

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 837 631**

51 Int. Cl.:

H02S 20/32 (2014.01)

H02S 40/22 (2014.01)

H01L 31/042 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.05.2019 E 19172365 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.09.2020 EP 3565111**

54 Título: **Sistema de energía solar fotovoltaica con espejos retráctiles**

30 Prioridad:

04.05.2018 FR 1853877

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

01.07.2021

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
Bâtiment "Le Ponant D" 25 rue Leblanc
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**PILAT, ERIC;
AL SHAKARCHI, FRANCK y
SAYRITUPAC VERA, JOSÉ RUBEN**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 837 631 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema de energía solar fotovoltaica con espejos retráctiles

5 Campo técnico

La presente invención se refiere al campo de la energía solar fotovoltaica y, en particular, a sistemas que comprenden células solares fotovoltaicas bifaciales.

10 La invención se aplica en particular a sistemas destinados a ser instalados en el suelo o sobre techos de edificios.

Estado de la técnica

15 Es conocida en el estado de la técnica la realización de sistemas que comprenden células solares fotovoltaicas de naturaleza bifacial, estando agrupadas estas células en paneles fotovoltaicos. La ventaja de tales células radica en el hecho de que definen dos superficies de absorción opuestas, por ejemplo, en la cara frontal una superficie de absorción directa destinada a absorber energía de la radiación solar y, en la cara posterior, una superficie de absorción indirecta también destinada a absorber energía de la radiación solar.

20 Ya se han contemplado varias realizaciones para la obtención de este tipo de sistema. Por ejemplo, se conoce el documento CN 204993212, en el que se describen sistemas equipados con paneles que comprenden células fotovoltaicas bifaciales, que se prolongan hacia abajo por reflectores. Cada reflector está inclinado para permitir la irradiación de la superficie posterior de las células de otro sistema situado más adelante. Sin embargo, este tipo de diseño presenta muchos inconvenientes, el primero de los cuales es la necesidad de hacer cooperar un sistema con
25 al menos otro sistema situado delante, con el fin de iluminar su superficie posterior de absorción indirecta. El uso de este tipo de sistema queda limitado, de este modo, a las plantas de energía solar que presentan una pluralidad de filas de sistemas. Además, la distancia entre cada fila se convierte en un parámetro dependiente de esta necesidad de irradiación de la superficie posterior por parte de los sistemas de la fila posterior, de modo que el espacio de la planta sobre el terreno puede no ser optimizado. Lo mismo ocurre con el espacio a lo largo de la dirección vertical,
30 debido a la necesidad de prever bastidores suficientemente elevados para permitir la instalación de los reflectores en la parte inferior de los paneles solares.

Estos mismos inconvenientes se encuentran en otros sistemas, que comprenden dos espejos dispuestos de forma simétrica debajo de los paneles fotovoltaicos, para iluminar la superficie de absorción indirecta. En efecto, es
35 necesario un desplazamiento vertical de estos espejos con el fin de permitir la amplitud de rotación requerida para el seguimiento de la trayectoria del sol a lo largo del día. Si el desplazamiento vertical de los espejos es demasiado pequeño, es probable que estos limiten el curso de rotación de la unidad giratoria que comprende los paneles fotovoltaicos y los espejos, al interactuar con el techo o con el suelo sobre el que reposa el sistema. Además, cuando la unidad giratoria se inclina sobre el lado de un primero de los dos espejos simétricos para orientar mejor su
40 superficie de absorción directa con respecto a un sol bajo en el cielo, el segundo espejo está entonces en una posición que genera una sombra perjudicial para el sistema directamente consecutivo en la fila de la planta solar en cuestión. Para evitar este ensombrecimiento, que es tanto más importante cuanto más bajo está el sol, los sistemas de una misma fila pueden estar separados entre sí. Sin embargo, esta separación de los sistemas produce una tasa de ocupación del suelo o del techo no optimizada, con la consecuencia de un potencial energético mejorable en
45 términos de metros cuadrados de terreno. Otro ejemplo de un sistema equipado con paneles que comprenden células fotovoltaicas y reflectores se describe en el documento US 2017/133979 A1.

Exposición de la invención

50 Por lo tanto, el propósito de la invención es remediar, al menos en parte, los inconvenientes mencionados anteriormente, relativos a las realizaciones del estado de la técnica.

Para ello, la invención tiene por objeto, en primer lugar, un sistema de energía solar fotovoltaica que comprende:

- 55
- una estructura de base;
 - una unidad giratoria;
 - una conexión de rotación entre la unidad giratoria y la estructura de base, definiendo la conexión de rotación un eje de giro de la unidad giratoria,
- 60 comprendiendo la unidad giratoria:
- un conjunto de células solares fotovoltaicas bifaciales, que definen conjuntamente dos superficies opuestas destinadas a absorber energía de la radiación solar;
 - un bastidor de soporte de dichas células, comprendiendo el bastidor al menos un brazo de desplazamiento de las
65 células con respecto a la estructura de base, estando conectado un extremo inferior del brazo de desplazamiento a la conexión de rotación;

- dos espejos que definen cada uno una superficie de reflexión configurada para reflejar la luz en la dirección del conjunto de células, preferiblemente en la dirección de una superficie de absorción indirecta de este conjunto, estando los dos espejos dispuestos, respectivamente, a cada lado del brazo de desplazamiento.

Según la invención, al menos uno de los dos espejos es móvil, al presentar un primer extremo montado de forma giratoria sobre un medio deslizante a lo largo del brazo de desplazamiento, pudiendo desplazarse el medio deslizante entre una posición alta que lleva el espejo móvil a una configuración de envergadura máxima y una posición baja que lleva el espejo móvil a una configuración de envergadura mínima, en la que un segundo extremo del espejo móvil, opuesto al primer extremo, queda situado más cerca del brazo de desplazamiento que en la configuración de envergadura máxima.

Así pues, la invención se refiere a un sistema con al menos uno de los dos espejos, y preferiblemente ambos, de naturaleza retráctil. En efecto, al mismo tiempo que su primer extremo se desplaza hacia abajo a lo largo del brazo de desplazamiento, el espejo móvil tiende a cerrarse con su segundo extremo opuesto que se acerca a este mismo brazo. En consecuencia, cuando la unidad giratoria se inclina sobre el lado de uno de los dos espejos, por ejemplo, para orientar mejor su superficie de absorción directa con respecto a un sol bajo en el cielo, el segundo espejo puede entonces adoptar la configuración de envergadura mínima o una configuración cercana a ella, con el fin de limitar el ensombrecimiento inducido sobre el sistema directamente consecutivo en la fila de la planta solar en cuestión.

Los sistemas de una misma fila pueden, por tanto, acercarse más unos a otros, optimizando así la ocupación del suelo o del techo y, en consecuencia, aumentando el potencial energético con respecto a los metros cuadrados de terreno. A modo de ejemplo, se determinó que, al aplicar el principio de espejos retráctiles a los sistemas de una fila de plantas de energía solar, el número de sistemas dentro de esa fila podría incrementarse en al menos un 75 %.

Además, el espejo situado sobre el lado de la inclinación de la unidad giratoria también puede plegarse para limitar las interacciones con el suelo o el techo. Por consiguiente, puede reducirse la longitud del brazo de desplazamiento de la unidad giratoria, lo que da como resultado una ganancia en términos de masa y espacio vertical, al tiempo que permite el seguimiento del sol a lo largo del día.

La invención prevé, además, las siguientes características opcionales, tomadas de forma individual o en combinación.

El bastidor de soporte también incluye un marco fijado sobre un extremo superior del brazo de desplazamiento y se prevé un dispositivo de conexión entre cada espejo móvil y el marco del bastidor de soporte, dispositivo de conexión que comprende un elemento deslizante a lo largo del espejo móvil, así como un elemento de giro que permite la rotación del elemento deslizante con respecto al marco.

Preferiblemente, el marco es sustancialmente paralelo al conjunto de células solares fotovoltaicas bifaciales, estando el marco interpuesto entre los dos espejos y el conjunto de células.

El bastidor de soporte también incluye una pluralidad de refuerzos que conectan el marco al conjunto de células solares fotovoltaicas bifaciales.

El espejo móvil define un ángulo agudo de inclinación de espejo con un plano ortogonal al conjunto de células solares fotovoltaicas bifaciales, estando el ángulo agudo de inclinación de espejo comprendido entre 5 y 30° en la configuración de envergadura mínima, y entre 65 y 80° en la configuración de envergadura máxima.

Los dos espejos son móviles y están dispuestos para desplazarse de forma simétrica o asimétrica.

Según una posibilidad, los dos espejos móviles están dispuestos para desplazarse de forma simétrica, estando el primer extremo de cada uno de ellos montado de forma giratoria sobre un mismo medio deslizante a lo largo del brazo de desplazamiento.

Según otra posibilidad, los dos espejos móviles están dispuestos para desplazarse de forma asimétrica, estando el primer extremo de cada uno de ellos montado de forma giratoria, respectivamente, sobre dos medios separados deslizantes a lo largo del brazo de desplazamiento.

El conjunto de células solares fotovoltaicas bifaciales puede estar configurado para desplazarse lateralmente sobre el lado de uno de los dos espejos, y sobre el lado del otro espejo. En este caso, por ejemplo, se prevé que el bastidor de soporte incluya un dispositivo con un paralelogramo deformable diseñado para desplazar lateralmente el conjunto de células solares fotovoltaicas bifaciales. De manera alternativa, podría tratarse de un simple medio de traslación del conjunto de células, sin apartarse del alcance de la invención.

El sistema también incluye al menos un primer accionador de la conexión de rotación entre la unidad giratoria y la estructura de base, así como al menos un segundo accionador de espejo móvil, estando el/los primer(os)

accionador(es) separado(s) del/de los segundo(s) accionador(es).

De manera alternativa, el sistema incluye un accionador común que controla de forma simultánea la conexión de rotación entre la unidad giratoria y la estructura de base, así como cada espejo móvil.

La invención también tiene por objeto una planta de energía solar que comprende al menos una fila de sistemas de energía solar fotovoltaica tal como la descrita anteriormente, con los ejes de giro de las unidades giratorias pertenecientes a los sistemas de la fila en cuestión siendo paralelos entre sí.

La planta comprende, preferiblemente, varias filas de sistemas de energía solar fotovoltaica.

Por último, la invención tiene por objeto un procedimiento de control de tal planta de energía solar, implementado de modo que, durante el transcurso de un día, la unidad giratoria de los sistemas de cada fila gira de una posición extrema matutina, en la que la unidad se inclina sobre el lado de un primero de los dos espejos, a una posición extrema vespertina, en la que la unidad giratoria se inclina sobre el lado de un segundo espejo de los dos espejos, pasando por una posición vertical media de la unidad giratoria, procedimiento que también se implementa de manera tal que para al menos uno de los sistemas de al menos una de las filas:

el primer espejo móvil se desplaza desde su configuración de envergadura mínima hacia su configuración de apertura máxima cuando la unidad giratoria se desplaza desde la posición extrema matutina hacia su posición vertical media, y/o el primer espejo móvil se desplaza desde su configuración de envergadura máxima hacia su configuración de apertura mínima cuando la unidad giratoria se desplaza desde su posición vertical media hacia la posición extrema vespertina;

y/o

el segundo espejo móvil se desplaza desde su configuración de envergadura mínima hacia su configuración de apertura máxima cuando la unidad giratoria se desplaza desde la posición extrema matutina hacia su posición vertical media, y/o el segundo espejo móvil se desplaza desde su configuración de envergadura máxima hacia su configuración de apertura mínima cuando la unidad giratoria se desplaza desde su posición vertical media hacia la posición extrema vespertina.

Otras ventajas y características de la invención resultarán de la siguiente descripción detallada no limitativa.

Breve descripción de los dibujos

Esta descripción se hará con referencia a los dibujos adjuntos entre los cuales;

- La figura 1 representa una vista frontal de una planta de energía solar que muestra una de las filas de sistemas, cada una formada por una pluralidad de sistemas según una realización preferida de la invención;
- La figura 2 es una vista en perspectiva de uno de los sistemas mostrados en la figura anterior;
- La figura 3 representa una vista frontal de la figura anterior que muestra de forma esquemática el funcionamiento del sistema y con su unidad giratoria mostrada en una posición vertical media;
- La figura 3a es una vista similar a la de la figura 3, según una realización alternativa;
- La figura 4 representa una vista frontal de dos sistemas dispuestos de forma directamente consecutiva en la fila, que muestra estos sistemas con sus unidades giratorias en una posición extrema matutina;
- La figura 5 representa una vista análoga a la anterior, en la que se muestran los dos sistemas con sus unidades giratorias en una posición extrema vespertina;
- La figura 6 representa una vista parcial de uno de los dos sistemas de la figura anterior que muestra de forma esquemática una funcionalidad particular de la invención;
- La figura 7 representa una vista similar a la de la figura 5 en la que los sistemas se presentan en forma de otra realización preferida de la invención; y
- La figura 8 representa una vista similar a la anterior, con las unidades giratorias dispuestas en su posición extrema matutina.

Exposición detallada de realizaciones particulares

Con referencia, en primer lugar, a la figura 1, se muestra una planta de energía solar 1 que presenta una pluralidad de filas 1a, de las cuales solo una parte de una de estas filas es visible en la figura. Preferiblemente, estas filas son paralelas entre sí y cada una incluye varios sistemas de energía solar fotovoltaica 2, dispuestos uno al lado del otro.

Con referencia a las figuras 2 y 3, se representa uno de estos sistemas 2, según una realización preferida de la invención. A este respecto, cabe señalar que todos los sistemas de la planta de energía solar son idénticos o similares. Estos sistemas están fijados al suelo 14, cada uno por medio de una estructura de base 16 que se describirá más adelante. En otras aplicaciones, se pueden utilizar uno o más sistemas con el fin de disponer los mismos sobre el techo de un edificio.

En la realización de las figuras 2 y 3, el sistema 2 incluye, en primer lugar, una pluralidad de células solares 4. Estas

células solares fotovoltaicas son de naturaleza bifacial, de manera que juntas definen dos superficies de absorción opuestas. En esta realización preferida, la cara frontal es una superficie de absorción directa 6 y la cara posterior una superficie de absorción indirecta 8. De manera convencional, estas dos superficies 6, 8 son sustancialmente planas y paralelas entre sí, aunque podría preverse otra realización en la que estas dos superficies no fueran paralelas entre sí. Las células solares 4 pueden agruparse por paneles, de preferencia todos dispuestos sustancialmente en un mismo plano.

El conjunto de células 4 forma parte integrante de una unidad giratoria 10, también conocida por el término inglés de "*tracker*" (seguidor). Otros componentes equipan esta unidad giratoria 10 y se describirán más adelante. La unidad giratoria 10 permanece así conectada al suelo 14 mediante una estructura de base 16, realizada por medio de varios montantes 18 que soportan una viga 20. La viga 20 es preferiblemente de sección circular para poder establecer una conexión de rotación 22 entre esta viga 20 y la unidad giratoria. La conexión de rotación 22 define un eje de giro 24 de la unidad 10, siendo este eje 24 preferiblemente el de la viga 20. A este respecto, cabe señalar que la conexión de rotación 22 confiere a la unidad 10 la capacidad de girar con respecto a la estructura de base 16, con el fin de quedar alienada con el sol a lo largo del día. Así pues, el eje de giro 24 queda orientado e inclinado en función de la latitud de la ubicación de los sistemas 2. Por ejemplo, para una latitud de 45,6° N, el eje de giro 24 puede tener orientación norte-sur y estar inclinado hacia el sur en un ángulo de aproximadamente 30° con respecto a la horizontal. Este ángulo es fijo, o bien en otra realización puede ser controlado con el fin de seguir de forma constante, o a intervalos de tiempo definidos, la evolución de la posición del sol en el cielo en el transcurso del año. Dentro de una misma fila la de la planta, los sistemas 2 presentan ejes de giro 24 que son preferiblemente paralelos entre sí.

La unidad giratoria 10 también incluye un bastidor de soporte 26 destinado a soportar los paneles de células 4. Este bastidor 26 comprende, en primer lugar, uno o más brazos de desplazamiento 28, preferiblemente dispuestos de forma ortogonal al conjunto de células. 4. Estos brazos 28 están separados entre sí a lo largo del sistema 2, por ejemplo, quedando en el mismo plano vertical que los montantes 18, cuando la unidad 10 adopta su posición vertical media tal como se representa en las figuras 2 y 3. En este caso, cada brazo 28 está previsto para desplazar de forma vertical las células 4 con respecto a la estructura de base 16. Un extremo inferior 28a de cada brazo 28 está conectado a la conexión de rotación 22, si bien, de manera alternativa, se puede prever una pluralidad de conexiones de rotación 22 separadas y coaxiales, cada una asociada al extremo inferior 28a de un brazo 28.

El extremo superior 28b de cada brazo soporta un marco 30 del bastidor 26. Este marco 30, paralelo al conjunto de células 4 y que se extiende sobre una superficie análoga, está perforado al máximo para permitir el paso de los rayos reflejados sobre el suelo en la dirección de la superficie de absorción indirecta 8, como se detallará a continuación. De manera convencional, está formado por montantes y travesaños, y porta en su periferia una pluralidad de refuerzos 32 que conectan este marco al conjunto de células 4. Estos refuerzos 32 permiten un desplazamiento adicional de las células 4 con respecto a la estructura de base 16.

Por último, la unidad giratoria 10 incluye dos espejos 34 que, en esta realización preferida, presentan ambos una naturaleza móvil dentro de la unidad. Sin embargo, podría preverse que solo uno de estos dos espejos fuera móvil y el otro fijo, sin apartarse del alcance de la invención.

Los dos espejos móviles 34 son sustancialmente planos y están dispuestos para desplazarse de forma simétrica con respecto a un plano medio P1 de la unidad, en el que se encuentran los brazos de desplazamiento 28. Los dos espejos móviles 34 están dispuestos, respectivamente, a cada lado de los brazos 28, de modo que el marco 30 se interpone verticalmente entre estos espejos y las células 4. Juntos forman una V, cuya apertura se puede controlar, como se detallará a continuación. Las dos superficies en el interior de la V son superficies de reflexión 38 configuradas para reflejar la luz en la dirección de la superficie de absorción indirecta 8 de las células 4, tal como se muestra de forma esquemática con los rayos de luz R2 en la Figura 3. Estos rayos reflejados R2 contrastan con los rayos R1 que impactan directamente en la superficie de absorción directa 6 de las células, de forma ortogonal a esta última en vista frontal.

Los espejos móviles 34 pueden estar realizados por reflectores, por ejemplo, utilizados en el campo de la fotografía, en lugar de los espejos más caros utilizados en el campo de la CPV (fotovoltaica de concentración). El coeficiente de reflectancia puede encontrarse dentro de un rango de 88-90 %. A modo de ejemplo, se puede utilizar una placa de aluminio, del orden de 1 mm de espesor, o también una placa de vidrio sobre la que se realiza un depósito de aluminio. Según una posibilidad, puede utilizarse un tejido reflectante, por ejemplo, una lámina de polímero del tipo PVF, PVDF, PET, etc., utilizando un marco con tensores con el fin de mantener la planitud de la superficie de reflexión 38.

Cada espejo móvil 34 presenta un primer extremo 40 en forma de borde paralelo al eje de giro 24, y que está montado de forma giratoria alrededor de un eje 43 sobre al menos un medio 42 deslizante a lo largo de un brazo de desplazamiento 28. Preferiblemente, puede disponerse un medio deslizante 42 sobre varios de los brazos 28, o incluso sobre todos ellos. En este caso, el borde 40 que forma el primer extremo del espejo 34 está montado de forma giratoria sobre cada uno de estos medios deslizantes 42, opcionalmente mediante lengüetas que proceden de este borde 40 y que forman parte integrante de una conexión de giro de eje. 43. Además, en este caso se dispone

preferiblemente que, al nivel de cada brazo de desplazamiento 28 en cuestión, el medio deslizante 42 sea común a los dos espejos 34, cada uno montado de forma giratoria sobre este medio 42.

El primer extremo 40 de cada espejo 34 corresponde a su borde más interior dentro de la unidad giratoria 10 y, por lo tanto, queda opuesto a un segundo extremo libre 41 correspondiente a un borde paralelo exterior. Entre estos dos extremos 40, 41 de cada espejo 34, este último está conectado a la periferia del marco 30 por un dispositivo de conexión 44, cuyo diseño permite al espejo variar su inclinación, cuando su primer extremo se desplaza a lo largo de los brazos de desplazamiento 28. De manera más precisa, el dispositivo de conexión 44 comprende un elemento 48 deslizante a lo largo de la superficie de reflexión 38 del espejo móvil 34, por ejemplo, en un carril 50 que se muestra de forma esquemática en la figura 2. El dispositivo 44 también comprende un elemento de giro 52 que permite la rotación del elemento deslizante 48 con respecto al marco 30, a lo largo de un eje de rotación 54 paralelo a los ejes 24, 43 antes mencionados. Cabe señalar pueden asociarse varios dispositivos de conexión 44 a cada espejo móvil 34, por ejemplo, distribuyéndose a lo largo de la periferia del marco 30 y haciendo coincidir los ejes de rotación 54.

Cuando la unidad 10 adopta su posición vertical media, tal como se muestra en las figuras 2 y 3, el medio deslizante 42 está en la posición alta sobre el brazo de desplazamiento vertical 28. En la vista frontal mostrada en estas figuras, el brazo 28 está orientado verticalmente con respecto al suelo 16, mientras que el conjunto de células 4 está orientado horizontalmente. Esta posición se adopta cuando el sol está más alto en el cielo durante el transcurso del día. Sitúa los dos espejos móviles 34 en una configuración de envergadura máxima, en la que un ángulo agudo de inclinación A entre la superficie de reflexión 38 y el plano P1 está preferiblemente comprendido entre 65 y 80° y, aún más preferiblemente, entre 70 y 75°. En esta configuración de envergadura máxima, el segundo extremo 41 de cada espejo está alejado del brazo de desplazamiento 28. Cada una de las dos superficies de reflexión 38 refleja los rayos de luz R2 sobre una mitad de la superficie de absorción indirecta 8 con la misma incidencia, lo que implica que esta superficie 8 queda iluminada de manera uniforme sobre toda su extensión. Esto garantiza un mejor rendimiento energético.

Esta configuración de envergadura máxima define un ancho activo máximo "Lm" de cada espejo, correspondiendo este ancho a la parte del espejo que se proyecta lateralmente desde el marco 30. Por otro lado, la otra parte del espejo situada entre el dispositivo de conexión 44 y el primer extremo 40 permanece inactivo y, opcionalmente, puede ser no reflectante. Sin embargo, la parte inactiva está preferiblemente perforada para permitir el paso de los rayos de luz R3 a los que se hace referencia en la figura 6, con el fin de que estos últimos se reflejen sobre el suelo 14 y puedan atravesar de manera efectiva el espejo 34 y luego el marco 30, antes de impactar contra la superficie de absorción indirecta 8. Esta radiación es tanto más importante porque el suelo 14 presenta un poder reflectante, estando, por tanto, el suelo está formado, por ejemplo, por grava blanca. Esta radiación de los rayos R3 se suma a la radiación procedente de los rayos R2, que se muestran en la figura 2 y que se reflejan sobre la superficie 38 de los espejos.

En esta misma figura se hace referencia a varias dimensiones del sistema, incluyendo el ancho activo máximo "Lm" de cada espejo, preferiblemente comprendido entre 2 y 4,5 m. Además, la distancia de separación "D" entre el marco 30 y la superficie de absorción indirecta 8 de las células 4 está comprendida entre 1 y 3 m.

El sistema 2 también incluye medios para hacer girar la unidad 10 y para variar la amplitud de los espejos 34. Para ello, en la realización descrita, se prevé un primer accionador o un primer grupo de accionadores 60, lo que permite controlar la conexión de rotación 22 entre la unidad 10 y la estructura de base 16. La amplitud de rotación permitida por estos primeros accionadores 60, a cada lado de la posición vertical media de la figura 2, puede estar comprendida entre 30 y 70°. Dado que el factor de concentración es pequeño, la precisión de orientación de la unidad 10 puede ser relativamente imprecisa ($\pm 3^\circ$ en lugar de $\pm 1^\circ$ en el caso de la CPV). Por lo tanto, parece posible utilizar accionadores simples y robustos. De este modo, no es necesario prever una detección de posición magnética, lo que permite, por ejemplo, la simple colocación en serie de accionadores de "todo o nada", como imanes o cilindros.

El sistema 2 también incluye un segundo accionador o un segundo grupo de accionadores 62, lo que permite controlar la apertura/amplitud de los espejos móviles 34. Los accionadores 62 permiten desplazar cada medio deslizante 42 de abajo a arriba y de arriba a abajo, a lo largo del brazo asociado 28. Puede tratarse, por ejemplo, de un motor lineal, o bien de un simple cilindro.

En esta realización preferida, los primeros accionadores 60 están separados de los segundos accionadores 62. Sin embargo, como la apertura de los espejos 34 está directamente relacionada con la inclinación de la unidad giratoria alrededor del eje de giro 24, estos accionadores 60, 62 están sincronizados.

Según una realización alternativa mostrada en la figura 3a, se prevé un accionador o un grupo de accionadores comunes 61 que controla directamente la conexión de rotación 22, entre la unidad 10 y la estructura de base 16. Estos accionadores controlan de forma simultánea la apertura de los espejos móviles 34, por medio de un dispositivo de transmisión de movimiento 63 dispuesto entre la conexión de rotación 22 y el medio deslizante 42. Este dispositivo de transmisión 63 es, preferiblemente, un dispositivo mecánico, que comprende elementos transmisión convencionales tales como levas, bielas, tornillos sin fin, etc.

La figura 4 muestra dos sistemas 2 directamente consecutivos dentro de la misma fila, con sus unidades giratorias 10 en la posición extrema matutina, es decir con la superficie de absorción directa 6 orientada hacia el este. En esta posición, la inclinación de la unidad 10 es máxima sobre el lado de un primero de los dos espejos 34, a saber, el de la derecha en la figura 4. Preferiblemente, la planta se controla de modo que todos los sistemas 2 presenten sus unidades 10 con la misma inclinación en todo momento del día.

Dado que esta posición se adopta por la mañana cuando el sol está bajo, los dos espejos 34 adoptan entonces una posición de envergadura mínima, en la que el ángulo agudo de inclinación A entre la superficie de reflexión 38 y el plano P1 está preferiblemente comprendido entre 5 y 30°, aunque se puede aplicar un valor más alto. En esta configuración, el segundo extremo 41 de los dos espejos 34 está más cerca del brazo 28 y del plano P1 que en la configuración de apertura máxima.

Además, en esta configuración de envergadura mínima, cada espejo 34 se baja debido al desplazamiento de su primer extremo 40 hacia la parte inferior del brazo de desplazamiento 28, a través del medio deslizante 42 llevado a la posición baja por los segundos accionadores. Como resultado, el ensombrecimiento inducido por el segundo espejo 34, el más a la izquierda en la figura 4, resulta ser particularmente pequeño y permite, sobre todo, una fuerte aproximación del sistema 2 directamente consecutivo, al tiempo que asegura que este último tiene sus espejos 34 completamente iluminados por el sol.

En esta configuración, cada una de las dos superficies de reflexión 38 refleja los rayos de luz R2 sobre la otra de las dos superficies 38, antes de que estos rayos impacten en la mitad de la superficie de absorción indirecta 8 con la misma incidencia. En determinados casos, la pequeña apertura de los espejos no podría permitir la iluminación de toda la superficie 8 mediante los rayos reflejados R2. En este caso, la iluminación de la superficie de absorción indirecta 8 se complementaría, en cualquier caso, con los rayos de luz R3, descritos anteriormente con referencia a la figura 6.

Así pues, durante el día, los sistemas 2 de cada fila la son controlados por los primeros accionadores de forma que cada una de sus unidades giratorias 10 gire de la posición extrema matutina de la figura 4 a una posición extrema vespertina que se muestra en la figura 5, simétrica a la anterior. En esta posición extrema vespertina, la unidad giratoria 10 se inclina de forma efectiva sobre el lado del segundo espejo 34, con sus dos espejos de nuevo en la configuración de envergadura mínima. Como resultado, el ensombrecimiento inducido por el primer espejo 34, el más a la derecha en la figura 5, resulta ser particularmente pequeño y permite, sobre todo, una fuerte aproximación del sistema 2 directamente consecutivo, al tiempo que asegura que este último tiene sus espejos 34 completamente iluminados por el sol.

Durante este desplazamiento entre las dos posiciones extremas mencionadas anteriormente, la unidad giratoria 10 pasa por la posición vertical media de la figura 3. Este desplazamiento diario va acompañado de un control de la apertura de los espejos 34. En particular, se prevé que cada uno de los dos espejos móviles 34 se desplace desde su configuración de envergadura mínima hacia su configuración de apertura máxima, cuando la unidad giratoria 10 se desplaza desde la posición extrema matutina hacia su posición vertical media. Entonces, se prevé que cada uno de los dos espejos 34 se desplace desde su configuración de envergadura máxima hacia su configuración de apertura mínima, cuando la unidad giratoria se desplaza desde su posición vertical media hacia la posición extrema vespertina. El desplazamiento de los espejos, a través de los segundos accionadores, se puede realizar de forma lineal o también por etapas a intervalos de tiempo regulares.

Según otra realización mostrada en las figuras 7 y 8, los dos espejos 34 ya no se controlan para desplazarse de forma simétrica con respecto al plano P1 que atraviesa los brazos de desplazamiento 28, sino que se desplazan al contrario, es decir, de forma asimétrica. El primer extremo 40 de cada uno de ellos está montado sobre su propio medio 42 deslizante a lo largo del brazo 28, de modo que los dos medios 42 no están necesariamente al mismo nivel sobre este brazo. Este es, en particular, el caso de la posición extrema vespertina que se muestra en la figura 7, en la que el primer espejo 34, todavía a la derecha en la figura, se encuentra en una configuración de envergadura mínima con el fin de limitar el ensombrecimiento de los espejos del sistema 2 directamente consecutivo. Por el contrario, el segundo espejo 34 adopta una configuración de mayor, o incluso de máxima, envergadura, permitiendo una mejor iluminación de la superficie de absorción indirecta 8 de las células 4, sin ser problemático con respecto al ensombrecimiento generado sobre el sistema directamente consecutivo. Los dos ángulos agudos de inclinación A1 y A2, respectivamente asociados a los dos espejos 34, presentan así valores diferentes en la posición extrema vespertina.

Una situación similar se aplica en la posición extrema matutina que se muestra en la figura 8, en la que el segundo espejo 34, todavía a la izquierda en la figura, se encuentra en la configuración de envergadura mínima con el fin de limitar el ensombrecimiento sobre los espejos del sistema 2 directamente consecutivo. Por el contrario, el primer espejo 34 adopta por su parte una configuración de mayor, o incluso de máxima, envergadura, permitiendo una mejor iluminación de la superficie de absorción indirecta 8 de las células 4, sin ser problemático con respecto al ensombrecimiento generado sobre el sistema directamente consecutivo.

Durante la rotación diaria de la unidad 10, el control de desplazamiento de los dos espejos 34 se adapta para obtener las aperturas mostradas para las posiciones extremas en las figuras 7 y 8, asegurando al mismo tiempo que ambos adoptan la configuración de envergadura máxima cuando la unidad 10 está en la posición vertical media de mediodía. En este caso, de nuevo, se puede adoptar un desplazamiento lineal o por etapas para poner en movimiento los dos espejos.

Por último, cabe señalar que, en esta realización preferida, o en la anterior, el conjunto de células 4 también está previsto para desplazarse lateralmente sobre el lado del primer espejo, así como sobre el lado del segundo espejo. De manera más precisa, en la posición extrema vespertina, el conjunto de células 4 ya no es simétrico con respecto al plano P1, sino que queda desplazado transversalmente hacia el lado del segundo espejo con el fin de limitar el ensombrecimiento inducido sobre el sistema 2 directamente consecutivo. Por el contrario, en la posición extrema matutina, el conjunto de células 4 ya no es simétrico con respecto al plano P1, sino que queda desplazado transversalmente hacia el lado del primer espejo con el fin de limitar el ensombrecimiento inducido sobre el sistema 2 directamente consecutivo. En otras palabras, durante la rotación diaria de la unidad 10, un control adicional permite poner en movimiento el conjunto de células 4 para que se desplace desde una posición extrema de un lado, que se muestra en la figura 8, hacia una posición extrema del lado opuesto, que se muestra en la figura 7, asegurando al mismo tiempo que adopta una posición central de simetría con respecto al plano P1 cuando la unidad se encuentra en la posición vertical media de mediodía.

Para permitir este desplazamiento del conjunto de células 4, es posible una simple conexión de traslación, pero se prefiere la implementación de un dispositivo 70 con un paralelogramo deformable. El marco 30 y el conjunto de células 4 constituyen entonces dos lados opuestos del paralelogramo, mientras que los refuerzos 32 cumplen la función de los otros dos lados opuestos de este paralelogramo. Para el accionamiento, se utilizan uno o más de otros accionadores, o bien se aplica un dispositivo de transmisión de desplazamiento específico, controlado por uno o más de otros accionadores del sistema 2.

Obviamente, los expertos en la materia pueden realizar diversas modificaciones sobre la invención que se acaba de describir, únicamente mediante ejemplos no limitativos. En particular, las características de las diferentes realizaciones pueden combinarse entre sí. Además, cabe señalar que la disposición del plano de las células con respecto al bastidor no se limita a la de los ejemplos descritos anteriormente, sino que esta disposición relativa puede ser de cualquier tipo. Así pues, el plano de las células podría inclinarse en un ángulo distinto de 90° con respecto al plano de los brazos de desplazamiento 28. Este ángulo podría incluso ser cero, lo que conduciría a un paralelismo o una identidad entre el plano de las células 4 y el del brazo 28. En el último caso, solo una de las dos superficies de reflexión 38 de los dos espejos 34 está prevista para reflejar la luz en la dirección de la superficie de absorción indirecta 8 de las células 4, estando configurada la otra superficie 38 para reflejar la luz en la dirección de la superficie de absorción directa 6.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de energía solar fotovoltaica (2) que comprende:

- 5 - una estructura de base (16);
- una unidad giratoria (10);
- una conexión de rotación (22) entre la unidad giratoria (10) y la estructura de base (16), definiendo la conexión de rotación un eje de giro (24) de la unidad giratoria,

10 comprendiendo la unidad giratoria (10):

- un conjunto de células solares fotovoltaicas bifaciales (4), que definen conjuntamente dos superficies opuestas destinadas a absorber energía de la radiación solar;
- un bastidor (26) de soporte de dichas células, comprendiendo el bastidor al menos un brazo (28) de desplazamiento de las células (4) con respecto a la estructura de base (16), estando conectado un extremo inferior del brazo de desplazamiento (28) a la conexión de rotación (22);
- 15 - dos espejos (34) que definen cada uno una superficie de reflexión (38) configurada para reflejar la luz en la dirección del conjunto de células (4), preferiblemente en la dirección de una superficie de absorción indirecta (8) de este conjunto, estando los dos espejos dispuestos, respectivamente, a cada lado del brazo de desplazamiento (28),
- 20

caracterizado por que al menos uno de los dos espejos (34) es móvil, al presentar un primer extremo (40) montado de forma giratoria sobre un medio (42) deslizante a lo largo del brazo de desplazamiento (28), pudiendo desplazarse el medio deslizante (42) entre una posición alta que lleva el espejo móvil (34) a una configuración de envergadura máxima, y una posición baja que lleva el espejo móvil (34) a una configuración de envergadura mínima, en la que un segundo extremo (41) del espejo móvil, opuesto al primer extremo, queda situado más cerca del brazo de desplazamiento (28) que en la configuración de envergadura máxima.

2. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el bastidor de soporte (26) también incluye un marco (30) fijado sobre un extremo superior del brazo de desplazamiento (28), y **por que** se prevé un dispositivo de conexión (44) entre cada espejo móvil (34) y el marco (30) del bastidor de soporte, dispositivo de conexión (44) que comprende un elemento (48) deslizante a lo largo del espejo móvil, así como un elemento de giro (52) que permite la rotación del elemento deslizante (48) con respecto al marco (30).

3. Sistema según la reivindicación 2, **caracterizado por que** el marco (30) es sustancialmente paralelo al conjunto de células solares fotovoltaicas bifaciales (4), estando el marco interpuesto entre los dos espejos (34) y el conjunto de células.

4. Sistema según la reivindicación 2 o la reivindicación 3, **caracterizado por que** el bastidor de soporte (26) también incluye una pluralidad de refuerzos (32) que conectan el marco (30) al conjunto de células solares fotovoltaicas bifaciales (4).

5. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el espejo móvil (34) define un ángulo agudo de inclinación del espejo (A) con un plano (P1) ortogonal al conjunto de células solares fotovoltaicas bifaciales (4), estando el ángulo agudo de inclinación del espejo (A) comprendido entre 5 y 30° en la configuración de envergadura mínima, y comprendido entre 65 y 80° en la configuración de envergadura máxima.

6. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los dos espejos (34) son móviles y están dispuestos para desplazarse de forma simétrica o asimétrica.

7. Sistema según la reivindicación 6, **caracterizado por que** los dos espejos móviles (34) están dispuestos para desplazarse de forma simétrica, estando el primer extremo (40) de cada uno de ellos montado de forma giratoria sobre un mismo medio (42) deslizante a lo largo del brazo de desplazamiento (28).

8. Sistema según la reivindicación 6, **caracterizado por que** los dos espejos móviles (34) están dispuestos para desplazarse de forma asimétrica, estando el primer extremo (40) de cada uno de ellos montado de forma giratoria, respectivamente, sobre dos medios separados (42) deslizantes a lo largo del brazo de desplazamiento (28).

9. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el conjunto de células solares fotovoltaicas bifaciales (4) está configurado desplazarse lateralmente sobre el lado de uno de los dos espejos, y sobre el lado del otro espejo.

10. Sistema según la reivindicación 9, **caracterizado por que** el bastidor de soporte (26) incluye un dispositivo con un paralelogramo deformable (70) diseñado para desplazar lateralmente el conjunto de células solares fotovoltaicas bifaciales (4).

11. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** también incluye al menos un primer accionador (60) de la conexión de rotación (22) entre la unidad giratoria (10) y la estructura de base (16), así como al menos un segundo accionador (62) de espejo móvil, estando el/los primer(os) accionador(es) separado(s) del/de los segundo(s) accionador(es).
- 5 12. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por que** también incluye un accionador común (61) que controla de forma simultánea la conexión de rotación (22) entre la unidad giratoria (10) y la estructura de base (16), así como cada espejo móvil (34).
- 10 13. Planta de energía solar (1) que comprende al menos una fila (1a) de sistemas de energía solar fotovoltaica (2) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, con los ejes de giro (24) de las unidades giratorias (10) pertenecientes a los sistemas de la fila en cuestión siendo paralelos entre sí.
- 15 14. Planta según la reivindicación 13, **caracterizada por que** comprende varias filas (1a) de sistemas de energía solar fotovoltaica (2).
- 20 15. Procedimiento de control de una planta de energía solar (1) según la reivindicación 13 o la reivindicación 14, **caracterizado por que** durante el transcurso de un día, la unidad giratoria (10) de los sistemas (2) de cada fila gira de una posición extrema matutina, en la que la unidad se inclina sobre el lado de un primero de los dos espejos (34), a una posición extrema vespertina, en la que la unidad giratoria (10) se inclina sobre el lado de un segundo de los dos espejos (34), pasando por una posición vertical media de la unidad giratoria, y **por que** el procedimiento se implementa de manera tal que para al menos uno de los sistemas (2) de al menos una de las filas (1a):
- 25 el primer espejo móvil (34) se desplaza desde su configuración de envergadura mínima hacia su configuración de apertura máxima cuando la unidad giratoria (10) se desplaza desde la posición extrema matutina hacia su posición vertical media, y/o **por que** el primer espejo móvil (34) se desplaza desde su configuración de envergadura máxima hacia su configuración de apertura mínima cuando la unidad giratoria (10) se desplaza desde su posición vertical media hacia la posición extrema vespertina;
- 30 y/o **por que** el segundo espejo móvil (34) se desplaza desde su configuración de envergadura mínima hacia su configuración de apertura máxima cuando la unidad giratoria (10) se desplaza desde la posición extrema matutina hacia su posición vertical media, y/o **por que** el segundo espejo móvil (34) se desplaza desde su configuración de envergadura máxima hacia su configuración de apertura mínima cuando la unidad giratoria (10) se desplaza desde su posición vertical media hacia la posición extrema vespertina.
- 35

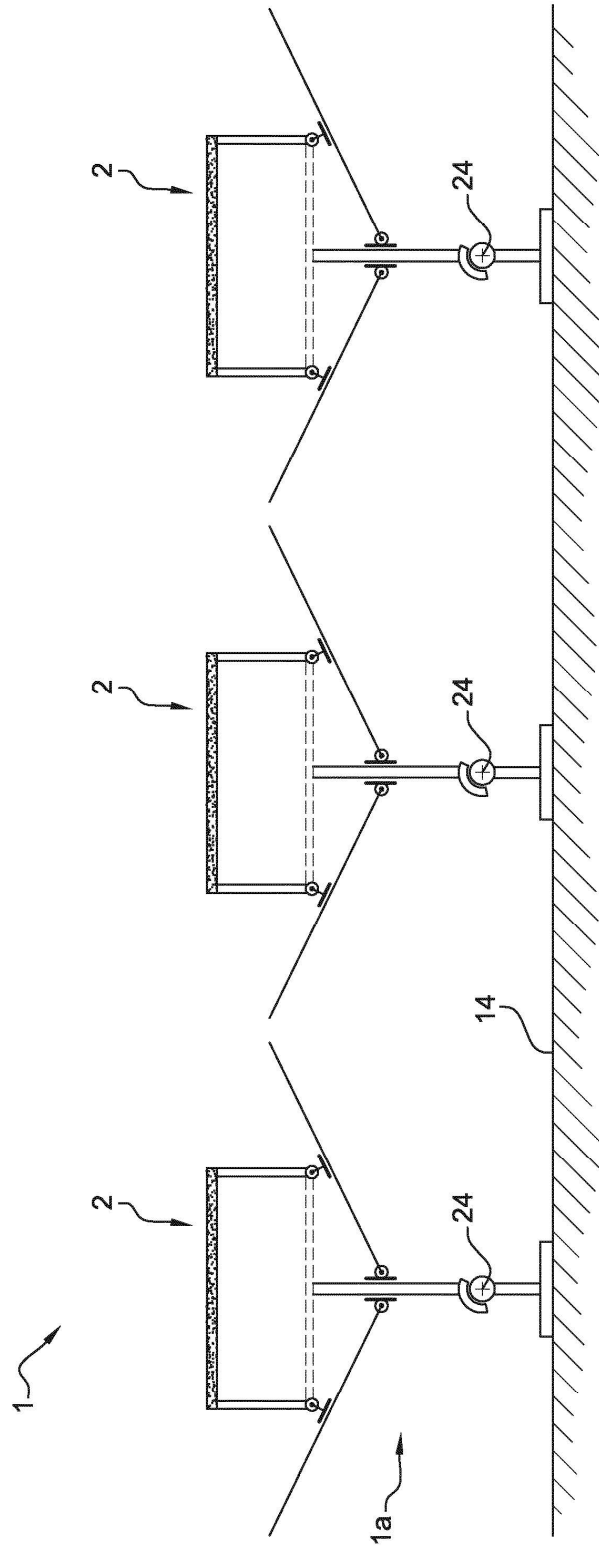


Fig. 1

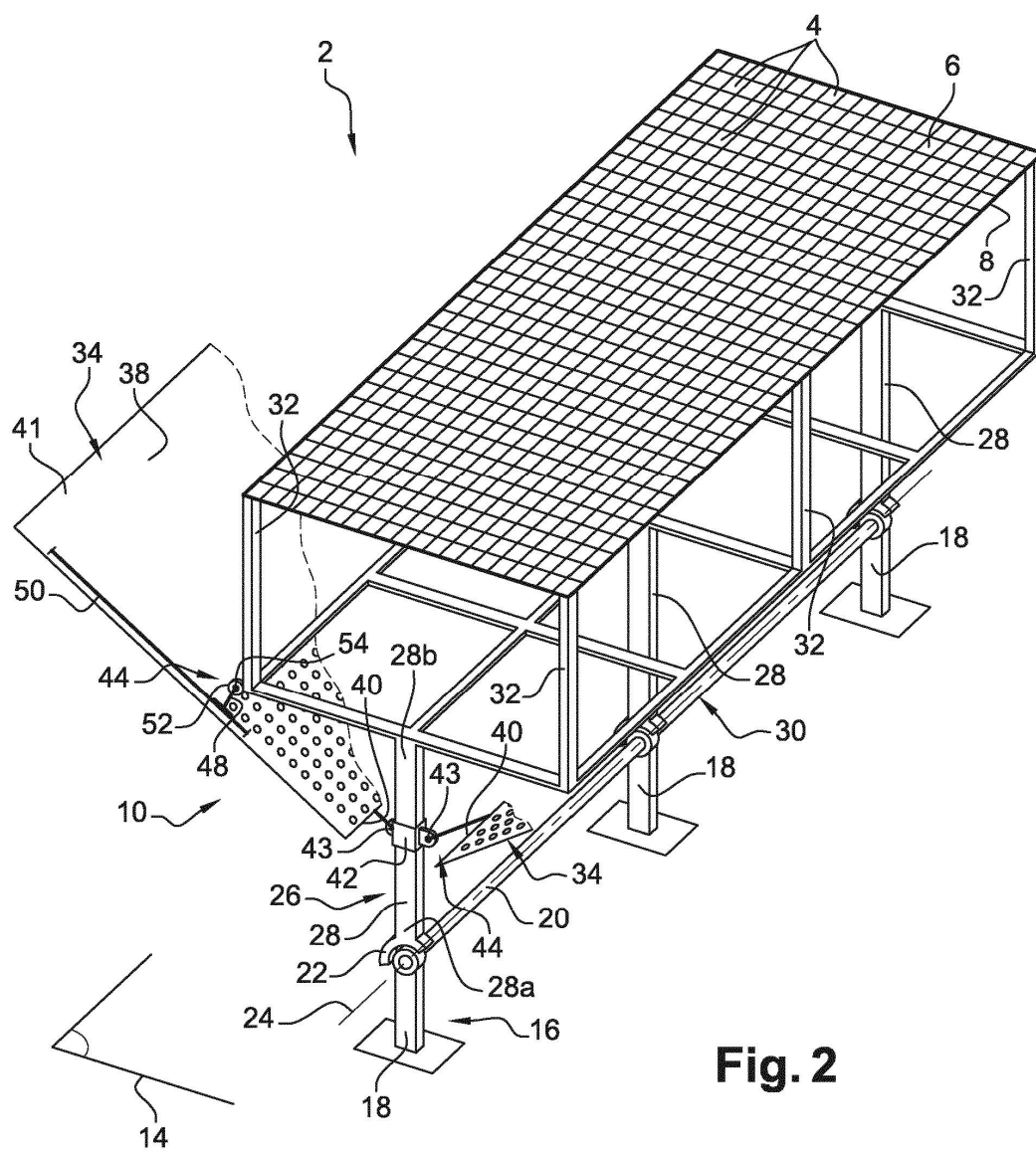


Fig. 2

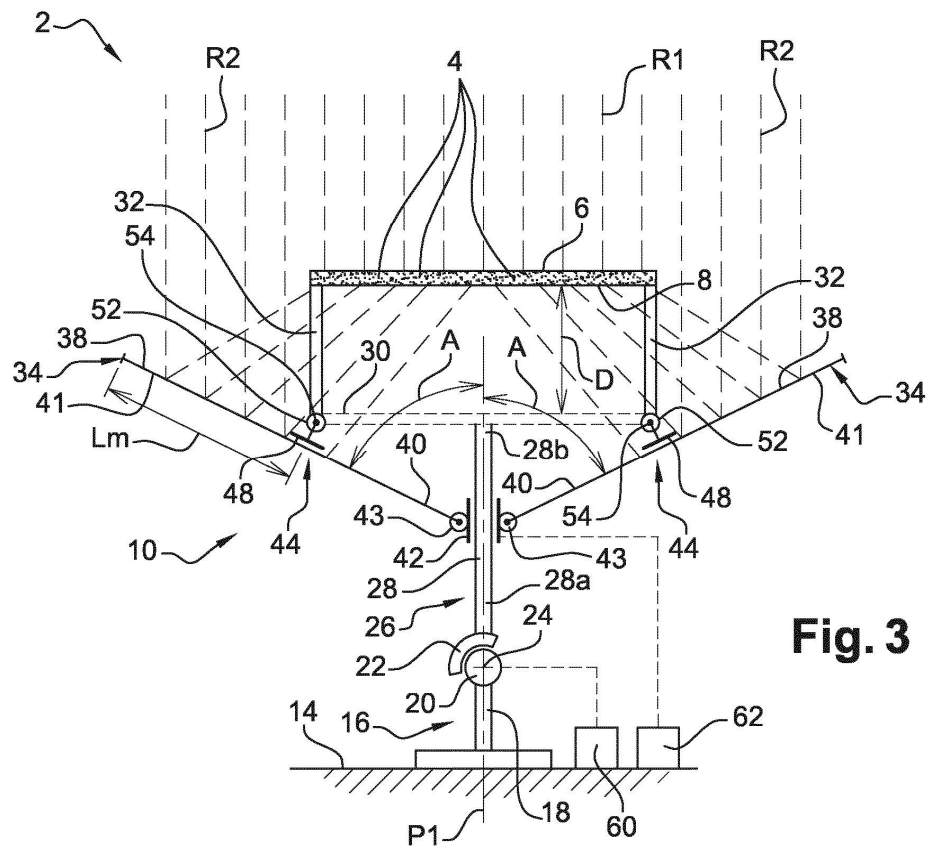


Fig. 3

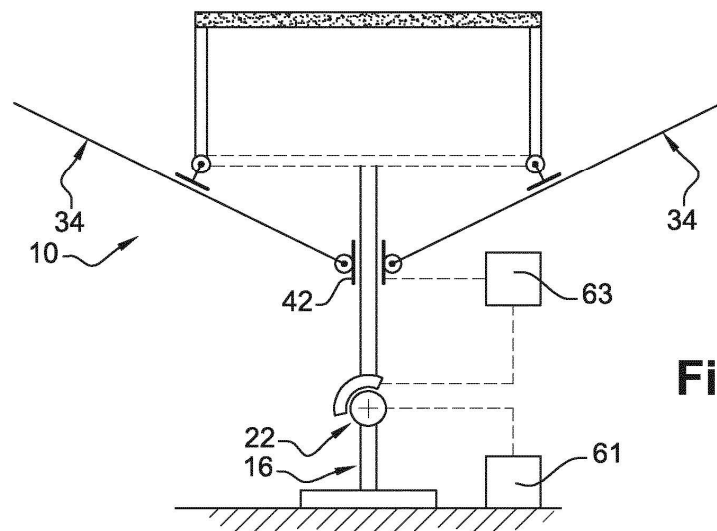


Fig. 3a

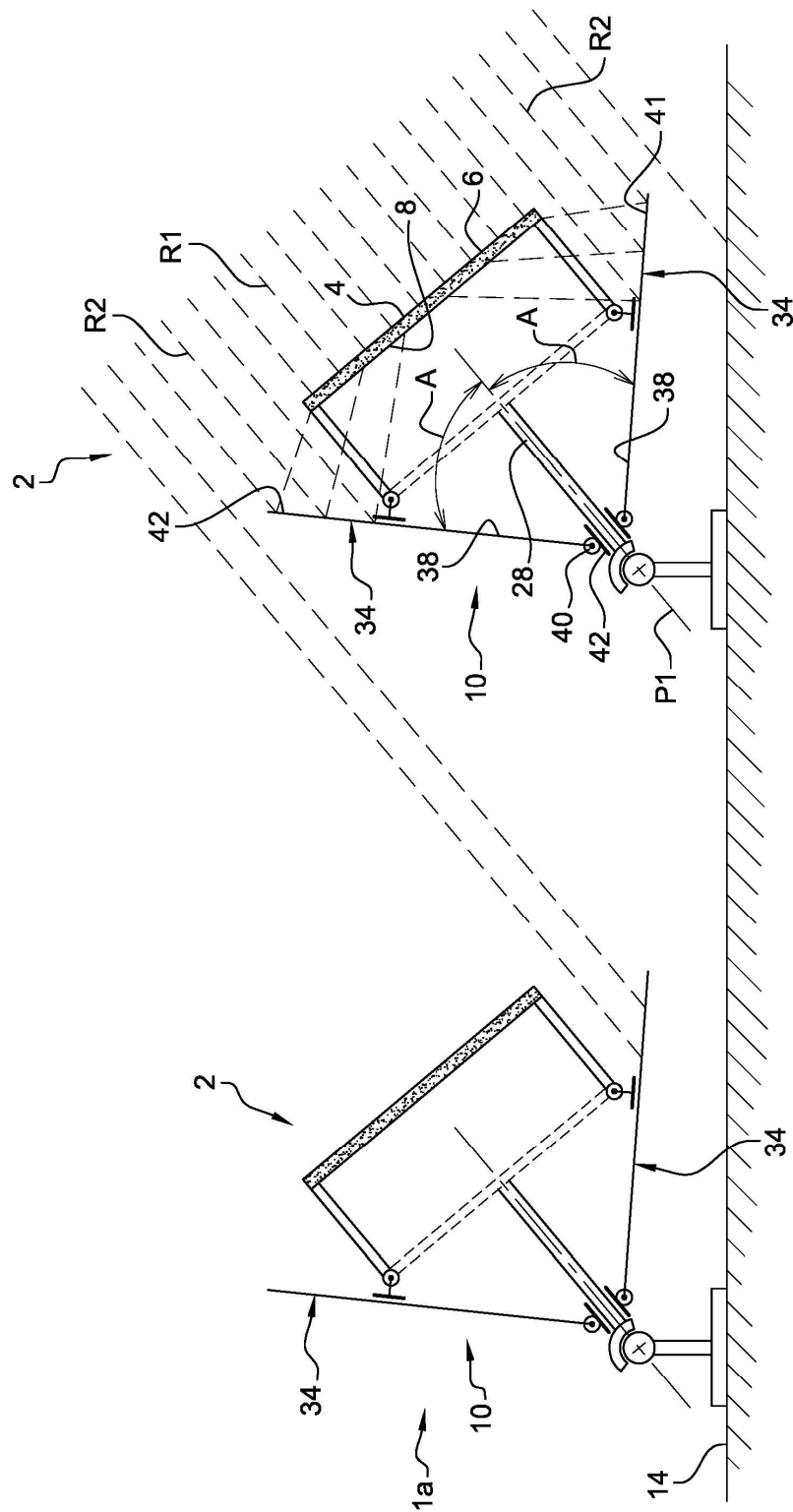


Fig. 4

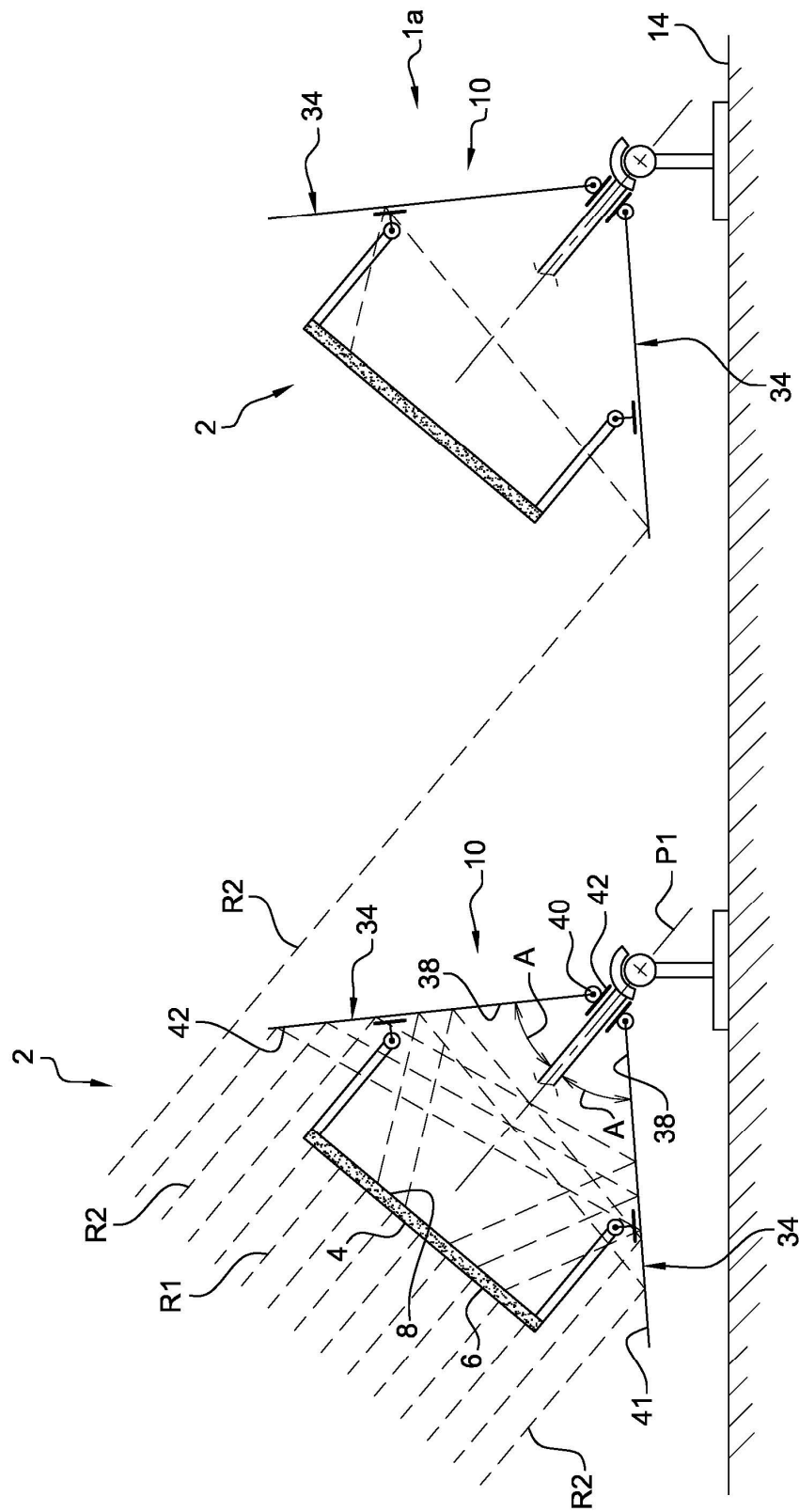


Fig. 5

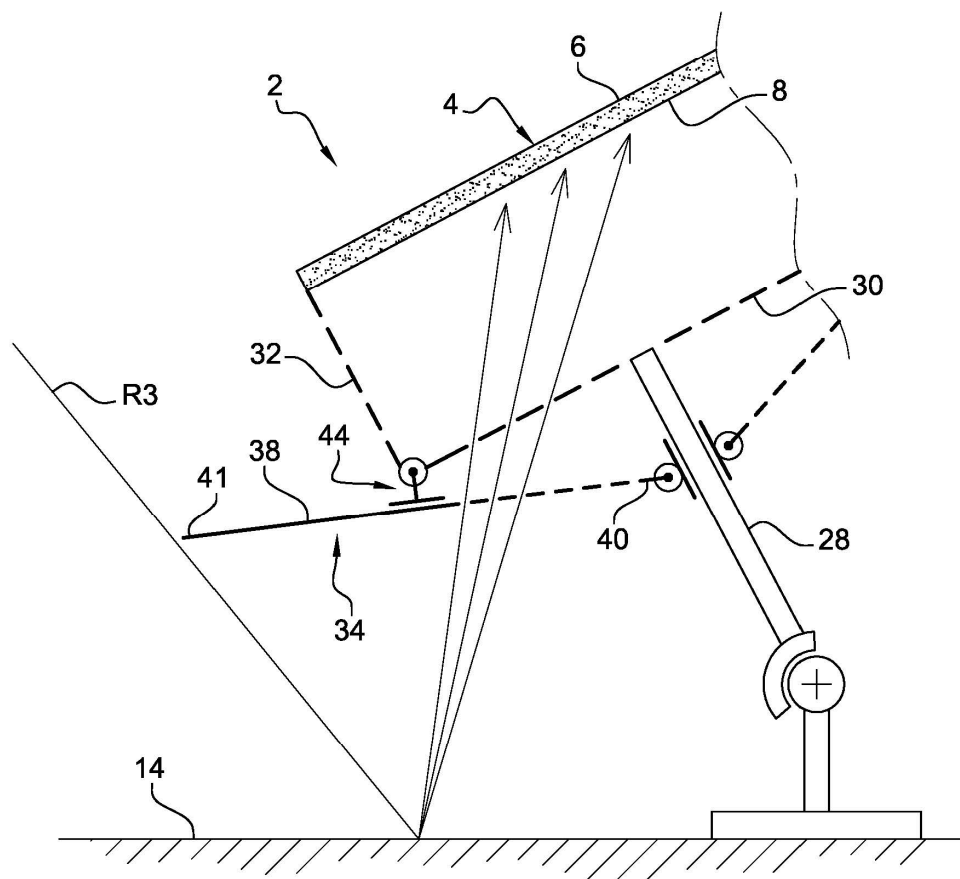


Fig. 6

