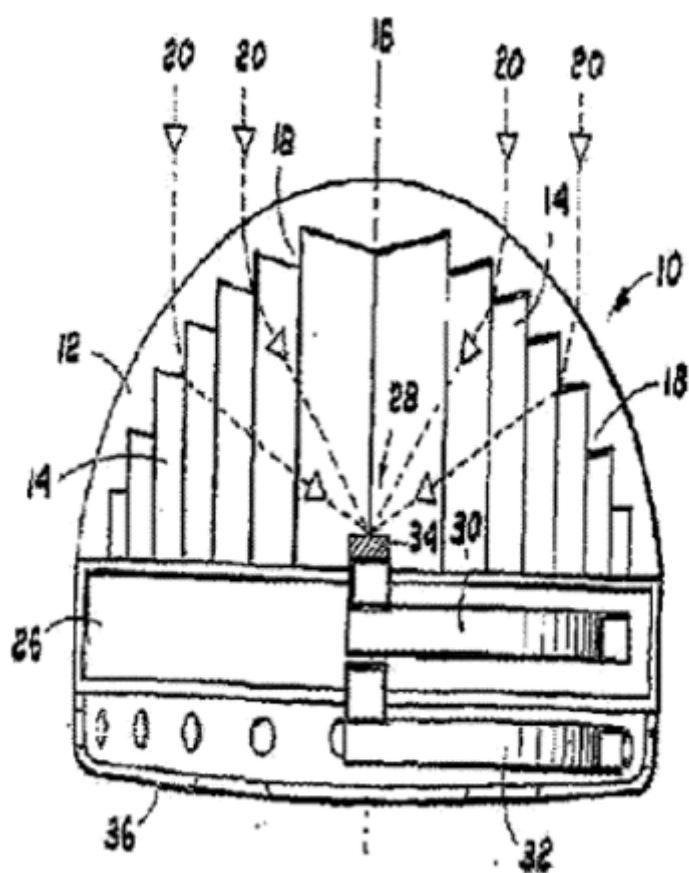


Fig. 1c

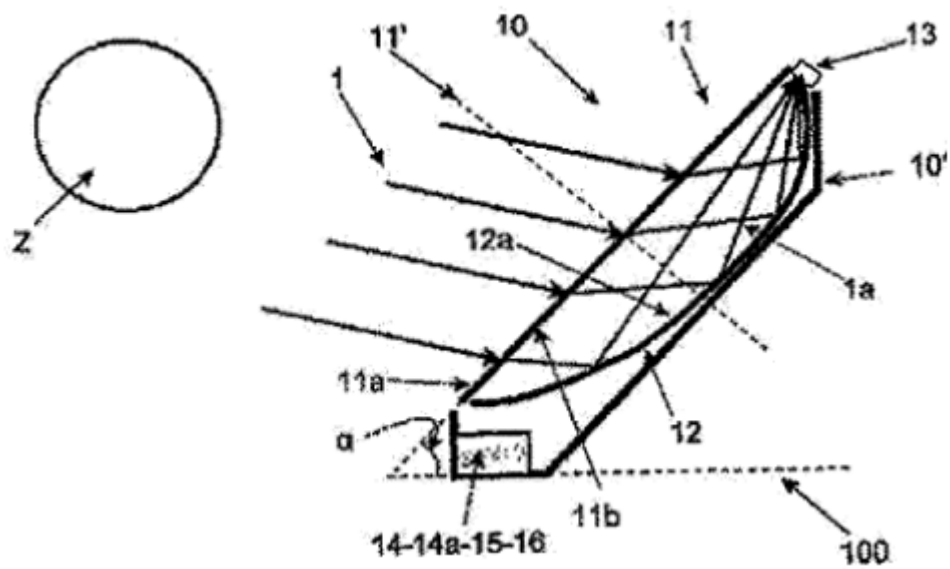


Fig. 1d

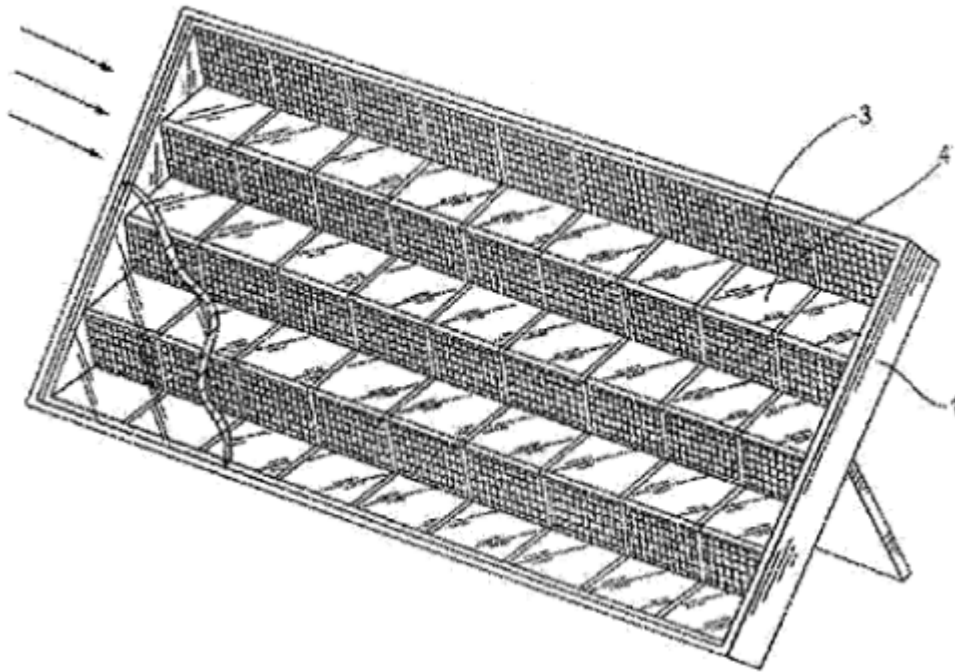


Fig. 1e

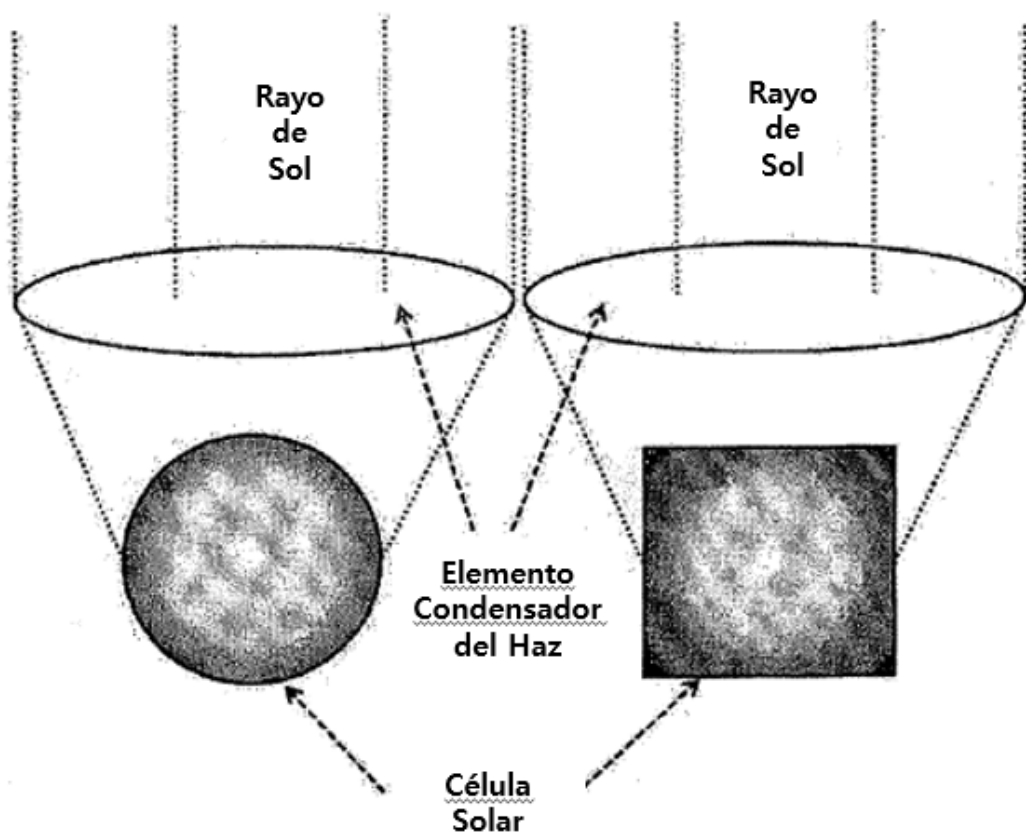


Fig. 2

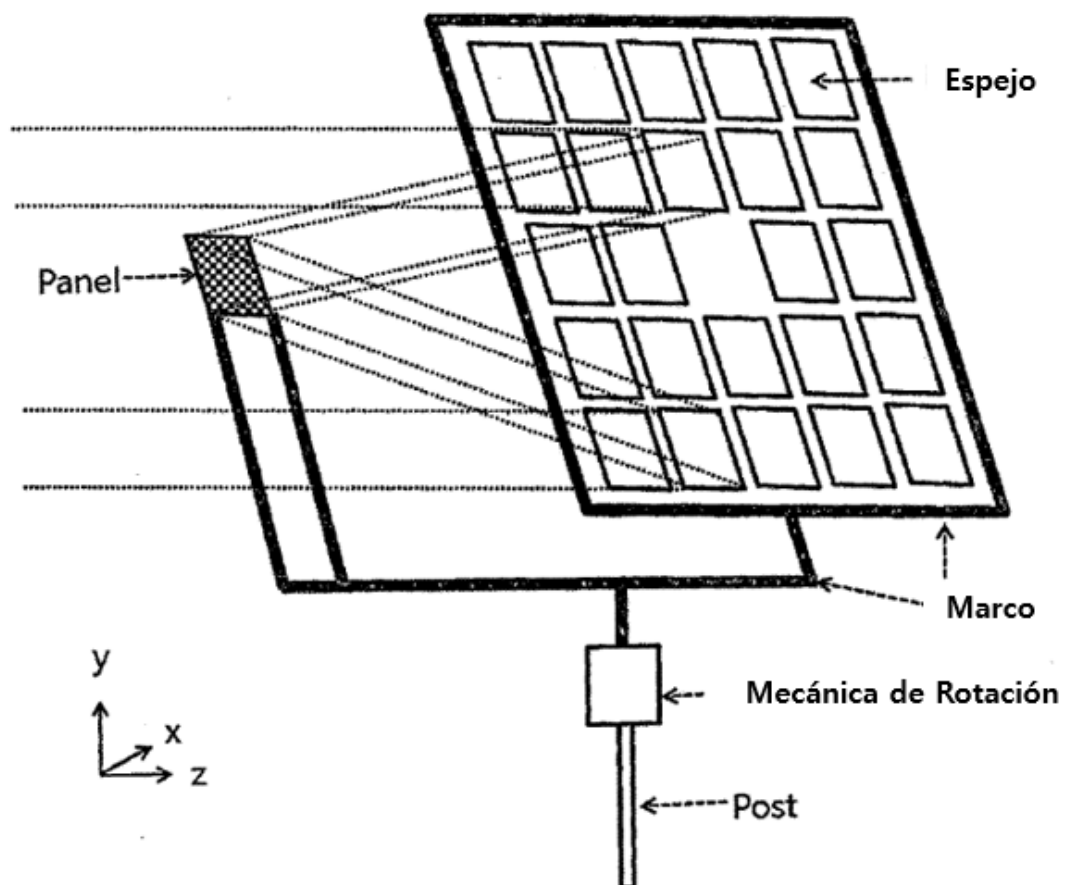


Fig. 3

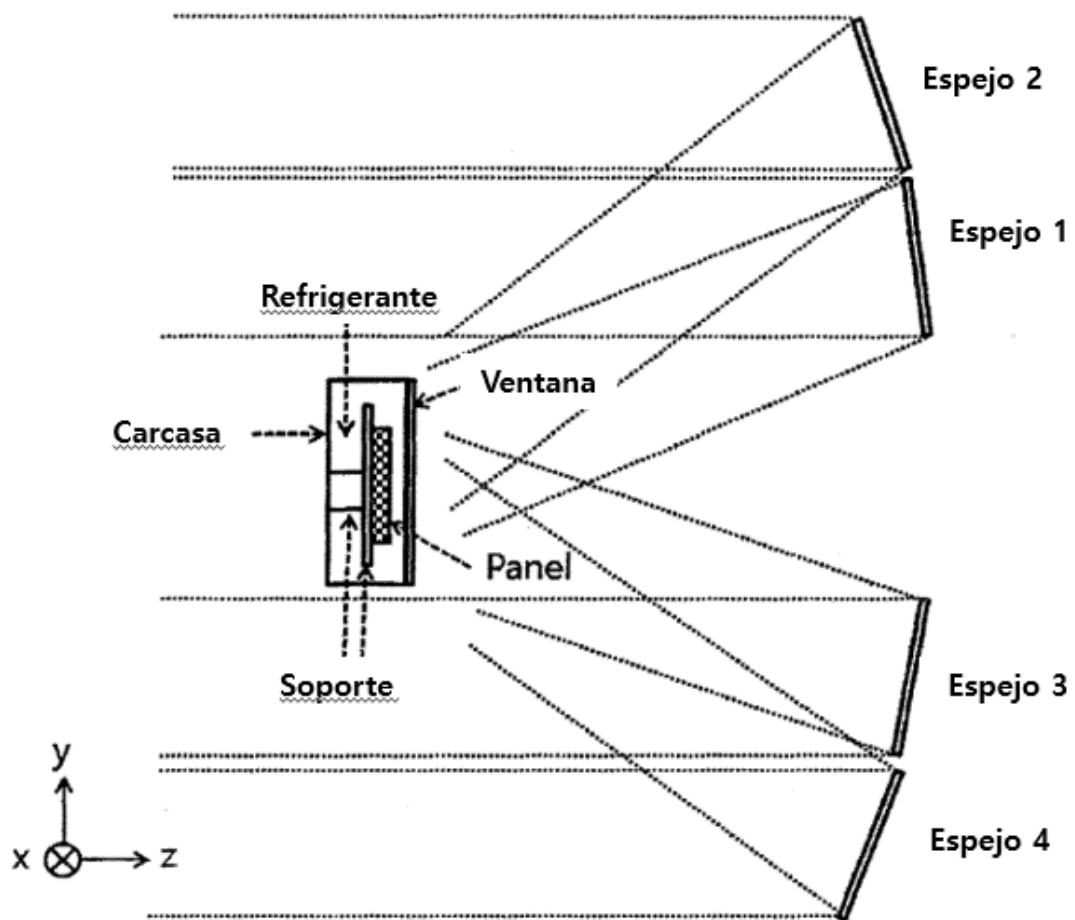


Fig. 4

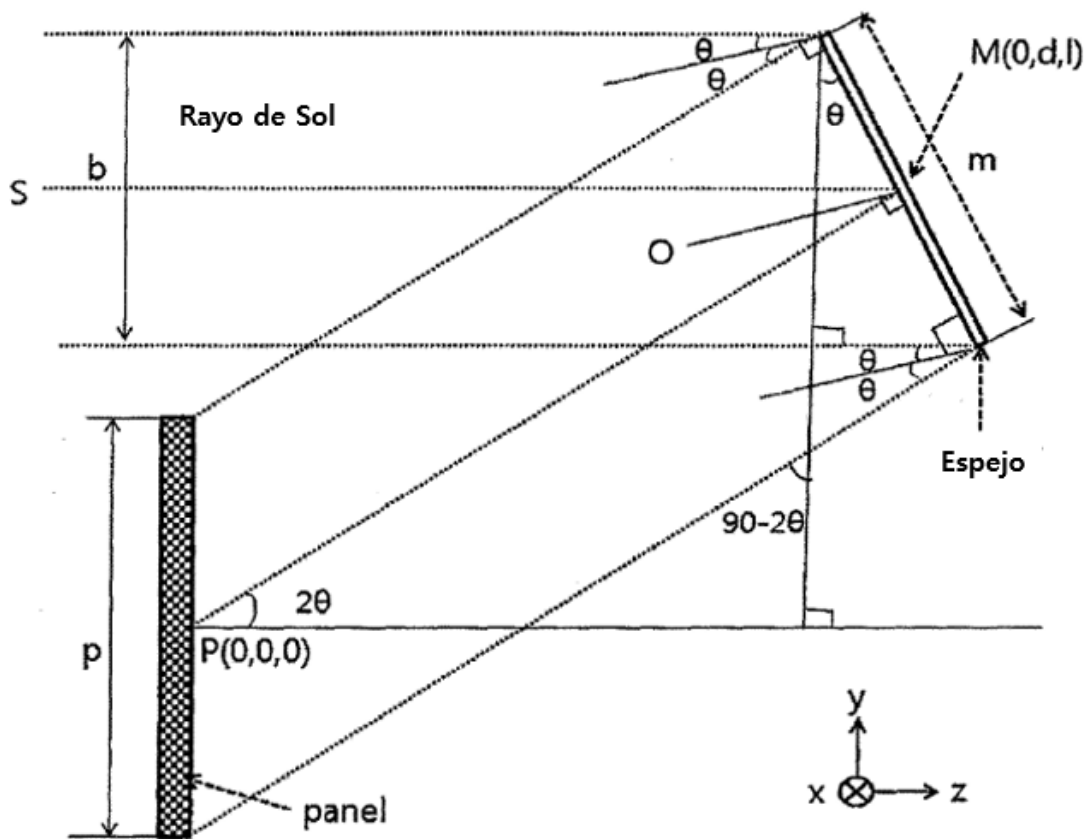


Fig. 5

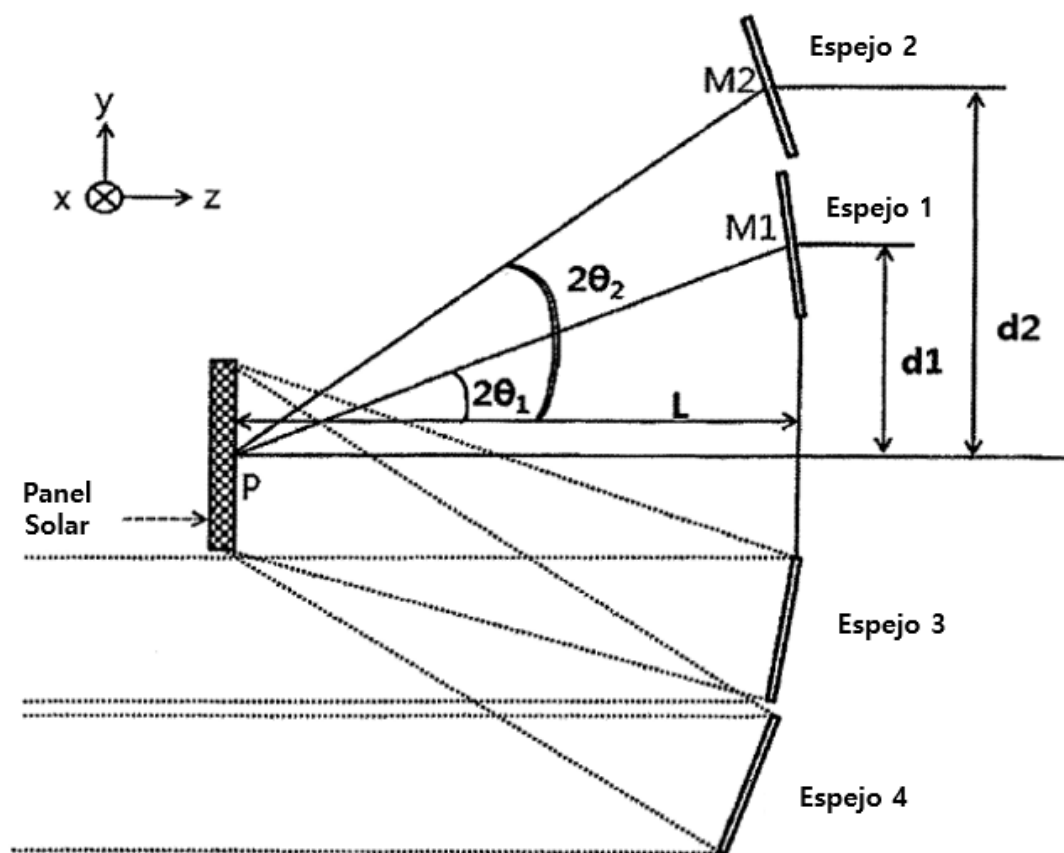


Fig. 6

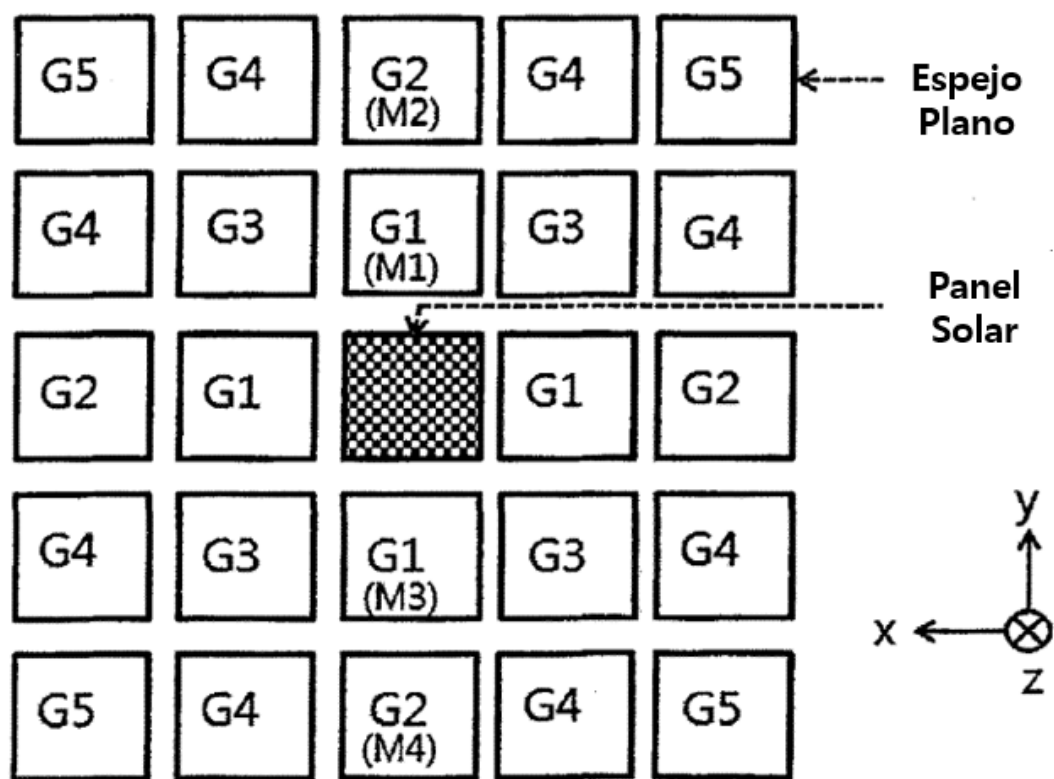


Fig. 7

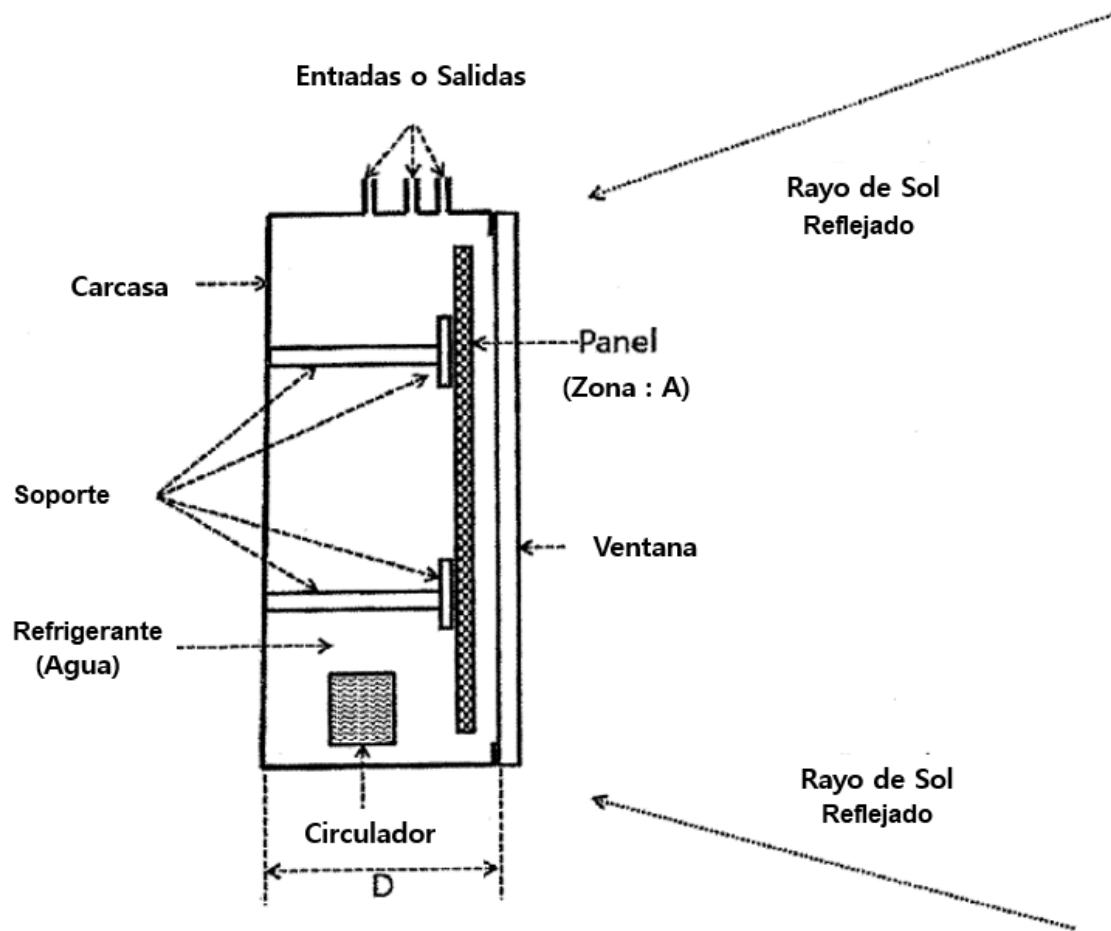


Fig. 8

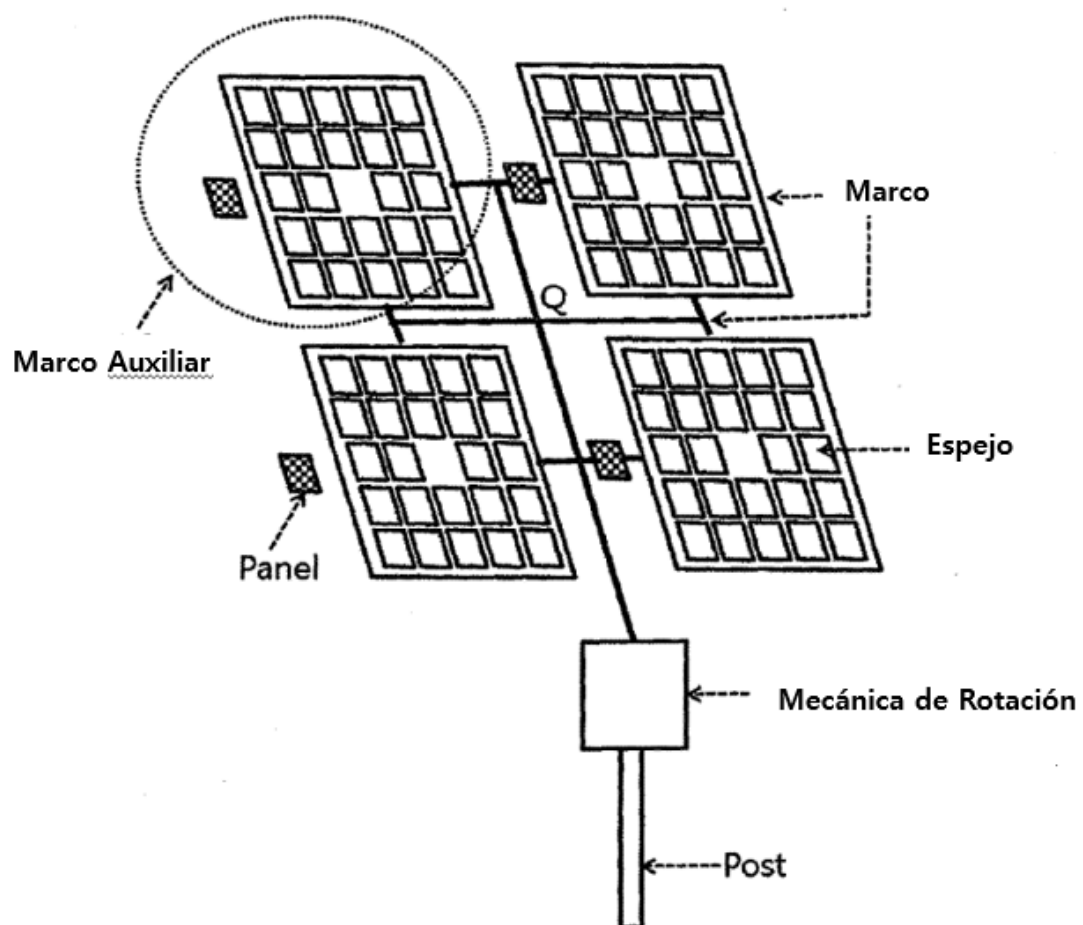


Fig. 9

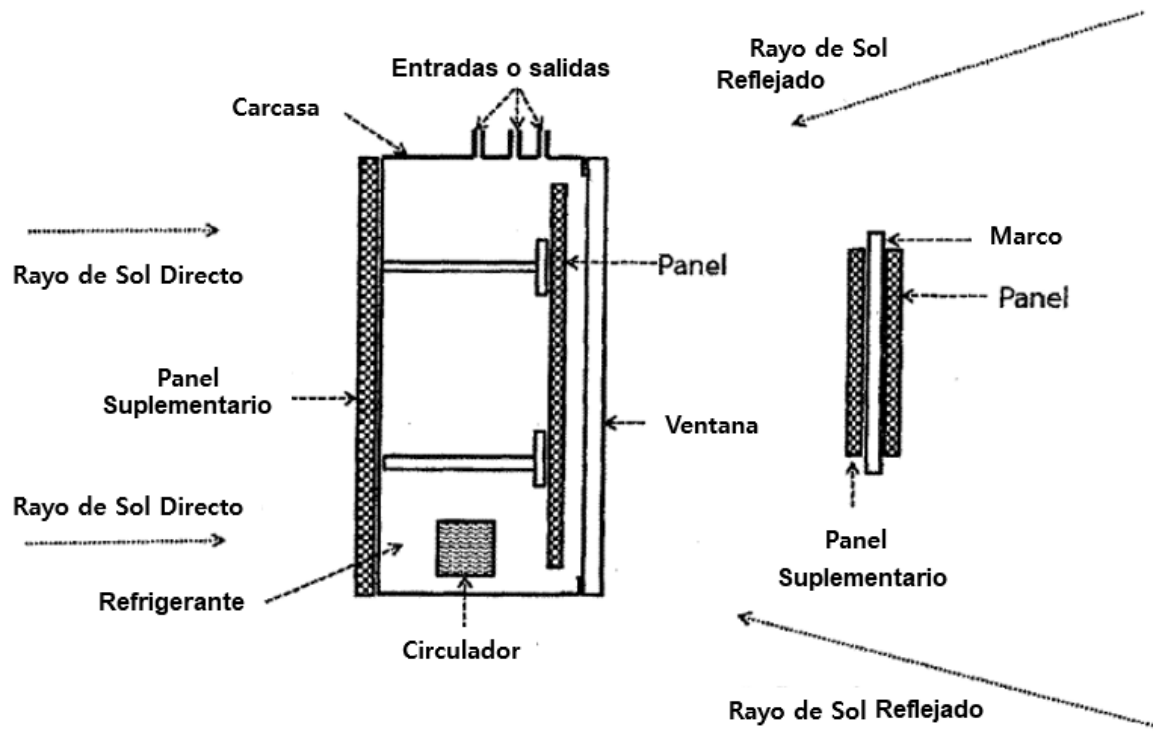


Fig. 10a

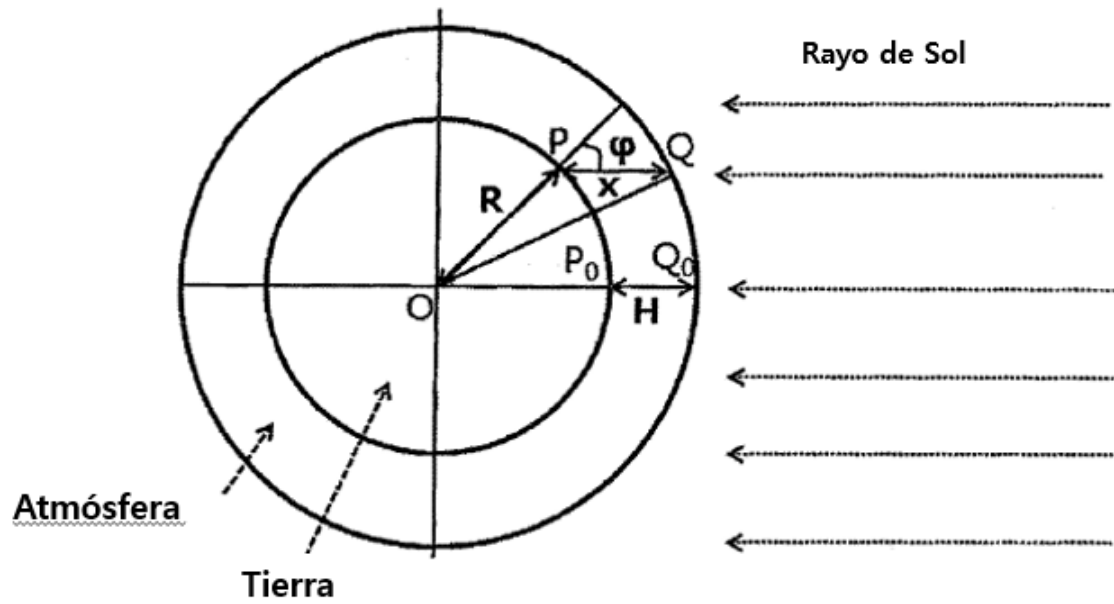


Fig. 10b

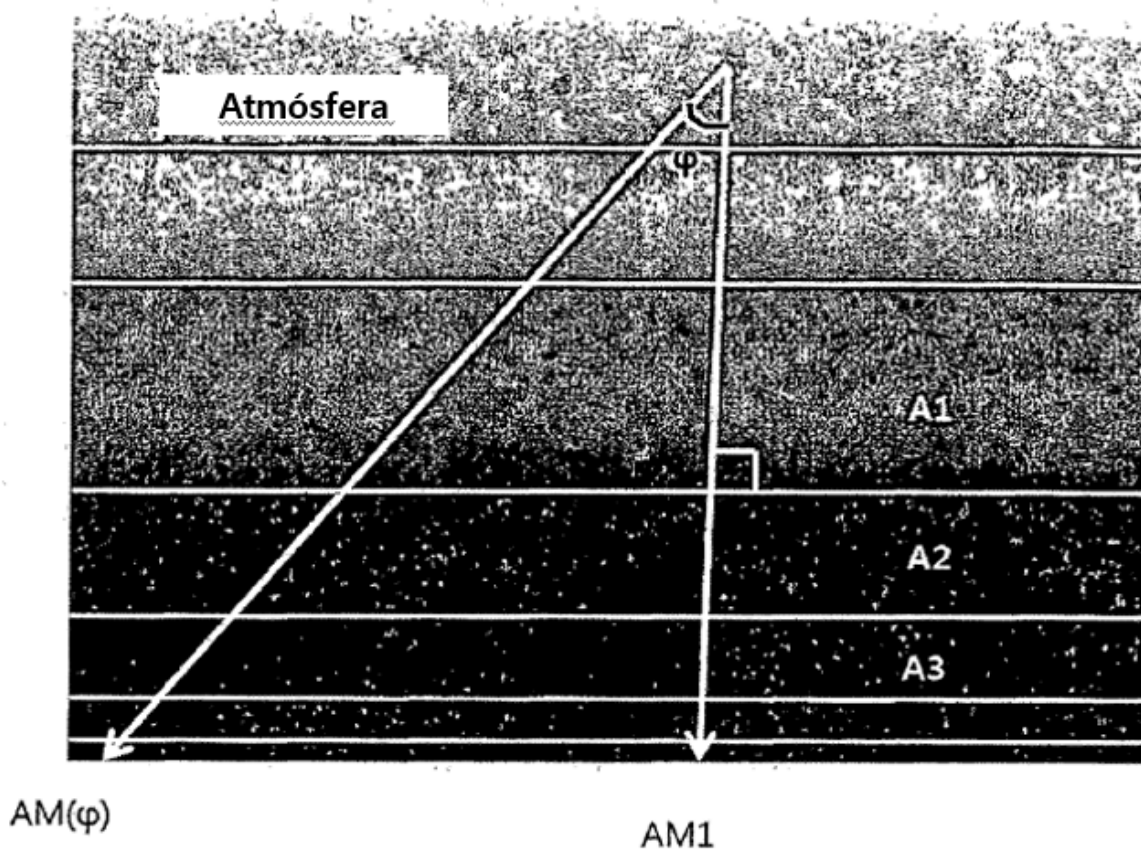


Fig. 10c

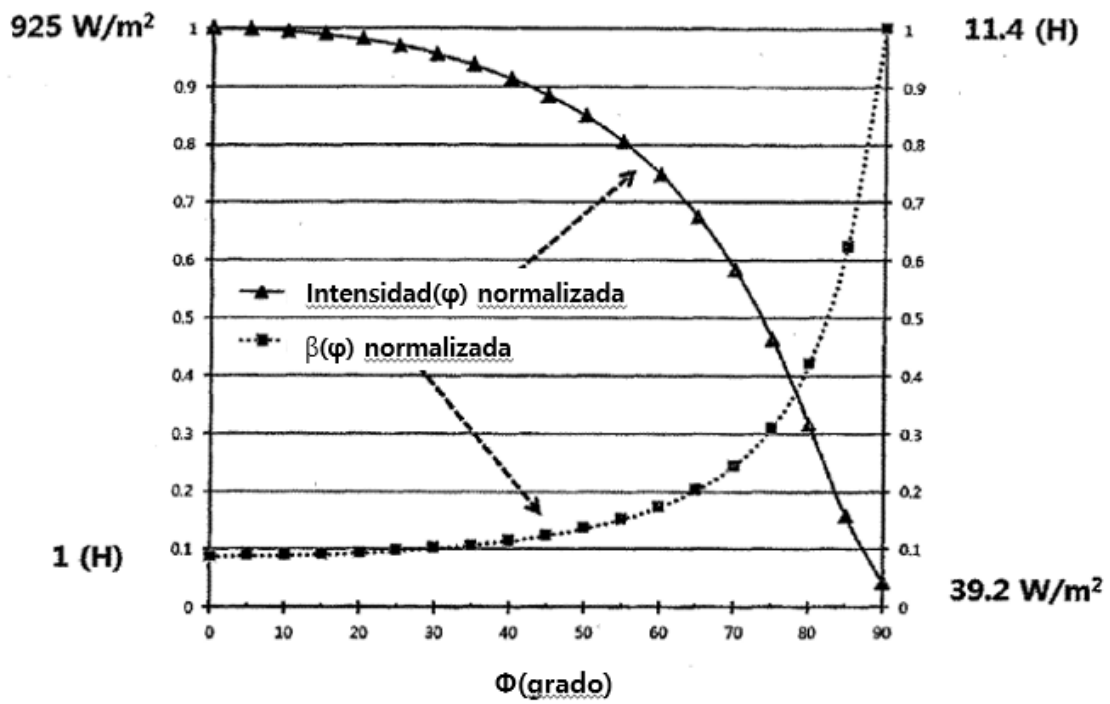


Fig. 10d

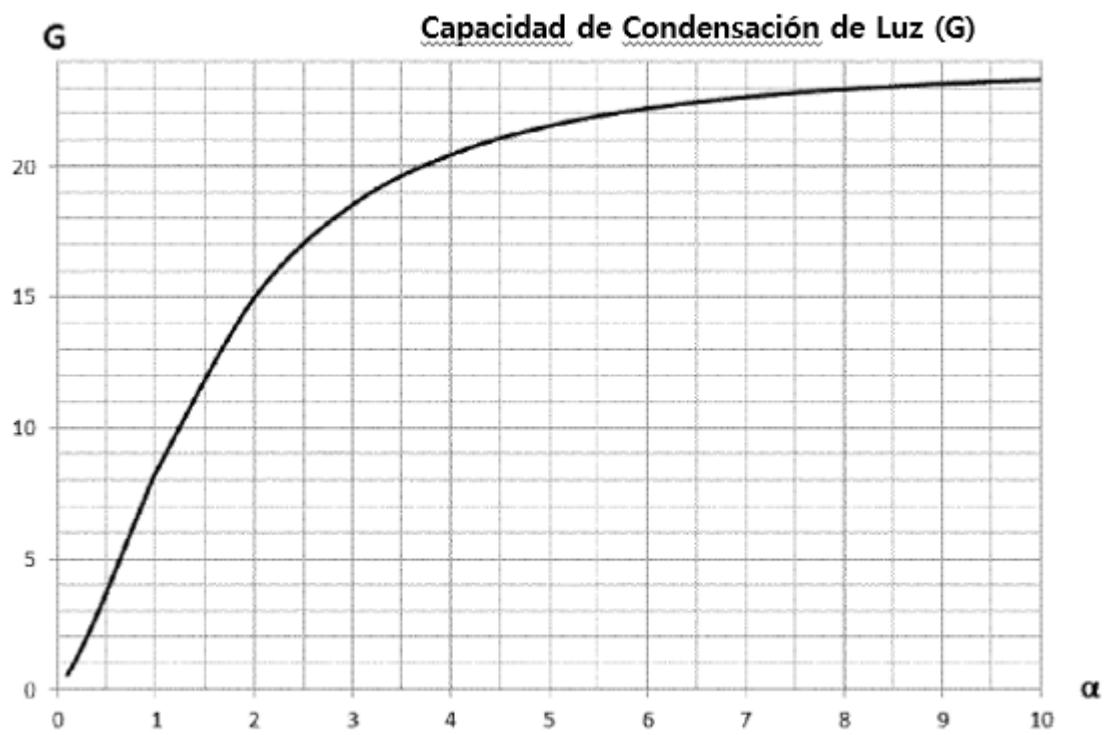


Fig. 11a

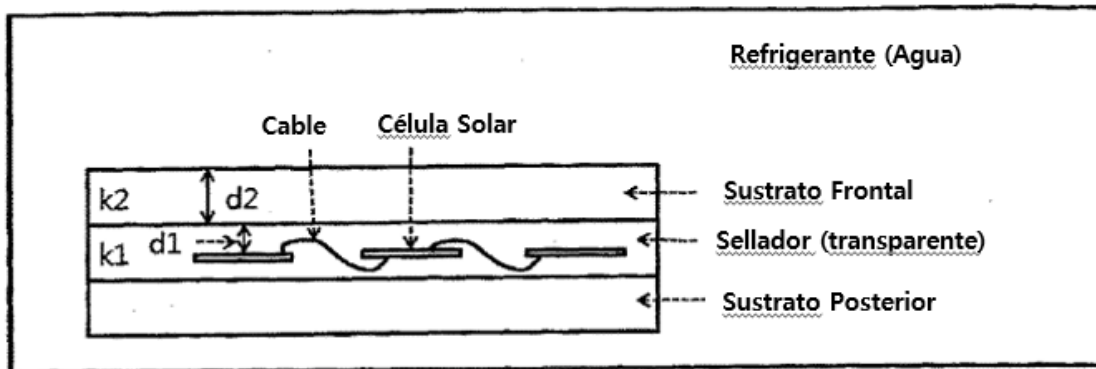


Fig. 11b

