

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 647 498**

51 Int. Cl.:

**F24J 2/07** (2006.01)

**F24J 2/38** (2014.01)

**F24J 2/54** (2006.01)

**G01S 3/786** (2006.01)

**G06K 9/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.11.2007 PCT/EP2007/061920**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.05.2008 WO08058866**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.11.2007 E 07822244 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.08.2017 EP 2047182**

54 Título: **Método para regular la alineación de un heliostato sobre un receptor, dispositivo de heliostato y central de energía solar**

30 Prioridad:

**13.11.2006 DE 102006053758**

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

**21.12.2017**

73 Titular/es:

**DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND  
RAUMFAHRT E.V. (100.0%)  
LINDER HÖHE  
51147 KÖLN, DE**

72 Inventor/es:

**PFAHL, ANDREAS;  
BUCK, REINER y  
REHSCHUH, KARSTEN**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 647 498 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**

- 5 Método para regular la alineación de un heliostato sobre un receptor, dispositivo de heliostato y central de energía solar
- La invención se refiere a un método para regular la alineación de un heliostato sobre un receptor.
- La invención se refiere, además, a un dispositivo de heliostato, que comprende un equipamiento de espejo móvil.
- 10 Además, la invención se refiere a una central de energía solar, que comprende por lo menos un receptor y por lo menos un dispositivo de heliostato.
- Las centrales de energía solar con un receptor de torre se conocen, por ejemplo, de los documentos US 4.564.275 y US 4.586.488.
- 15 Del documento US 4.211.922, se conoce un sistema de heliostato que presenta una lente que, a su vez, produce una imagen lineal. Un fotosensor de múltiples elementos se halla dispuesto detrás de un espejo de manera tal que es posible enfocar una imagen del sol y una imagen de un receptor sobre el fotosensor.
- 20 Del documento US 4.013.885, se conoce un dispositivo para ser utilizado en el posicionamiento de espejos individualmente controlables, dispuestos a distancia con respecto a un receptor solar. Cada espejo presenta un reflector con una abertura. Se forma un área de representación detrás del reflector. Otro reflector está dispuesto detrás, de manera de rodear la abertura. Se ha previsto un detector que está situado sobre una línea desde un receptor solar a través de la abertura, para asegurar la concetricidad de las imágenes del sol en el intervalo visible del espectro electromagnético, tal como son reflejadas desde la superficie de representación.
- 25 Del documento US 2005/0274376 A1, se conoce un sistema de detección para determinar el error de posición de un heliostato con respecto a un receptor.
- 30 Por medio de uno o varios heliostatos, se dirige la radiación solar sobre el receptor. Debido a la migración del sol, es necesario que los heliostatos sean guiados de manera de seguir el movimiento del sol.
- La invención tiene el objetivo de poner a disposición un método del tipo descrito al inicio, mediante el que sea posible llevar a cabo la alineación y el guiado de seguimiento del equipamiento de espejo de un heliostato de una manera sencilla y económica.
- 35 Esta tarea se soluciona de acuerdo con la invención gracias a las características de la reivindicación 1.
- 40 Sobre una superficie de espejo de un equipamiento de espejo del heliostato, se halla dispuesto un equipamiento sensor de imágenes bidimensional y el heliostato se alinea mediante el equipamiento sensor de imágenes bajo reconocimiento de imágenes en una imagen bidimensional de manera tal que un primer ángulo de un primer vector, que apunta al sol, con respecto a un vector predeterminado del equipamiento de espejo y un segundo ángulo de un vector, que apunta a una región diana prefijada del receptor, con respecto al vector predeterminado, se hallan en una relación que es función de un vector predeterminado del equipamiento de espejo, en donde se determinan imágenes del sol y de la región diana prefijada y su posición relativa con respecto al vector predeterminado, detectándose el contorno de una representación del sol.
- 45 En la solución de acuerdo con la invención, se detecta, mediante la evaluación de la imagen en una imagen bidimensional si un heliostato está correctamente alineado y eventualmente se lleva a cabo un guiado de seguimiento en base a los resultados de la detección. La alineación del sensor de imágenes puede realizarse de una manera sencilla y económica. Por ejemplo, pueden utilizarse cámaras digitales para los equipamientos sensores de imagen utilizados.
- 50 Como magnitud de regulación pueden utilizarse las coordenadas de imágenes del sol y de la región diana prefijada. En este caso, por ejemplo, es innecesario determinar la posición del equipamiento de espejo mediante dispositivos medidores de ángulo.
- 55 Mediante el método de acuerdo con la invención es también posible llevar a cabo un guiado de seguimiento del heliostato en caso de un cielo cubierto de nubes. En lugar de una imagen real, puede utilizarse una imagen "virtual" del sol generada mediante un algoritmo para determinar el movimiento del sol. Es posible generar coordenadas de una imagen solar prevista, que pueden ser objeto de un procesamiento ulterior.
- 60 La región diana del receptor genera una imagen y el sol genera una representación. El vector predeterminado es un píxel determinado o una región de píxeles determinada en el equipamiento sensor de imágenes. El número de píxeles, en el que la imagen de la región diana está alejada con respecto a los píxeles asignados al vector predeterminado, es una medida de la posición de la región diana del receptor con respecto al vector predeterminado
- 65

- 5 del equipamiento de espejo. De la misma manera, el número de píxeles en que la representación del sol está alejada con respecto al o a los píxeles asignados al vector predeterminado, es una medida de la posición del sol con respecto al vector predeterminado del equipamiento de espejo. A continuación, por intermedio de las coordenadas en la imagen es posible una regulación sencilla para establecer una relación determinada de los ángulos primero y segundo con respecto al vector predeterminado.
- Gracias al método de acuerdo con la invención, es posible una calibración sencilla del sistema. Las posibilidades de error que han de tenerse presentes para la calibración deben mantenerse reducidas.
- 10 El método de regulación puede llevarse a cabo con una elevada exactitud en el resultado de la regulación.
- 15 En especial se prevé que el vector predeterminado del equipamiento de espejo sea un vector normal con respecto a la superficie de un espejo. De esta manera, es posible determinar en forma sencilla la posición relativa con respecto al vector predeterminado. Por ejemplo, el vector predeterminado se realiza a través de un punto fijo en la imagen que es evaluada mediante reconocimiento de imagen.
- 20 En especial, en este caso, el heliostato se alinea de manera tal que los ángulos primero y segundo tengan valores esencialmente iguales. De esta manera, es posible una evaluación sencilla. Por ejemplo, seguidamente, a partir de la posición de un punto medio de una línea de unión entre la imagen del sol y la imagen de la región diana, puede determinarse si es necesario efectuar un guiado de seguimiento o no y, eventualmente cómo ha de llevarse a cabo dicho guiado de seguimiento.
- 25 Es favorable que el equipamiento sensor de imágenes esté dispuesto en una superficie de espejo del equipamiento de espejo. Esta manera es posible llevar a cabo la regulación de manera sencilla. Por medio de las coordenadas de las representaciones del sol y de la región diana en la imagen generada por el equipamiento sensor de imágenes, es posible determinar de manera sencilla el posicionamiento del equipamiento de espejo con respecto al sol y con respecto a la región diana.
- 30 El equipamiento sensor de imágenes está configurado como equipamiento sensor de imágenes bidimensional. De esta manera, se genera una imagen bidimensional mediante la cual es posible llevar a cabo la evaluación de manera sencilla mediante reconocimiento de imágenes.
- 35 Es favorable cuando el equipamiento sensor de imágenes está asignado con un equipamiento de representación óptico. De esta manera, se asegura que se genere una imagen, siendo posible evaluar la posición de las representaciones del sol y de la región diana.
- 40 Puede preverse que el equipamiento de representación óptico presente una característica espectralmente selectiva. Por ejemplo, el equipamiento de representación óptico comprende a tal efecto uno o varios filtros espectralmente selectivos. Con ello es posible que solamente se utilicen determinados intervalos de longitudes de onda para el reconocimiento de las imágenes. De esta manera, también es posible reducir en un grado considerable la diferencia entre la intensidad de la luz solar y la intensidad de la luz reflejada en la región diana del receptor.
- 45 Fundamentalmente es posible realizar el equipamiento de representación mediante un sistema de lentes. Si el equipamiento de representación óptico comprende por lo menos un diafragma y en especial está formado por un diafragma, en tal caso no se originan inexactitudes de regulación debidas a posibles defectos ópticos del sistema de lentes.
- 50 Puede preverse que el equipamiento de representación óptico presente una pluralidad de equipamientos de representación parciales, mediante los cuales se representa una región de ángulo parcial. En este caso, un equipamiento de representación parcial determinado tiene a su cargo una determinada región de ángulo parcial. Al respecto, es fundamentalmente posible determinar mediante conmutación cuál equipamiento de representación parcial es activo, es decir efectivo. En este contexto, los equipamientos de representación parciales son equipamientos de subrepresentación separados del equipamiento de representación óptico. Por ejemplo, un primer diafragma está previsto con un orificio, que tiene a su cargo una región de imagen para ángulos de entre  $-45^\circ$  y  $+45^\circ$ .
- 55 Puede preverse otro equipamiento de representación parcial, que está configurado como diafragma provisto de dos orificios adyacentes entre sí con un intervalo de imagen de, por ejemplo,  $-80^\circ$  a  $-45^\circ$ . Este equipamiento de representación parcial puede comprender una óptica de desvío.
- 60 También puede preverse que un equipamiento de representación parcial esté configurado de manera tal que mediante el equipamiento sensor de imágenes se reconozca si está activo o no. En este caso, el equipamiento de representación parcial presenta determinadas características que pueden reconocer el equipamiento sensor de imágenes, a efectos de facilitar la evaluación. Al respecto, las características pueden ser características ópticas o también puede tratarse de firmas electrónicas, que pueden reconocerse mediante un equipamiento de control/regulación.
- 65

Es favorable cuando el equipamiento sensor de imágenes está dispuesto y configurado de manera tal que en todos los puntos operativos relevantes se representen el sol y la región diana prefijada. De esta manera, es posible regular el guiado de seguimiento en todos los puntos operativos relevantes.

- 5 Es especialmente favorable que el equipamiento sensor de imágenes esté posicionado fijo en una región central de una superficie de espejo del equipamiento de espejo. Con ello resulta una región de trabajo optimizada. En la región central de la superficie de espejo, usualmente tienen lugar las menores deformaciones debidas a gravedad y carga de viento.
- 10 Puede preverse que en el receptor y/o en un campo de heliostatos se hallen posicionadas una o varias marcaciones para el reconocimiento de imágenes mediante el equipamiento sensor de imágenes. De esta manera, es eventualmente posible mejorar la generación de una representación de la región diana mediante el equipamiento sensor de imágenes.
- 15 La marcación o las marcaciones pueden estar formadas por elementos pasivos y/o elementos activos. En el caso de una realización por medio de elementos pasivos como, por ejemplo, pintadas de color claro, es posible configurar el receptor de manera correspondientemente sencilla. En caso de una realización mediante elementos activos como por ejemplo lámparas, es eventualmente posible mejorar el reconocimiento de la imagen de la región diana del receptor.
- 20 Por ejemplo, la o las marcaciones están formadas por un reborde por lo menos parcialmente de color claro, en la región diana del receptor. De esta manera, se pone a disposición una especie de área de referencia mediante la que se simplifica el reconocimiento de imagen. En especial, es posible establecer una representación definida de la región diana.
- 25 Adicional o alternativamente, por ejemplo, también es posible que la o las marcaciones estén formadas por uno o varios elementos lumínicos activos. Por ejemplo, es posible prever lámparas o diodos de luz dispuestos en o en la proximidad de la región diana del receptor. En especial, si se han previsto en especial elementos lumínicos emisores en banda angosta, en cuyo caso el equipamiento sensor de imágenes solamente ha de detectar el intervalo de longitudes de onda de banda angosta, es posible reducir la diferencia de intensidad entre la luz solar y la intensidad de la marcación.
- 30 Es especialmente ventajoso cuando mediante el equipamiento sensor de imágenes se lleva a cabo un primer registro de imagen para el sol y un segundo registro de imagen para el receptor. Por medio de la separación de los registros de imagen para el sol y para el receptor, es posible tener en cuenta las diferentes luminosidades.
- 35 En especial, el primer registro de imagen y el segundo registro de imagen están separados entre sí en el tiempo. Al respecto, es fundamentalmente irrelevante cuál el registro de imagen se efectúa en primer término.
- 40 Además, es ventajoso que el primer registro de imagen se lleve a cabo con un tiempo de exposición más breve que el segundo registro de imagen. De esta manera, es posible tener en cuenta la mayor luminosidad del sol.
- 45 En especial, una magnitud de la regulación es la posición relativa de la imagen del sol y de la imagen de la región diana del receptor con respecto al vector predeterminado. La magnitud de la regulación es aquella magnitud objeto de regulación. La finalidad de la regulación es la de llevar la magnitud de la regulación a un intervalo determinado. En especial, el objetivo es el de colocar la imagen del sol y de la región diana del receptor en una posición relativa determinada con respecto al vector predeterminado. El vector predeterminado se realiza en especial mediante un punto de imagen en una imagen del equipamiento sensor de imágenes. Al respecto, este punto de imagen puede ser una representación real o un punto virtual determinado por ejemplo mediante un proceso de calibración, que se caracteriza por coordenadas determinadas.
- 50 En el caso de una realización sencilla desde el punto de vista de la tecnología de regulación, la expresión "magnitud de regulación" se refiere a la posición de un punto determinado sobre una línea de unión entre una imagen del sol y una imagen de la región diana del receptor. Este punto determinado, que es por ejemplo el punto medio, puede determinarse de manera sencilla mediante reconocimiento de imagen.
- 55 En especial, la regulación se lleva a cabo de manera tal que el punto determinado esté situado sobre una curva de imagen prefijada o en un punto de imagen prefijado. En este contexto, por "curva de imagen" o bien "punto de imagen" debe entenderse una curva o bien un punto en la imagen. La regulación se efectúa de manera tal que el punto determinado sea llevado a la región prefijada.
- 60 En especial, el punto determinado es el punto medio de la línea de unión.
- 65 La regulación puede efectuarse de manera sencilla cuando la finalidad es que el punto medio se encuentre esencialmente en la misma posición en la imagen, es decir, el equipamiento de espejo experimenta un guiado de

seguimiento de manera tal que el punto medio, en aras de la exactitud de la regulación, se encuentre siempre en el mismo lugar en la imagen.

5 En especial, a partir de una desviación de una magnitud de regulación con respecto a un valor teórico, se determina una posición de guiado de seguimiento para el equipamiento de espejo. De esta manera, es posible llevar a cabo en forma sencilla y rápida el guiado de seguimiento del equipamiento de espejo.

10 Es favorable que se haya previsto un modo de control, en el que se calculan la posición del sol y/o una posición teórica para el equipamiento de espejo. Debido a un cielo nublado, eventualmente es posible que el equipamiento sensor de imágenes no genere una representación del sol que sea evaluable por el equipamiento de reconocimiento de imágenes. En este caso es favorable cuando se pasa a un modo de control en el que se calculan la posición del sol y/o la posición teórica del equipamiento de espejo. En el primer caso, el equipamiento del control/regulación genera una representación virtual del sol para el reconocimiento de imágenes. Se prefijan coordenadas para la representación del sol en base a la posición calculada del sol. Por ejemplo, es también posible que para un control no afinado en el caso de cobertura de nubes, la posición teórica del equipamiento de espejo tenga lugar por intermedio de un cálculo de las velocidades de los motores de accionamiento de un equipamiento de accionamiento. También es posible determinar por ejemplo mediante la hora del día, la posición teórica del equipamiento de espejo.

20 A continuación se determina en especial en el modo de control una imagen de la región diana del receptor y se utiliza la posición solar calculada y/o la posición teórica del equipamiento de espejo para el guiado de seguimiento del equipamiento de espejo. En este caso, la magnitud de la regulación se controla por intermedio de la posición solar calculada y de la imagen detectada de la región diana del receptor.

25 Es favorable medir el contorno de una representación solar, para verificar si es posible regular la alineación del equipamiento de espejo con ayuda de la representación del sol. De esta manera, es posible establecer de manera sencilla si la señal del sol, suministrada por el equipamiento sensor de imágenes, es suficiente para llevar a cabo una regulación con ayuda de la representación. Si éste no es el caso, puede pasarse a un modo de control, en el que mediante el cálculo de la posición del sol se genera una imagen virtual.

30 Es favorable que se haya previsto un proceso de calibración mediante el que se determinen las coordenadas de un vector predeterminado de la imagen asociada al equipamiento de espejo. Al respecto, no es necesario que dicha imagen sea una imagen real. Mediante el proceso de calibración se determinan las coordenadas para el vector predeterminado, que pueden ser tenidas en cuenta para el reconocimiento de las imágenes y para la evaluación de las imágenes.

35 La invención tiene además el objetivo de poner a disposición un dispositivo de heliostato del tipo mencionado al inicio, en el que el equipamiento de espejo pueda ser guiado de manera sencilla para seguir el sol.

40 Este objetivo se logra de por medio de las características de la reivindicación 13.

45 Se proporciona un equipamiento sensor de imágenes bidimensional, que está dispuesto en la superficie de espejo de un equipamiento de espejo, y se proporciona un equipamiento de control/regulación, siendo el equipamiento de espejo alineable mediante el equipamiento sensor de imágenes y el equipamiento de control/regulación, por intermedio de reconocimiento de imagen de una representación del sol y de una representación de una región diana de un receptor de acuerdo con el método según la reivindicación 1, en donde se detecta el contorno de una representación del sol.

50 Las ventajas del dispositivo de heliostato de acuerdo con la invención ya se explicaron en relación con el método de acuerdo con la invención.

55 Las realizaciones ventajosas del dispositivo de acuerdo con la invención también ya se explicaron en conexión con el método de acuerdo con la invención.

Es favorable que el equipamiento de espejo pueda rotar alrededor de por lo menos dos ejes. De esta manera, es posible una alineación y guiado de seguimiento óptimos del equipamiento de espejo.

Además, es favorable que se haya previsto un equipamiento de accionamiento para mover el equipamiento de espejo. De esta manera, es posible llevar a cabo la alineación en especial en forma automatizada.

60 Por el hecho de que la alineación del sensor de imágenes está configurada como equipamiento sensor de imágenes bidimensional, el equipamiento sensor de imágenes pone a disposición una imagen bidimensional, que puede ser evaluada de manera sencilla. En especial, es posible calcular sencillamente las coordenadas de una representación del sol y de una representación de una región diana de un receptor, y en especial determinarlas en relación con un punto determinado en la imagen que, por ejemplo, está definido por un vector predeterminado del equipamiento de espejo.

65

- Es favorable cuando el equipamiento sensor de imágenes presenta una dirección normal que es paralela a una dirección normal de una superficie de espejo del equipamiento de espejo. Cuanto menor sea la oblicuidad del equipamiento sensor de imágenes con respecto a la superficie de espejo, tanto más sencillamente podrá efectuarse un método de regulación para la alineación.
- 5 Es especialmente ventajoso que al equipamiento sensor de imágenes esté asignado un equipamiento de representación óptico, para generar representaciones del sol y de una región diana del receptor.
- 10 Puede ser favorable que el equipamiento de representación óptico presente una característica espectralmente selectiva. Por ejemplo, el equipamiento de representación óptico presenta uno o varios filtros espectralmente selectivos. De esta manera, es posible utilizar solamente determinadas longitudes de onda; por ejemplo, en el caso de filtros correspondientemente configurados es posible reducir en esta forma la diferencia entre la intensidad de la luz solar y la intensidad de la luz procedente de la región diana del receptor.
- 15 En una realización favorable, el equipamiento de representación óptico comprende por lo menos un diafragma o bien está formado por un diafragma. Con ello se suprimen posibles errores ópticos de un sistema de lentes, por lo que es posible una regulación sencilla y exacta de la alineación del equipamiento de espejo.
- 20 Puede preverse que el equipamiento de representación óptico presente una pluralidad de equipamientos de representación parcial, mediante los cuales es posible representar correspondientes regiones angulares parciales. De esta manera, es posible una adaptación optimizada. El reconocimiento de imágenes puede optimizarse por el hecho de que, para determinadas regiones angulares, se obtienen relaciones de representación optimizadas.
- 25 Es especialmente ventajoso que el equipamiento sensor de imágenes esté dispuesto y configurado de manera tal que en todos los puntos operativos relevantes sea posible representar el sol y la región diana del receptor. De esta manera, se obtiene una regulación exacta de la alineación y del guiado de seguimiento del equipamiento de espejo.
- 30 En este caso, es ventajoso que el equipamiento sensor de imágenes esté posicionado fijo en una región central de una superficie de espejo del equipamiento de espejo. De esa manera, es posible abarcar una región más grande de un modo sencilla. Las deformaciones del equipamiento de espejo debido a la gravedad y a las cargas de viento son más reducidas en la región central.
- 35 Es especialmente ventajoso que el equipamiento de control/regulación comprenda un equipamiento de reconocimiento de imágenes. Por medio de éste es posible evaluar las imágenes bidimensionales puestas a disposición por el equipamiento sensor de imágenes. Es posible determinar las coordenadas de representaciones del sol y de una región diana del receptor, y determinar su posición relativa con respecto un punto predeterminado.
- 40 Además, es ventajoso que el equipamiento de control/regulación comprenda un equipamiento para calcular la posición del sol y/o una posición teórica del equipamiento de espejo. De esta manera, es posible generar una representación virtual del sol también el caso de que el cielo esté nublado, de modo tal que también el caso de la presencia de nubes sea posible un guiado de seguimiento sencillo del equipamiento de espejo. Por ejemplo, es posible que la posición del sol se calcule mediante algoritmos conocidos referidos a la trayectoria aparente del sol. También es posible que la posición teórica deseada del equipamiento de espejo se calcule en base a la hora del día o tenga lugar mediante un cálculo de la velocidad de los motores de accionamiento de un equipamiento de accionamiento destinado al movimiento de equipamiento de espejo.
- 45 Además, es favorable que el equipamiento de control/regulación abarque un equipamiento para controlar un tiempo para registrar el sol y para registrar la región diana del receptor. Mediante el equipamiento para el control de un tiempo de registro, es posible tener en cuenta las diferencias entre las intensidades lumínicas del sol y de la región diana. De esta manera, es posible mejorar la evaluación de la imagen, ya que en cada caso mediante la evaluación de la imagen es posible generar representaciones optimizadas del sol y de la región diana.
- 50 La invención tiene, además, el objetivo de poner a disposición una central de energía solar del tipo mencionado al comienzo, en la que es posible optimizar de manera sencilla la incidencia de la irradiación solar sobre el por lo menos un receptor.
- 55 Este objetivo se logra de acuerdo con la invención por el hecho de que al menos un dispositivo de heliostato está configurado de acuerdo con la invención.
- 60 La central de energía solar de acuerdo con la invención presenta las ventajas ya explicadas en relación con el dispositivo de heliostato de acuerdo con la invención.
- 65 Es favorable que el por lo menos un receptor y/o un campo de heliostatos comprenda una o varias marcaciones para el reconocimiento de imágenes mediante el equipamiento sensor de imágenes en el por lo menos un dispositivo de heliostato. De esta manera, se mejora el reconocimiento de imágenes para la representación de una región diana del receptor, generadas por el equipamiento sensor de imágenes.

La o las marcaciones están formadas, por ejemplo, por un reborde que por lo menos parcialmente es de color claro en una región diana del receptor.

5 Además, es favorable cuando el por lo menos un receptor presenta una o varias marcaciones para una calibración del dispositivo de heliostato. La o las marcaciones están dispuestas, por ejemplo, en una región diana de calibración separada del receptor. De esta manera, es posible determinar de modo sencillo la posición de un punto focal en la región diana de calibración para facilitar la calibración.

10 Es favorable que el por lo menos un receptor sea un receptor de torre. De esta manera, es posible dirigir de modo sencillo la radiación solar, reflejada desde por lo menos un dispositivo de heliostato hacia el receptor.

La siguiente descripción de realizaciones preferidas, tomada junto con los dibujos, sirve para una explicación más detallada de la invención. En los dibujos:

15 La Figura 1 es una representación esquemática de un ejemplo de realización de una central de energía solar con un receptor y un dispositivo de heliostato;  
 la Figura 2 es una representación ampliada de la región A de acuerdo con la Figura 1;  
 la Figura 3 es una representación de conexiones en recuadros de un ejemplo de realización de un dispositivo  
 20 de heliostato de acuerdo con la invención: y  
 las Figuras 4(a), (b), (c): representan diversas imágenes esquemáticas (representaciones de sol, de la región diana de un receptor y de punto de referencia) para diversas situaciones: la Figura 4(a) muestra un proceso de calibración, la Figura 4(b) muestra una alineación incorrecta y la Figura 4(c) muestra una alineación correcta de un equipamiento de espejo de un heliostato.

25 Un ejemplo de realización de una central de energía solar, representada esquemáticamente y en forma parcial en la Figura 1, designada en la misma con el número de referencia 10, comprende (por lo menos) un receptor 12, que está dispuesto por ejemplo en una torre 14 y que está configurado como receptor de torre 16. El receptor 12 presenta una región diana 18, sobre la cual hay que dirigir la radiación solar. En la región diana 18 se calienta un medio mediante la radiación solar.

30 La central de energía solar 10 comprende, además, una pluralidad de dispositivos de heliostato 20. Los dispositivos de heliostato 20 están dispuestos en especial en un campo de heliostatos. Gracias a ellos, la radiación solar, procedente del sol 22, es dirigida sobre el receptor 12.

35 Un dispositivo de heliostatos 20 comprende un heliostato 23 con un equipamiento de espejo 24. El equipamiento de espejo 24 presenta una superficie de espejo 26, que puede presentar, por ejemplo, una curvatura esférica o parabólica.

40 Por medio de la superficie de espejo 26, la radiación solar es dirigida hacia la región diana 18. Cuando se dispone de una pluralidad de heliostatos 23 con sus correspondientes superficies de espejo 26, y ellas dirigen la radiación solar sobre la misma región diana 18, en tal caso allí habrá una densidad de flujo de radiación correspondientemente elevada. Debido al movimiento aparente del sol en el firmamento es necesario que los equipamientos de espejo 24 de los heliostatos 23 efectúen un seguimiento del sol, a efectos de poder dirigir de manera "permanente" la radiación solar durante la luz diurna sobre la región diana 18.

45 A tal efecto, el dispositivo de heliostato 20 comprende un equipamiento de control/regulación 28 (Figura 3). El equipamiento de espejo 24 puede moverse alrededor de por lo menos dos ejes, 30, 32, para posibilitar un guiado de seguimiento. En especial, el equipamiento de espejo 24 puede rotar o bien oscilar alrededor de estos ejes 30, 32, en por lo menos un ángulo parcial de 360°. El dispositivo de heliostato 20 comprende a tal efecto un equipamiento de accionamiento 34 con por ejemplo un primer motor de accionamiento 36 asignado al eje 30, y un segundo motor de accionamiento 38 asignado al eje 32. El equipamiento de control/regulación 28 controla el equipamiento de accionamiento 34, para alinear el equipamiento de espejo 24 de un heliostato 23 y guiarlo para el seguimiento.

50 Es posible que a cada heliostato 23 se halle asignado un equipamiento de control/regulación 28 propio, o que haya varios heliostatos 23 asignados a un equipamiento control/regulación 28 en común.

55 El equipamiento de espejo 24, mediante su superficie de espejo 26, debe alinearse de manera tal que un primer ángulo 40, que entre un primer vector 42, que partiendo desde la superficie de espejo 26 apunta hacia el sol 22, referido a un vector predeterminado 44 del equipamiento de espejo 24, y un segundo ángulo 46 entre un segundo vector 48, que partiendo del equipamiento de espejo 24 apunte hacia la región diana 18, se hallen en una dada relación predeterminada entre sí. Si el vector predeterminado 44 es un vector normal 50 de la superficie de espejo 26, en tal caso el equipamiento de espejo 24 ha de ser alineado de manera tal que el primer ángulo 40 y el segundo ángulo 46 tengan los mismos valores. (El primer vector 42, el vector predeterminado 44 y el segundo vector 48 parten de un punto en común sobre la superficie de espejo 26).

- 5 En el equipamiento de espejo 24 se halla ordenado un equipamiento sensor de imágenes 52. Este tiene una configuración bidimensional, de manera que se suministra una imagen bidimensional. Está configurado de manera tal que son posibles procesos de reconocimiento de imágenes o bien procesos de evaluación de imágenes. El equipamiento sensor de imágenes 52 comprende por lo menos un chip de cámara digital, disponible en comercios, tal como un tipo chip CCD o un chip CMOS.
- 10 El equipamiento sensor de imágenes 52 está dispuesto de manera plana en el equipamiento de espejo 24. En especial, se encuentra en una región central, y el punto de salida de los vectores 42, 44 y 48 está situado en el equipamiento sensor de imágenes 52. Una normal del equipamiento sensor de imágenes 52 está alineada preferiblemente en dirección paralela a la superficie de espejo 26. Una posición oblicua debe eventualmente corregirse mediante el control/regulación.
- 15 El equipamiento sensor de imágenes 52 está dispuesto y configurado de manera tal que en todas las posiciones operativas relevantes de los heliostatos 23 el sol 22 y la región diana prefijada 18 se hallan representados en el receptor 12.
- 20 En la Figura 2 se muestra esquemáticamente una representación 54 del sol 22 y una representación 56 de la región diana 18 del receptor 12, que son suministrados por el equipamiento sensor de imágenes 52. Además, se muestra esquemáticamente una representación 58 del vector predeterminado 44.
- 25 El equipamiento sensor de imágenes 52 está asignado a un equipamiento de representación óptico 60. Este está situado por delante del equipamiento sensor de imágenes 52, es decir, el equipamiento sensor de imágenes 52 está situado entre el equipamiento de representación óptico 60 y el equipamiento de espejo 24. El equipamiento de representación óptico 60 se ocupa precisamente de la representación del sol 22 y de la región diana 18 en el equipamiento de sensor de imágenes 52. El equipamiento de representación óptico 60 comprende, por ejemplo, un sistema de lentes.
- 30 Puede preverse que el equipamiento de representación óptico 60 comprenda (por lo menos) un diafragma 62. Eso tiene la ventaja de que, en este caso, el equipamiento de representación óptico 60 no presenta defectos ópticos tales como los que podría presentar, por ejemplo, un sistema de lentes.
- 35 El equipamiento de representación óptico 60 puede estar configurado de manera tal que diferentes regiones de ángulo parciales puedan representarse de manera distinta sobre el equipamiento de representación óptico. A tal efecto, el equipamiento de representación óptico comprende una pluralidad de equipamientos de representación parcial separados, en donde cada equipamiento de representación parcial es efectivo para una determinada región de ángulo parcial. En especial, en tal caso, los diferentes equipamientos de representación parcial son accionables individualmente, de modo tal que es posible regular cada equipamiento de representación parcial efectivo.
- 40 Puede preverse que los correspondientes equipamientos de representación parciales estén configurados de manera tal que por intermedio del equipamiento sensor de imágenes o bien de la evaluación de imágenes pueda reconocerse cuál equipamiento de representación parcial es activo en cada caso. A título de ejemplo, el correspondiente equipamiento de representación parcial activo suministra una señal óptica. También es posible suministrar una señal electrónica.
- 45 Puede preverse que el equipamiento de representación óptico 60 presente uno o varios elementos espectralmente selectivos tales como filtros. De esta manera, el equipamiento de representación óptico 60 posee una característica espectralmente selectiva. En el caso de una configuración correspondiente, es posible reducir manifiestamente la diferencia entre la intensidad de la luz solar, incidente sobre el equipamiento sensor de imágenes 52, y la intensidad de la luz, que incide desde la región diana 18 sobre el equipamiento sensor de imágenes 52.
- 50 La finalidad de la alineación o bien del guiado de seguimiento del equipamiento de espejo 24 de un heliostato 23 es que el primer ángulo 40 y el segundo ángulo 46 sean iguales. De acuerdo con la invención, la regulación por intermedio del equipamiento sensor de imágenes 52 tiene lugar mediante un dispositivo de reconocimiento de imágenes 64 del equipamiento de control/regulación 28.
- 55 Por medio del equipamiento sensor de imágenes 52, se detecta el contorno de la representación 54 del sol 22 y tiene lugar una correspondiente evaluación por intermedio del equipamiento de control/regulación 28. Se verifica si se dispone de una señal de una intensidad suficientemente fuerte, para llevar a cabo un método de regulación con ayuda de la representación 54. En caso negativo, en especial porque el sol 22 está cubierto de nubes, en tal caso el equipamiento de control/regulación 28 pasa a un modo de control.
- 60 El equipamiento de control/regulación 28 comprende un equipamiento 66, que sirve para calcular la posición del sol a partir de algoritmos conocidos del movimiento del sol y/o de una posición teórica del equipamiento de espejo 24. Por ejemplo, a partir de la fecha calendario y de la hora, se determina la posición solar prevista por medio de los algoritmos conocidos. Mediante esta posición solar calculada se genera seguidamente una representación "virtual".
- 65

Ella se compara con la representación determinada 56 de la región diana 18. La comparación tiene lugar fundamentalmente como se describe más abajo.

- 5 Adicional o alternativamente, para lograr un control (aproximado) del movimiento de seguimiento del equipamiento de espejo 24 durante el paso de nubes, puede preverse que se determine la posición teórica del equipamiento de espejo 24. Esto es posible por ejemplo por medio de un cálculo de la velocidad del primer motor de accionamiento 36 y del segundo motor de accionamiento 38. También puede preverse que mediante la hora real del día se le calcule la posición teórica del equipamiento de espejo 24 y se lo utilice como magnitud de regulación.
- 10 Para obtener una representación manifiesta 56 de la región diana 18, puede preverse que el receptor 12 presente uno o más marcaciones pasivas y/o activas 68. Una marcación 68 de este tipo puede estar formada, por ejemplo, por lo menos un reborde al menos parcial de la región diana 18, estando configurado dicho reborde con un calor claro en comparación con el resto de la región de absorción de la región diana 18.
- 15 También es posible que una marcación esté formada por uno o varios elementos lumínicos 69, que estén dispuestos en o en la proximidad de la región diana 18 del receptor 12. Por ejemplo, un elemento lumínico de este tipo 69 está formado por una lámpara potente, que emite una luz en una banda muy angosta. En tal caso en el equipamiento sensor de imágenes 42 se utiliza solamente la correspondiente banda de longitud angosta. De esta manera, es posible reducir la diferencia entre la intensidad de la luz solar y la luz procedente de la región diana 18 del receptor
- 20 12.
- 25 Cuando el equipamiento de control/regulación 28 detecta que mediante la representación 54 es posible regular el guiado de seguimiento del equipamiento de espejo 24, en tal caso se opera el equipamiento del control/regulación 28 en un modo de regulación. Durante la realización del modo de control, se verifica constantemente si la representación 54 es adecuada para poder llevar a cabo una transición desde el modo de control al modo de regulación. De manera correspondiente, en el modo de regulación se verifica constantemente si la representación 54 es adecuada para eventualmente efectuar la transición al modo de control.
- 30 El equipamiento sensor de imágenes 52 se opera de manera tal que se lleva a cabo un primer registro de imagen del sol 22 con un tiempo de exposición limitado y un segundo registro imagen de la región diana 18 con un tiempo de exposición limitado. El equipamiento de control/regulación 28 abarca un correspondiente equipamiento 70 para el control del tiempo de registro. Este control del tipo de registro tiene lugar tanto en el modo de control como también en el modo de regulación. Al respecto, el primer registro de imagen y el segundo registro de imagen tienen lugar consecutivamente, pudiendo tener lugar el registro de la imagen del sol 22 antes o después del registro de la imagen de la región diana 18.
- 35 Se prevé en especial que el tiempo de exposición para el registro de la imagen del sol 22 sea más breve que el tiempo de exposición para la imagen de la región diana 18. Mediante un registro separado en el tiempo de la región diana 18 y del sol 22, puede ajustarse exactamente el tiempo de exposición diferente, de manera de así obtener un resultado optimizado.
- 40 El equipamiento sensor de imágenes 52 suministra una imagen que, por intermedio del equipamiento de reconocimiento de imágenes 64 del equipamiento de control/regulación 28, es sometida a evaluación. El equipamiento de reconocimiento de imágenes 64 determina las coordenadas de la representación del sol 22 y la representación de la región diana 18. En la Figura 4(b), se muestra esquemáticamente una imagen con una representación 72 del sol y la representación 74 de la región diana 18.
- 45 La expresión "magnitud de regulación" se refiere en especial a la posición relativa de las representaciones 72 y 74 con respecto a una representación 76 del vector predeterminado 44. En este contexto, en el caso de una correspondiente disposición del equipamiento sensor de imágenes 52 en la superficie de espejo 26, la representación 76 es determinante, independientemente de la posición del equipamiento de espejo 24.
- 50 Se ha previsto que la expresión "magnitud de regulación" se refiera a la posición de un punto medio 78 de una línea de unión 80 entre la representación 72 del sol y la representación 74 de la región diana 18. Como diana de regulación, el punto medio 78 debería estar situado siempre en la misma posición, y en especial situado en la representación 76 del vector predeterminado 44. (En este contexto, no es necesario que la representación 76 sea una imagen real, sino que puede haber sido prefijada mediante coordenadas correspondientes).
- 55 En el caso del ejemplo mostrado en la Figura 4(b), el heliostato 23 no está alineado correctamente con su superficie de espejo 26, por cuanto el punto medio 78 no está situado en la representación 76.
- 60 Se determina entonces a partir de la posición del punto medio 78, cómo debe efectuarse el guiado de seguimiento del heliostato 23 mediante el equipamiento de espejo 24. De manera correspondiente, el equipamiento de control/regulación 28 controla el equipamiento de accionamiento 34. Durante este proceso de guiado para el seguimiento, puede eventualmente verificarse durante interrupciones dónde está situado el punto medio 78. Por
- 65

ejemplo, se lleva a cabo el método de guiado de seguimiento por etapas, en donde entre las fases sin movimiento del equipamiento de espejo 24 se lleva a cabo una verificación de la magnitud de la regulación.

5 En la Figura 4(c) se muestra un ejemplo en el que el punto medio 78, como magnitud de regulación, se halla en la posición correcta, es decir, en la representación 76. En este caso, el equipamiento de espejo 24 está alineado correctamente. Esta posición es el objetivo de la regulación.

10 Antes de la ejecución del método de regulación tiene lugar una calibración del heliostato 23 mediante el equipamiento sensor de imágenes 52. A tal efecto se dispone por ejemplo en la proximidad de la región diana 18 una marcación 82. Esta marcación comprende, por ejemplo, áreas de referencia blancas. Ellas están configuradas por ejemplo en forma de tiras de marcación separadas entre sí, adecuadas para el reconocimiento de las imágenes.

15 Se alinea un punto blanco del equipamiento de espejo 24, que está determinado en especial por el vector predeterminado 44, con respecto a la marcación 82. (De esta manera, la marcación 82 configura una región diana 84 para la calibración).

20 A continuación se determina la posición de un punto focal como baricentro de la distribución de las densidades de flujo de radiación sobre la región diana 84 y el centro de la representación del sol 22 en las imágenes del equipamiento sensor de imágenes 52. A partir de estas coordenadas se determina seguidamente la posición del punto medio 78 o bien de la representación 76. Esto ha sido indicado esquemáticamente la Figura 4(a). En este contexto, mediante el número de referencia 84', se indica la representación de la región diana 84. Las coordenadas correspondientes se almacenan en memoria.

25 Es posible que se lleven a cabo otros procesos de calibración para diferentes ángulos de incidencia; los correspondiente resultados de calibración son almacenados en memoria y por medio del equipamiento de reconocimiento de imágenes 64 se tienen en cuenta durante la evaluación de las imágenes en el modo de control o bien modo de regulación.

30 El equipamiento sensor de imágenes 52 puede utilizarse como cámara durante la calibración.

35 El equipamiento sensor de imágenes 52 puede realizarse de una manera sencilla y económica. Al respecto, fundamentalmente es posible que el equipamiento sensor de imágenes 52 y el equipamiento de control/regulación 28 o por lo menos una parte (como por ejemplo el equipamiento de reconocimiento de imágenes 64) se realicen en un único chip.

40 La solución de acuerdo con la invención puede realizarse de una manera sencilla y económica. Las posibilidades de error durante la calibración pueden minimizarse. La calibración puede llevarse a cabo de manera sencilla. La regulación de la alineación o bien del guiado para el seguimiento del equipamiento de espejo 24 puede llevarse a cabo con una elevada exactitud. Un proceso de calibración debe llevarse a cabo eventualmente una sola vez. El equipamiento de sensor de imágenes 52 puede implementarse como cámara para la calibración, de manera tal que no es necesaria ninguna cámara adicional. Además, durante la calibración se facilita el intercambio de datos.

45 No es necesario ningún sistema adicional para la alineación/guiado de seguimiento del equipamiento de espejos 24 durante tiempo nublado. Mediante el cálculo de la posición solar es posible un guiado de seguimiento optimizado también el caso de tiempo nublado.

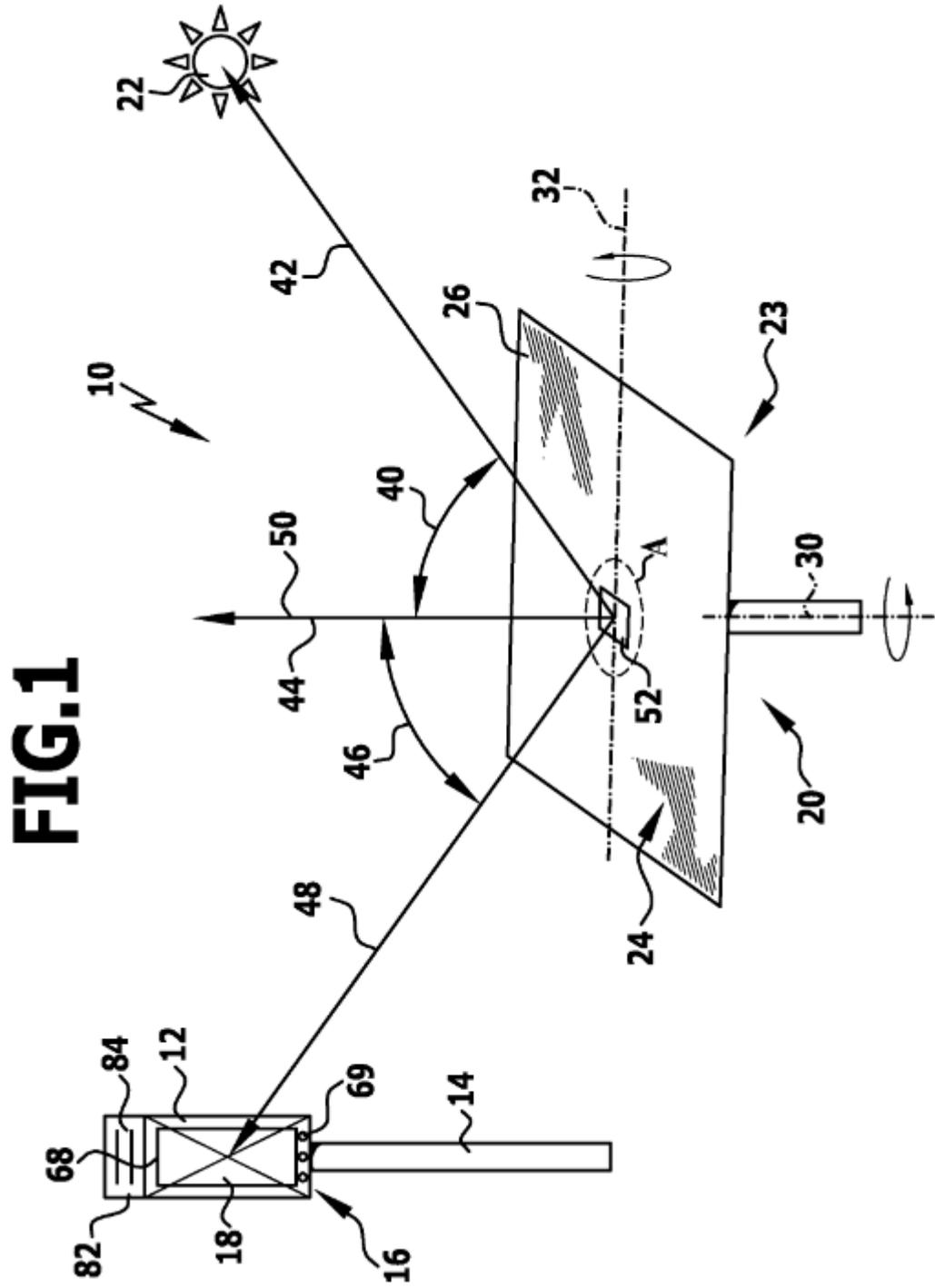
50 En el caso de la solución de acuerdo con la invención, para determinar la posición real del equipamiento de espejo 24 de un heliostato no es necesario ningún dispositivo indicador de ángulo en ninguno de los ejes 30, 32. Por intermedio del equipamiento sensor de imágenes 52 y del correspondiente reconocimiento de imágenes, es posible determinar de manera sencilla la posición real.

55 También es posible que haya marcadores dispuestos no solamente en el receptor 12, sino también en otras posiciones conocidas de un campo de heliostatos. Por ejemplo, se disponen marcadores en los pilones de dispositivos de heliostatos 20 adyacentes. De esta manera, es posible mantener pequeño el ángulo de apertura para el equipamiento sensor de imágenes 52. Nuevamente, de esta manera es posible aplicar un equipamiento sensor de imágenes 52 con una menor resolución (un menor número de píxeles). En el transcurso de un día es posible, durante la regulación, llevar a cabo un "traspaso" de marcador a marcador.

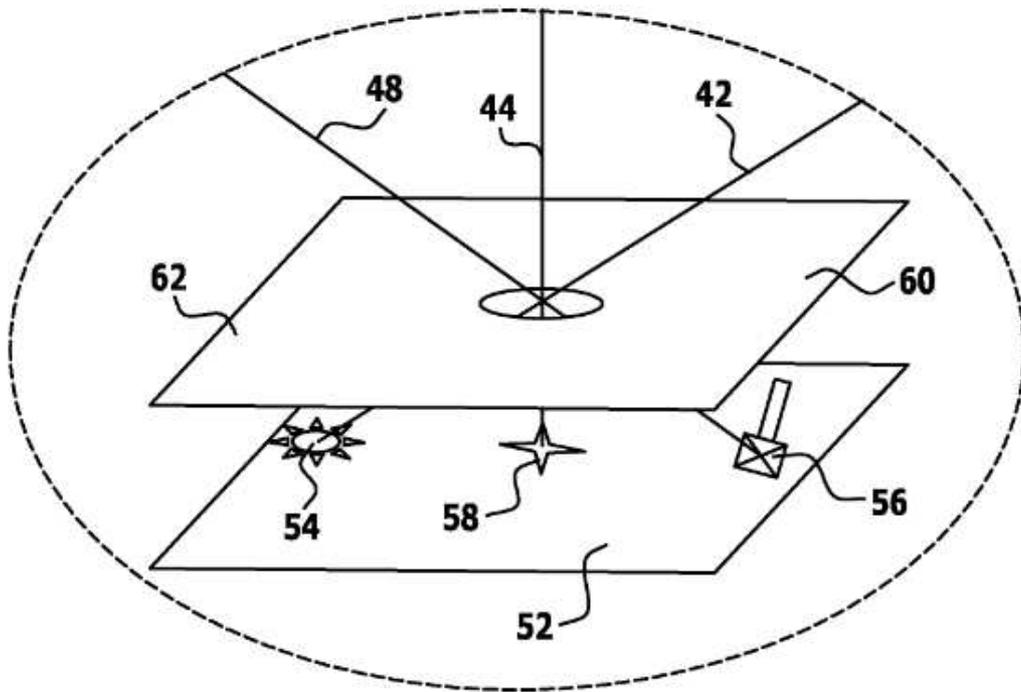
## REIVINDICACIONES

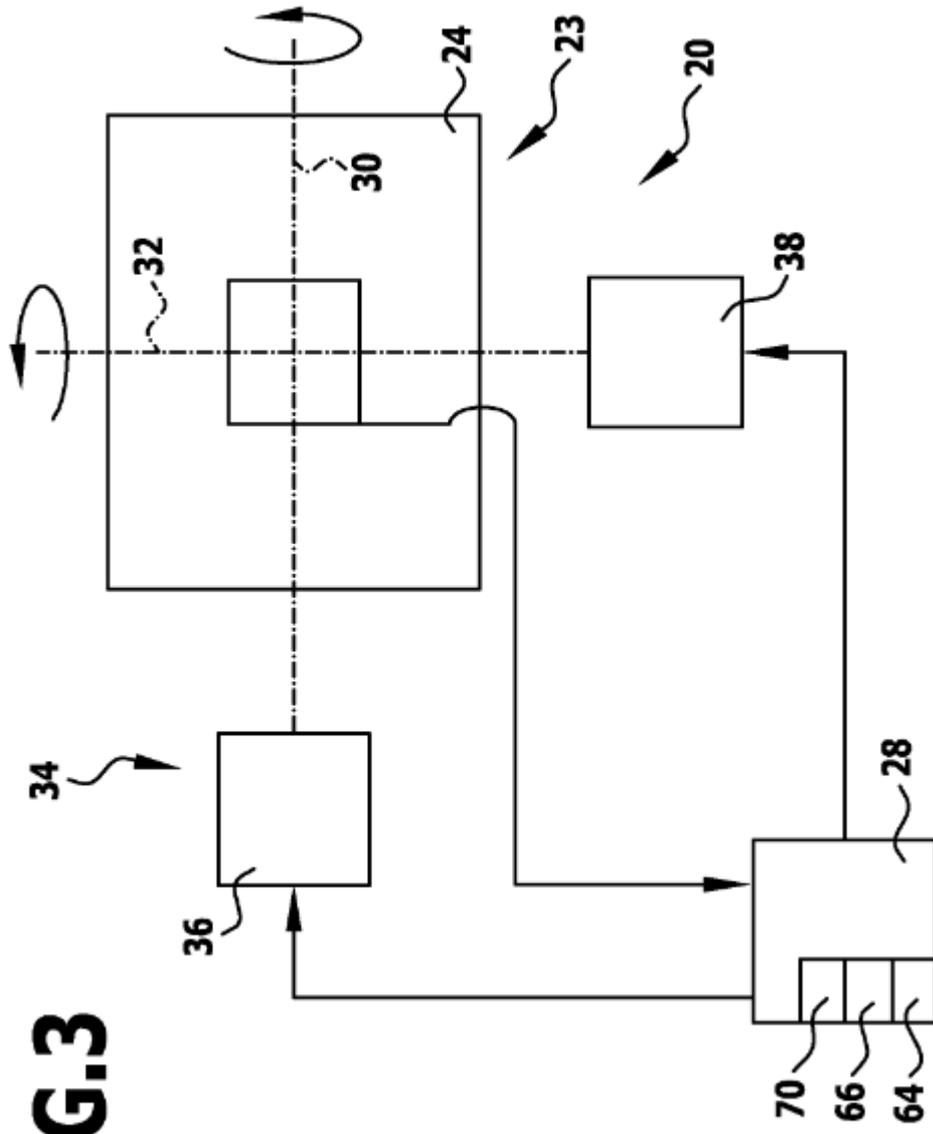
- 5 1. Método para regular la alineación de un heliostato (23) sobre un receptor (12), en donde el heliostato (23) comprende un equipamiento de espejo (24) con una superficie de espejo (26), **caracterizado por que** en la superficie de espejo (26) se halla dispuesto un equipamiento sensor de imágenes bidimensional (52), y por que el heliostato (23) se orienta mediante el equipamiento sensor de imágenes (52), bajo reconocimiento de imagen en una imagen bidimensional, de manera tal que un primer ángulo (40) de un primer vector (42) que apunta al sol (22), con respecto a un vector predeterminado (44) del equipamiento de espejo (24) y un segundo ángulo (46) de un vector (48) que apunta a un región diana prefijada (18) del receptor (12), con respecto al vector predeterminado (44) se hallan en una relación mutua que depende del vector predeterminado (44) del equipamiento de espejo (24), determinándose imágenes del sol (22) y de la región diana prefijada (18) y su posición relativa con respecto al vector predeterminado (44), detectándose el contorno de una representación del sol.
- 10 2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por que** al equipamiento sensor de imágenes (52) se halla asignado un equipamiento de representación óptico (60) que, en especial, presenta una característica espectralmente selectiva y/o comprende por lo menos un diafragma (62).
- 15 3. Método según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** el equipamiento de representación óptico (60) presenta una pluralidad de equipamientos de representación parciales, mediante los cuales se representa un intervalo angular parcial.
- 20 4. Método según la reivindicación 3, **caracterizado por que** un equipamiento de representación parcial está configurado de manera tal que mediante el equipamiento sensor de imágenes (52) se reconoce si está activo o no.
- 25 5. Método según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** en el receptor (12) y/o en un campo de heliostatos se hallan posicionadas una o varias marcaciones (82) para el reconocimiento de imágenes mediante el equipamiento sensor de imágenes (52), en donde en especial la marcación (82) o las marcaciones (82) están formadas por medio de elementos pasivos y/o activos y/o la marcación (82) o las marcaciones (82) están formadas por un reborde claro por lo menos parcial en la región diana del receptor (12) y/o la marcación o las marcaciones están formadas por medio de uno o varios elementos lumínicos activos.
- 30 6. Método según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** mediante el equipamiento sensor de imágenes (52) se lleva a cabo un primer registro de imagen para el sol (22) y un segundo registro de imagen para el receptor (12), en especial en distintos instantes de tiempo.
- 35 7. Método según la reivindicación 6, **caracterizado por que** el primer registro de imagen se lleva a cabo con un tiempo de exposición más breve que el segundo registro de imagen.
- 40 8. Método según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** una magnitud de regulación es la posición relativa de la imagen del sol (22) y de la imagen de la región diana (18) del receptor (12) con respecto al vector predeterminado (44), en especial una magnitud de regulación es la posición de un punto determinado sobre una línea de unión entre una imagen del sol (22) y una imagen de la región diana (18) del receptor (12), y en especial la regulación se lleva a cabo de manera tal que el punto determinado se encuentre sobre una curva de imagen prefijada o en un punto de imagen prefijado.
- 45 9. Método según la reivindicación 8, **caracterizado por que** el punto determinado es el punto medio (78) de la línea de unión y en especial por que la regulación se lleva a cabo de manera tal que el punto medio (78) se encuentre esencialmente en la misma posición en la imagen.
- 50 10. Método según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por** un módulo de control en el que se calcula la posición del sol y/o una posición teórica del equipamiento de espejo (24) y por que en especial en el modo de control se determinan las imágenes de la región diana (18) del receptor (12) y para el guiado de seguimiento del equipamiento de espejo (24) se utiliza la posición solar calculada y/o la posición teórica deseada del equipamiento de espejo (24).
- 55 11. Método según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** se mide el contorno de una representación del sol para verificar si es posible regular la alineación del equipamiento de espejo (24) con ayuda de la representación del sol.
- 60 12. Método según una de las reivindicaciones preferentes, **caracterizado por** un proceso de calibración, en el que se determinan las coordenadas de una imagen asociada con el vector predeterminado (44) del equipamiento de espejo (24).
- 65 13. Dispositivo de heliostato, que comprende un equipamiento de espejo móvil (24) con una superficie de espejo (26), **caracterizado por** un equipamiento sensor de imágenes bidimensional (52), que está dispuesto en la superficie de espejo (26) del equipamiento de espejo (24), un equipamiento de representación óptico (60), asignado

- 5 al equipamiento sensor de imágenes (52), y por un equipamiento de control/regulación (28), que comprende un equipamiento de reconocimiento de imágenes (64), en donde el equipamiento de espejo (24) puede ser alineado de acuerdo con el método según una de las reivindicaciones precedentes por medio del equipamiento sensor de imágenes (52) y del equipamiento de control/regulación (28) bajo un reconocimiento de imagen de una representación bidimensional (54) del sol (22) y de una representación (56) de una región diana (18) de un receptor (12), detectándose el contorno de una representación del sol.
- 10 14. Dispositivo de heliostato según la reivindicación 13, **caracterizado por que** el equipamiento de representación óptico (60) presenta una característica espectralmente selectiva.
15. Central de energía solar, que comprende por lo menos un receptor (12) y por lo menos un dispositivo de heliostato (20), mediante el que es posible orientar la radiación solar sobre el por lo menos un receptor (12), estando configurado el por lo menos un dispositivo de heliostato (20) según la reivindicación 13 ó 14.



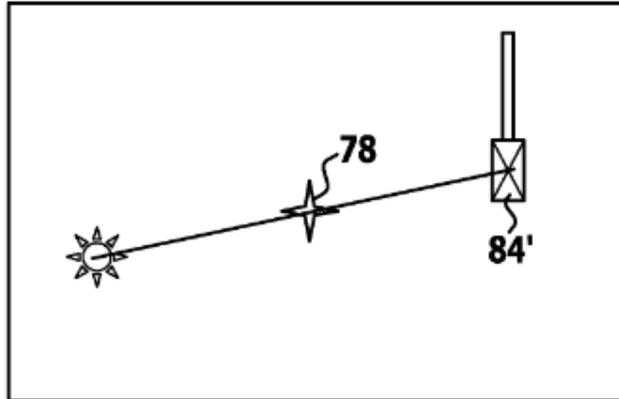
**FIG.2**



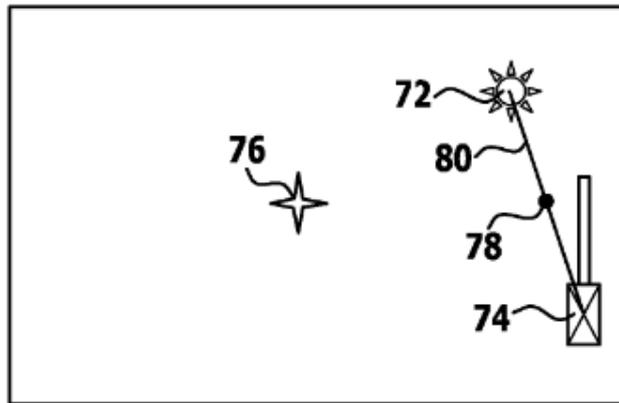


**FIG.3**

**FIG.4a**



**FIG.4b**



**FIG.4c**

