

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 534 037**

51 Int. Cl.:

F24J 2/38

(2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.03.2008** **E 08727201 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.01.2015** **EP 2145137**

54 Título: **Sistema para direccionar radiación incidente**

30 Prioridad:

30.03.2007 US 921227 P

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

16.04.2015

73 Titular/es:

**ESOLAR, INC. (100.0%)
130 WEST UNION STREET
PASADENA, CA 91103, US**

72 Inventor/es:

**HICKERSON, KEVIN y
REZNIK, DAN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 534 037 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 para direccionar radiación incidente

5 CAMPO TÉCNICO

La invención se refiere en general a una técnica para configurar un heliostato para seguir la pista del sol. En particular, la invención se refiere a un sistema y un método que utilizan un generador de imágenes de dos dimensiones montado integralmente en el heliostato para apuntar un espejo u otro elemento óptico con el fin de
10 dirigir la luz reflejada hacia un receptor.

TÉCNICA ANTERIOR

En algunas plantas de energía solar térmica, se pueden emplear numerosos heliostatos para reflejar luz hacia un receptor. Los espejos de cada uno de los heliostatos deben ser continuamente reposicionados con el fin de tener en cuenta el movimiento del sol. Los errores de rastreo deben ser extremadamente pequeños en plantas de gran potencia para conseguir una alta concentración en la abertura del receptor. Cuando se instalan heliostatos, sin embargo, se sabe que la precisión con la que se conoce la localización y la orientación del heliostato es generalmente insuficiente para reflejar de forma precisa la luz hasta el receptor. Se hace entonces necesaria una fase de calibración para generar mejores estimaciones de las variables de posición y orientación.
20

Para la calibración, las plantas de energía usan generalmente uno de entre varios sistemas: una pantalla blanca situada cerca de la abertura del receptor con una o más cámaras enfocadas al receptor, o múltiples cámaras situadas cerca de la abertura mirando hacia los heliostatos. En el primer sistema, cada heliostato redirige luz hasta una o más pantallas blancas situadas en las proximidades del receptor. Se utiliza una cámara externa para posicionar la luz reflejada de dicho heliostato y determinar el error de alineamiento en base a la diferencia entre posiciones esperadas y medidas. Solamente se puede calibrar un pequeño número de heliostatos a la vez puesto que sus imágenes reflejadas se proyectan sobre la misma pantalla blanca. Las desventajas de este sistema incluyen: (a) un tiempo de calibración demasiado largo puesto que debe ser calibrado un gran número de espejos en serie; (b) caracterización incompleta de la postura del heliostato puesto que la señal de error está esencialmente en el plano del receptor, (c) dependencia del control centralizado y conectividad con este último, (d) funcionamiento en bucle abierto tras la calibración, lo cual no es robusto con respecto a las variaciones de las coordenadas y la orientación de la base del heliostato (por ejemplo, debido a desplazamientos del terreno, terremotos, etc.).
25

En un segundo sistema de la técnica anterior, múltiples cámaras montadas cerca del receptor controlan el heliostato en bucle cerrado. En una implementación, se posicionan cuatro cámaras en el receptor, a saber, una en la derecha, en la parte de arriba, en la izquierda y en la parte baja de la abertura del receptor. Cada cámara está enfocada en el campo del heliostato, puesto que la óptica de cada cámara es bastante cercana a un agujero de alfiler, distintos heliostatos enfocados a una cámara dada formarán una imagen a modo de un punto brillante distinto en el plano de cámara. Así, varios heliostatos pueden formar imágenes en paralelo, superando la limitación de serie de la técnica anterior basada en pantalla blanca. Los heliostatos pueden ser por tanto apuntados en bucle cerrado, a saber, las cámaras pueden guiar un heliostato dado para que apunte a una abertura de receptor exactamente entre las mismas. Este sistema, sin embargo, plantea varias dificultades prácticas. En primer lugar, las cámaras circundantes deben estar sumamente cerca de la abertura del receptor, incrementado de ese modo la posibilidad de daños en las cámaras si se exponen a flujos concentrados. En segundo lugar, cada cámara debe estar capacitada para proporcionar imágenes del campo completo (lo que requiere un campo de visión muy amplio) y resolver todos los heliostatos (lo que requiere una resolución muy fina), lo cual es especialmente difícil para campos con un número muy grande de pequeños heliostatos.
40

Existe por lo tanto una necesidad de un sensor robusto práctico, de bajo coste, y un sistema de rastreo de heliostato descentralizado que permita que cada uno de una gran batería de heliostatos refleje de manera precisa la luz del sol hasta un receptor, especialmente cuando los espejos del heliostato están densamente poblados y a una gran distancia del receptor.
45

55 EXPOSICIÓN DE LA INVENCION

La invención, en una realización, materializa un sistema para direccionar radiación incidente desde una fuente hasta un objetivo. El sistema incluye un reflector para reflejar la radiación incidente; un generador de imágenes conectado al reflector, teniendo el generador de imágenes una abertura (tal como un agujero de alfiler o lente) y un plano de generación de imágenes; un controlador de seguimiento acoplado al generador de imágenes; y uno o más actuadores conectados al reflector y al controlador de seguimiento. El controlador de seguimiento está configurado para recibir datos de imagen desde el generador de imágenes, determinar posiciones angulares de una fuente de radiación y un objetivo en relación con el reflector en base a los datos de imagen; y orientar el reflector con su eje bisecando las posiciones angulares de la fuente de radiación y el objetivo. El reflector puede ser un espejo que redirija la luz del sol hasta un receptor en base a los datos de imagen procedentes de una cámara de agujero de alfiler o de otro generador de imágenes digitales. En general, el eje óptico de la cámara está sustancialmente
60

alineado con el vector normal a la superficie reflectora de modo que el sol y el receptor aparecen en puntos antípodas con respecto al centro del campo de visión de la cámara. Para incrementar la precisión del seguimiento, sin embargo, el controlador de seguimiento, en algunas realizaciones, orienta el espejo en base a un punto de referencia que compense la desviación entre el vector normal al espejo y el eje óptico de la cámara. En esta configuración, la normal al espejo biseca sustancialmente los vectores de dirección del receptor y del sol, presentando el receptor y el sol en posiciones sustancialmente antípodas con respecto al punto de referencia calibrado. Orientando el espejo para mantener la relación antípoda del sol y del receptor, el heliostato puede seguir el rastro de forma efectiva del sol usando un simple algoritmo de seguimiento. Puesto que cada heliostato mide la posición angular del sol y del receptor por su propia cuenta, cada heliostato puede ejecutar de manera independiente operaciones de rastreo con su propio controlador de seguimiento incorporado. Esto evita la necesidad de un controlador central que coordine una pluralidad de heliostatos típicos de la técnica anterior descrita en lo que antecede.

En algunas realizaciones, la invención comprende un método de seguimiento del sol con un heliostato, incluyendo el heliostato un generador de imágenes montado en un espejo. El método incluye: calibrar el generador de imágenes compensando el desalineamiento inherente del eje óptico del generador de imágenes con el vector normal al espejo; capturar una imagen que incluya el sol y un receptor con el generador de imágenes; localizar puntos de imagen correspondientes al sol y al receptor en la imagen capturada; accionar el espejo para alinear el espejo con una orientación en la que su punto de referencia calibrado este entre los puntos antípodas correspondientes al sol y al receptor en la imagen capturada, que oriente de forma efectiva el espejo con un ángulo que biseca el ángulo entre vectores de posición para el sol y el receptor en un sistema de coordenadas con centro en el heliostato.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La presente invención ha sido ilustrada a título de ejemplo y sin carácter limitativo en las figuras de los dibujos que se acompañan, y en los que:

la figura 1 es una ilustración esquemática de uno de una pluralidad de heliostatos y un receptor para la recogida y conversión de energía solar, de acuerdo con un ejemplo de realización;

la figura 2 es una vista en sección transversal de un espejo de heliostato con generador de imágenes integral, de acuerdo con un ejemplo de realización;

la figura 3A es una ilustración esquemática de una imagen del sol y de un receptor, adquirida por la cámara cuando está alineada apropiadamente entre el sol y el receptor, de acuerdo con un ejemplo de realización;

las figuras 3B a 3C son ilustraciones esquemáticas de una imagen del sol y de un receptor en varias fases de desalineamiento del vector normal al espejo con respecto al sol y al receptor, de acuerdo con un ejemplo de realización;

la figura 4 es una ilustración esquemática de la configuración de calibración usada para determinar de manera precisa el centro óptico del generador de imágenes sobre un soporte de espejo, de acuerdo con un ejemplo de realización;

la figura 5 es un ejemplo de método de determinación de la posición y orientación del generador de imágenes con respecto a un espejo usando un láser y un retro-reflector, de acuerdo con un ejemplo de realización;

la figura 6 es un ejemplo de método para seguimiento del sol usando el generador de imágenes y un controlador de seguimiento correspondiente, de acuerdo con un ejemplo de realización; y

la figura 7 es un ejemplo de realización del heliostato que incluye un mecanismo de filtro adaptativo, de acuerdo con un ejemplo de realización.

MEJORES MODOS DE LLEVAR A CABO LA INVENCION

En la figura 1 se ha ilustrado una representación esquemática de uno de una pluralidad de heliostatos y un receptor para recoger y convertir energía solar en lo que puede ser mencionado como una planta de energía solar (térmica o eléctrica dependiendo del tipo de receptor). El heliostato 100 está configurado para seguir el rastro del sol a través de su recorrido de un día, y dirigir la luz incidente hasta el receptor 150 donde es convertida generalmente en electricidad. El heliostato incluye un espejo 112, un conjunto actuador 114 para cambiar la orientación del espejo, y un controlador de seguimiento para determinar la dirección apropiada en la que apuntar el espejo. A lo largo del día, la orientación de cada espejo se ajusta periódicamente en torno a dos grados de libertad (por ejemplo, ángulo azimutal y ángulo de elevación, o dos ángulos de inclinación, etc.) para dirigir continuamente la luz reflejada hasta el receptor 150 con un alto grado de precisión. El heliostato es con preferencia uno de una pluralidad de heliostatos distribuidos en las proximidades de una torre 152 u otra estructura sobre la que esté montado el receptor 150. El receptor 150 puede incluir una caldera para hacer girar una turbina de vapor, un sistema de sal fundida, un motor

térmico, una o más células fotovoltaicas, una estufa de biomasa, un sistema de purificación de agua, o una combinación de los mismos para generar electricidad o recopilar de otro modo la energía del sol.

El heliostato 110 sigue el rastro del sol u otra fuente de radiación en base a datos de imagen recibidos desde un generador de imágenes 116 de dos dimensiones, por ejemplo una cámara digital, fijada rígidamente o incorporada integralmente de otro modo en el espejo del heliostato. La cámara 116 captura una imagen del sol y del receptor, la cual es transferida a continuación a un controlador de seguimiento. El controlador de seguimiento determina las posiciones del sol y del receptor en base a los datos de imagen (por ejemplo, localizando puntos brillantes), apunta a continuación el espejo en la dirección necesaria para reflejar la luz incidente hacia el receptor u otro objetivo. Para realizar todo esto, el controlador mueve el espejo hasta una orientación cuando dos puntos brillantes detectados que corresponden al sol y al receptor, aparecen como puntos sustancialmente antípodas con respecto a un punto de referencia calibrado en el campo de visión del generador de imágenes. Este punto de referencia, que corresponde a la proyección del vector normal al espejo sobre el generador de imágenes por la abertura, representa la desviación entre el eje óptico del generador de imágenes y el vector normal al espejo. Según se mueve el sol a través del cielo, la cámara detecta el cambio en la posición del sol y activa el sistema actuador hasta que se restablece una relación antípoda con respecto al punto de referencia calibrado, proporcionando con ello un sistema de seguimiento de bucle cerrado. Aunque el sol y el receptor aparecen como antípodas de forma precisa si la normal al plano del generador de imágenes coincide con la normal al espejo, un experto en la materia apreciará que puede ser necesario corregir cualquier desviación angular entre la normal al plano del generador de imágenes N' y la normal al espejo N , lo que provoca que el punto de referencia calibrado se desplace hacia fuera del punto medio entre los puntos brillantes de sol y receptor incluso cuando la normal al espejo biseca exactamente el ángulo entre el vector S de luz solar incidente y el vector R del receptor.

Una vista en sección transversal del ejemplo de sistema de seguimiento basado en cámara, ha sido ilustrada en la figura 2. El sistema de seguimiento incluye el generador de imágenes 116, por ejemplo, una cámara CMOS de abertura estrecha ópticamente montada en la parte trasera del espejo 220 donde se enfrenta hacia el exterior en una dirección entre la fuente de luz y el objetivo. El sistema de seguimiento basado en cámara puede incluir además lógica de control integrada, es decir, un controlador de seguimiento 226, para calcular el error de rastreo y activar el conjunto actuador que orienta el espejo. El generador de imágenes 116 tiene con preferencia visión de la fuente y del objetivo por medio de una pequeña abertura 223 en el espejo para admitir luz. La abertura 223 puede ser una abertura real o una sección de vidrio donde la metalización reflectante 222 haya sido retirada mediante láser, ataque químico o mecanización, por ejemplo. En algunas realizaciones, una delgada placa de filtro 224 se encuentra montada entre el espejo 220 y la cámara 116 para suprimir el esparcimiento lateral de la luz e incrementar la resolución de imagen de fuente/objetivo. En otras realizaciones, la cámara está montada en un borde del espejo, en la cara frontal del espejo, o en voladizo hacia fuera del lateral del espejo, por ejemplo. Un generador de imágenes adecuado es un formato de 1/6 de pulgada CIF (352 x 288) o VGA (640 x 480), con preferencia lo suficientemente pequeño como para no necesitar una placa de filtro grande. La resolución del generador de imágenes sólo necesita ser suficientemente alta como para que los dos centros puntuales puedan ser localizados de manera suficientemente precisa como para permitir que la lógica de control determine una trayectoria suave sobre la que accionar el espejo.

Durante el ensamblaje del heliostato 100 con anterioridad al ensamblaje final del generador de imágenes 116 sobre el espejo 220, el generador de imágenes es posicionado sobre el espejo mediante (a) alineamiento del eje óptico de la cámara, representado por el vector normal 240, con el vector normal del espejo perpendicular al plano del espejo, y (b) alineamiento del eje óptico de la cámara con el centro de la abertura de punta de alfiler. El eje óptico de la cámara no necesita ser alineado de manera precisa con el vector normal al espejo puesto que la desviación entre ambos puede ser determinada y compensada usando los procesos de calibración discutidos en la presente memoria. Tras una colocación apropiada del generador de imágenes 116, el generador de imágenes y el controlador de seguimiento 226 pueden ser encapsulados con epoxi 228, compuesto de relleno u otro medio sellante para cerrar herméticamente la electrónica y la cámara por detrás del espejo, protegiéndolas con ello de los daños ambientales. La abertura puede ser rellenada con un agente de acoplamiento óptico para impedir que ocurra una separación de aire entre el vidrio del espejo 220 y la placa de filtro 224. Con anterioridad al funcionamiento normal del heliostato, se determina la posición y la orientación precisas del generador de imágenes con respecto al espejo y el punto de referencia calibrado se descarga en la memoria no volátil en el controlador de seguimiento.

Durante las operaciones de seguimiento y rastreo del heliostato, la cámara 116 captura una imagen del sol y del receptor mientras el controlador de seguimiento 226 estima la posición angular del sol y del receptor 150 al mismo tiempo. El sol y el receptor son identificados generalmente como las fuentes de luz más brillantes en la imagen. Aunque el receptor 150 puede ser tan brillante, o casi tan brillante, como el sol cuando se ilumina completamente mediante un campo de heliostatos, el receptor puede aparecer relativamente oscuro hasta que reciba suficiente flujo. En una situación de bajo flujo, el receptor puede ser identificado por medio de una fuente de luz activa en el receptor 150, por reflexión desde un retro-reflector sobre el receptor, o mediante un sistema de reconocimiento de objeto. Dependiendo del rango dinámico del generador de imágenes, puede ser necesario en algunas realizaciones reducir la luz incidente admitida en el generador de imágenes con el fin de determinar de manera efectiva la posición del sol. La iluminación procedente del sol puede ser atenuada (por ejemplo, filtrando adaptativamente un sector de la lente o del sensor de generación de imágenes) con el fin de equilibrar la intensidad de ambos disco del sol y receptor sobre

el sensor de generación de imágenes. Alternativamente, se puede seleccionar un sensor de imagen con suficiente rango dinámico que permita que tanto el sol como el receptor brillantes sean detectados simultáneamente. Una vez que el controlador de seguimiento 226 identifica los puntos proyectados que representan el sol y el receptor en una imagen, el controlador actualiza los ángulos de elevación del espejo y/o azimutal de modo que el sol y el receptor aparecen reflejados en torno al punto de referencia calibrado de la cámara, colocando de ese modo el espejo en la posición correcta para reflejar rayos del sol hasta el receptor. En otra realización, dos o más cuadrantes angulares son proyectados independientemente de modo que no se dispersa luz parásita entre ambos.

En las figuras 3A a 3C se han representado ilustraciones esquemáticas de la imagen 300 del sol y del receptor adquiridas por la cámara en varias fases de rastreo o desalineamiento. Cuando el espejo está alineado apropiadamente según se muestra en la figura 3A, el punto de referencia calibrado 310 coincide con el punto medio de la línea 340 entre la imagen del sol 320 y la del receptor 330. Las imágenes del sol y del receptor están situadas por tanto sustancialmente antípodas en torno al punto de referencia calibrado. Con el transcurso del día, la imagen del sol y la del receptor trazan trayectorias 322, 332 que son también antípodas siempre que el espejo esté alineado apropiadamente.

Por el contrario, cuando el espejo está alineado de forma inapropiada, el punto de referencia calibrado 310 de la cámara está ya sea situado fuera de la línea 340 entre el sol y el receptor según se muestra en la figura 3B, o bien el punto de referencia calibrado 310 de la cámara no es equidistante entre el sol 320 y el receptor 330 según se muestra en la figura 3C. Para reorientar el espejo hasta el alineamiento apropiado, el espejo puede ser accionado alrededor de dos ejes de rotación, por separado o de forma simultánea.

Durante el ensamblaje de un heliostato 100, se puede usar una máquina de recogida e inserción para posicionar el generador de imágenes 116 sobre el espejo 220. Incluso un proceso de fabricación de alta precisión puede dar como resultado una pequeña desviación entre el generador de imágenes y el espejo. Aunque sea pequeña, la diferencia entre la orientación del generador de imágenes y el espejo puede obstaculizar la capacidad del heliostato para redirigir de manera efectiva la luz del sol hasta un receptor con la precisión angular requerida. El procedimiento de calibración descrito en la presente memoria puede ser usado para determinar la diferencia exacta entre el eje óptico del generador de imágenes y la normal del espejo, así como el centro óptico del generador de imágenes y el centro óptico del agujero de alfiler, sistema de lente o abertura, proporcionando con ello la corrección necesaria para posicionar de forma precisa la fuente y el objetivo a partir de los datos de imagen adquiridos por la cámara 116.

En la figura 4 se ha ilustrado una configuración de calibración y en la figura 5 se aprecia un método de calibración para determinar de forma precisa la orientación y la posición del generador de imágenes 1160 con respecto al espejo 220 usando un láser 400 y un retro-reflector 410. La orientación determinada puede ser usada entonces para calibrar el controlador de seguimiento a efectos de un cálculo preciso de las posiciones de la fuente y el objetivo, según se ha descrito con anterioridad. El láser u otra fuente de luz, que puede ser coherente y monocromática, está configurado para proyectar luz que es colimada mediante la óptica 402. El haz colimado es proyectado 502 sobre la superficie frontal del vidrio del espejo 220 en el punto del agujero de alfiler 223. Algunos rayos de luz han sido mostrados en el agujero de alfiler con un ángulo que es alterado mediante la ley de Snell a través de la placa de filtro 224 y sobre el generador de imágenes cuando crean un primer punto 420. Los rayos que no son admitidos por el agujero de alfiler 223 son reflejados 504 hasta un retro-reflector 410 que refleja la luz hacia atrás en la dirección general del espejo. Los rayos reflejados hacia atrás y capturados por el agujero de alfiler 223, son sustancialmente paralelos con los rayos reflejados desde el espejo hasta el retro-reflector. El ángulo de la luz procedente del retro-reflector forma el mismo ángulo que la luz incidente pero se refleja en torno al vector normal a la cara del espejo. La porción de luz procedente del retro-reflector que es admitida por los agujeros de alfiler y recibida 506 en el generador de imágenes, crea un segundo punto 422. El generador de imágenes y el controlador de seguimiento posicionan 508 después el primer punto 420 y el segundo punto 422 para su uso como puntos de calibración simulados. El vector normal al espejo corresponde con el punto medio entre el primer punto 420 y el segundo punto 422. Cualquier desviación entre el eje óptico del generador de imágenes y el vector normal del espejo da como resultado un desplazamiento del punto medio simulado hacia fuera del centro del campo de visión del generador de imágenes. Se pueden medir puntos de calibración adicionales y se puede usar LSF, regresión lineal, algoritmo SVD u otro algoritmo de optimización para mejorar la precisión de las estimaciones de posición y orientación del generador de imágenes. Dependiendo del número de puntos de calibración, el eje óptico efectivo determinado por calibración, denominado en la presente memoria como "punto de referencia calibrado", puede ser determinado con una resolución sub-píxel. Tras la calibración, el controlador de seguimiento está configurado para orientar el espejo a efectos de situar el sol y el receptor en posiciones antípodas con respecto al punto de referencia calibrado.

En la figura 6 se ha ilustrado un ejemplo de método para rastrear al sol usando el generador de imágenes y el controlador de seguimiento correspondiente. Durante la mañana, el controlador de seguimiento se vuelve activo cuando el generador de imágenes detecta 602 iluminación por encima de algún umbral predeterminado. El controlador de seguimiento empieza a escuchar después respecto a (1) una secuencia de control 604 que da instrucciones al controlador de seguimiento como modo apropiado de seguimiento, por ejemplo, (2) un código de calibración 606 que da instrucciones al controlador de seguimiento para que inicie una secuencia de calibración en la que se determina de forma precisa la posición relativa del espejo y del receptor, y (3) un código de configuración 608 que da instrucciones al controlador de seguimiento para que ejecute una o más operaciones de configuración

antes de ser activado. La secuencia de control, el código de calibración, el código de configuración, o una combinación de los mismos, pueden ser transmitidos hasta el controlador de seguimiento particular usando un sistema alámbrico o un sistema inalámbrico que incluye el radio control (RC), infrarrojos o un modo de transmisión óptica recibida a través del generador de imágenes o de otro dispositivo óptico.

Si la secuencia de control especifica un procedimiento de seguimiento de bucle abierto, el bloque de decisión 610 es contestado de manera afirmativa y el controlador de seguimiento empieza la orientación 612 del espejo en base a un modelo (analítico o empírico) que prescribe los ángulos de azimut y elevación del sol a través del recorrido de un día. Si se especifica un modo de seguimiento en bucle cerrado, el bloque de decisión 610 es contestado de forma negativa y el controlador del heliostato empieza a mirar al sol y al receptor de una forma descentralizada, que en general aparecen como dos puntos de luz en la imagen capturada por la cámara (véase el filtrado adaptativo que sigue). Si, y cuando, el sol y el receptor son localizados, el heliostato inicia 618 una operación de rastreo de bucle cerrado usando retroalimentación en base a la imagen de la cámara para orientar continuamente el espejo con el fin de mantener 620 el sol y el receptor en puntos antípodas en torno al eje central de la cámara, según se ha descrito con detalle en lo que antecede.

En la figura 7 se ha ilustrado un mecanismo de filtro adaptativo (AFM) usado en algunos ejemplos de realización del heliostato. El AFM 702 está montado directamente sobre el generador de imágenes 116 y está configurado para atenuar selectivamente la luz procedente de la fuente de luz más brillante, es decir, el sol (para evitar "sangrado" de píxel) mientras que admite tanta luz como sea posible procedente del receptor 150. El rango dinámico efectivo del generador de imágenes se mejora cuando se reduce la diferencia de intensidad de luz, incrementando con ello la posibilidad de que el controlador de seguimiento identifique el receptor incluso en los días más soleados.

En la realización mostrada en la figura 7, el AFM 702 incluye un filtro de luz visible 706 que está desviado de la abertura de agujero de alfiler, o conformado para cubrir alrededor de la mitad de la abertura de agujero de alfiler mientras permite que pase la luz a través de la otra mitad. Un filtro 706 adecuado puede ser, por ejemplo, un filtro de 62 mm de 0,4 de densidad neutra con un filtro de 1 pulgada de 3,0 de densidad neutra. El filtro de luz visible 706 está fijado a una placa de soporte 704 transparente que admite libremente luz procedente del receptor 150. Para tener en cuenta el movimiento del sol, el AFM 702 incluye además un motor paso a paso 708 u otro actuador para hacer girar el filtro de luz visible 706 y la placa de soporte 704 en el plano paralelo a la cara del espejo 220, asegurando con ello que el filtro está intercalado continuamente entre el sol y el generador de imágenes 116. En otras realizaciones, el filtro de luz visible 706 incluye un visualizador de cristal líquido (LCD) resistente al calor con una pluralidad de píxeles que pueden ser activados selectivamente para atenuar la luz del sol directa con anterioridad al generador de imágenes 116 mientras admite la luz necesaria para resolver la posición del receptor 150 u otro punto de calibración. La opacidad de diferentes píxeles del LCD puede ser actualizada dinámicamente durante el día, evitando con ello la necesidad de hacer girar el LCD. En otra realización adicional, el filtraje adaptativo podría producirse seleccionando la sensibilidad de secciones específicas del sensor de generación de imágenes, por ejemplo, cada cuadrante. De forma equivalente, se puede yuxtaponer una matriz de sensores de imagen para formar un sensor de imagen de tamaño completo, permitiendo cada sensor mencionado un control de sensibilidad independiente. Típicamente, el sol y el receptor serán proyectados sobre cuadrantes antípodas de la matriz; los sensores del cuadrante más anterior serán asignados con una sensibilidad de luz mucho más baja que la de los posteriores.

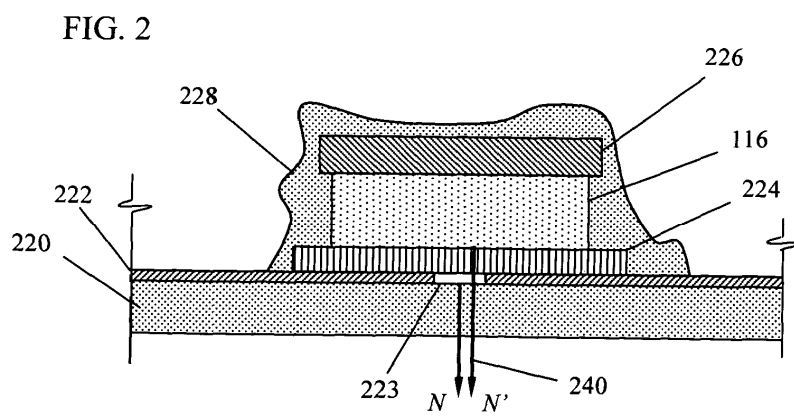
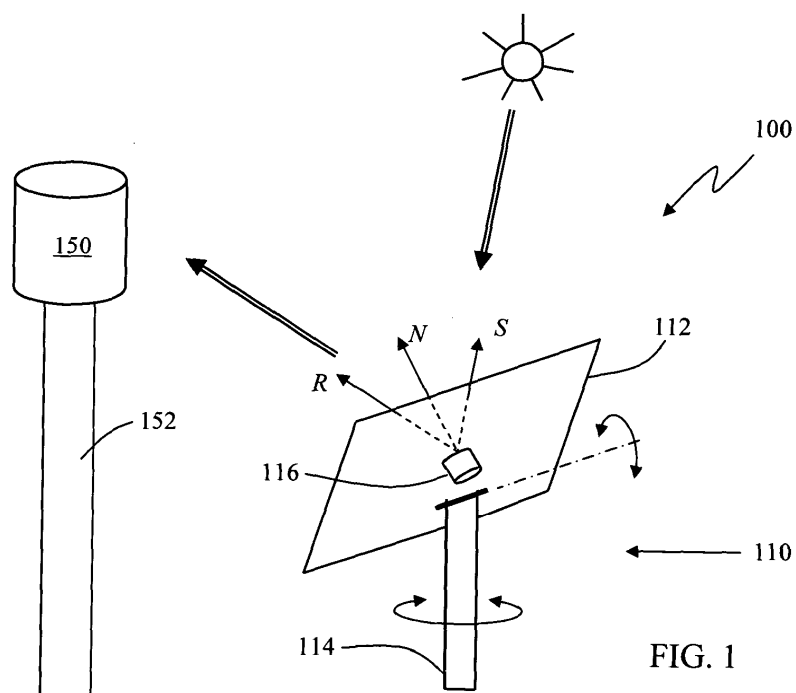
En algunas realizaciones, el heliostato puede incluir además una lente de ojo de pez 710, una lente de Fresnel, o una lente convergente sólida montada sobre el espejo 220, con preferencia sobre el AFM 702, para incrementar el campo del generador de imágenes 116. Como podrá apreciar un experto en la materia, la imagen puede rastrear continuamente al sol sin necesidad de eliminar primero la distorsión inducida por la lente. Con el generador de imágenes calibrado apropiadamente con respecto al espejo, la distorsión inducida por la lente con respecto a la posición del receptor es igual y opuesta a la distorsión en la posición del sol cuando el receptor y el sol están en posiciones antípodas.

Aunque la descripción que antecede contiene muchas especificaciones, éstas no deben ser entendidas como limitadoras del alcance de la invención sino como meramente proveedoras de ilustraciones de algunas de las realizaciones actualmente preferidas de la presente invención.

Por lo tanto, la invención ha sido descrita a título de ejemplo y sin carácter limitativo, y se deberá hacer referencia a las siguientes reivindicaciones para determinar el alcance de la presente invención.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un sistema para direccionar radiación incidente desde una fuente hasta un objetivo, comprendiendo el sistema:
- 5 un reflector para reflejar la radiación incidente, teniendo el reflector un eje óptico, un generador de imágenes conectado al reflector, en el que el generador de imágenes está conectado al lado no reflectante del espejo en alineamiento con una abertura, un controlador de seguimiento acoplado al generador de imágenes, y uno o más actuadores conectados al reflector y al controlador de seguimiento;
- 10 en el que el controlador de seguimiento está configurado para:
- i) recibir datos de imagen desde el generador de imágenes,
ii) detectar proyecciones tanto de fuente como de objetivo en base a los datos de imagen, y
iii) activar el reflector de modo que su eje bisecte las posiciones angulares de la fuente de radiación y del objetivo.
- 15 2.- El sistema de la reivindicación 1, en el que el reflector es un espejo,
- 3.- El sistema de la reivindicación 2, en el que el generador de imágenes es una cámara digital.
- 20 4.- El sistema de la reivindicación 3, en el que la cámara digital es una cámara de abertura estrecha.
- 5.- El sistema de la reivindicación 1, en el que el controlador de seguimiento está configurado además para determinar las posiciones de la fuente y del objetivo con respecto a un punto de referencia calibrado en base a los datos de imagen, en el que el punto de referencia calibrado corresponde al eje del reflector.
- 25 6.- El sistema de la reivindicación 5, en el que el eje óptico del espejo no coincide con el eje óptico del generador de imágenes.
- 7.- El sistema de la reivindicación 6, en el que el punto de referencia calibrado no coincide con un centro del campo de visión del generador de imágenes.
- 30 8.- El sistema de la reivindicación 1, que comprende además una placa de filtro intercalada entre el reflector y el generador de imágenes.
- 35 9.- El sistema de la reivindicación 8, en el que la placa de filtro, el generador de imágenes y el controlador de seguimiento están encapsulados sobre el espejo.
- 10.- El sistema de la reivindicación 1, que comprende además una lente gran angular acoplada al generador de imágenes.
- 40 11.- El sistema de la reivindicación 1, que comprende además un mecanismo de filtrado adaptativo para atenuar selectivamente la radiación procedente del sol.
- 12.- El sistema de la reivindicación 11, en el que el mecanismo de filtrado adaptativo está configurado para moverse a efectos de compensar el movimiento del sol, del objetivo, o una combinación de los mismos.
- 45 13.- El sistema de la reivindicación 1, en el que el controlador de seguimiento está configurado para recibir instrucciones de seguimiento mediante un enlace de comunicación óptica.
- 50 14.- El sistema de la reivindicación 1, que comprende además un dispositivo de comunicación inalámbrica para recibir instrucciones de seguimiento.
- 15.- El sistema de la reivindicación 14, en el que las instrucciones de seguimiento comprenden instrucciones de seguimiento de bucle abierto e instrucciones de seguimiento de bucle cerrado.



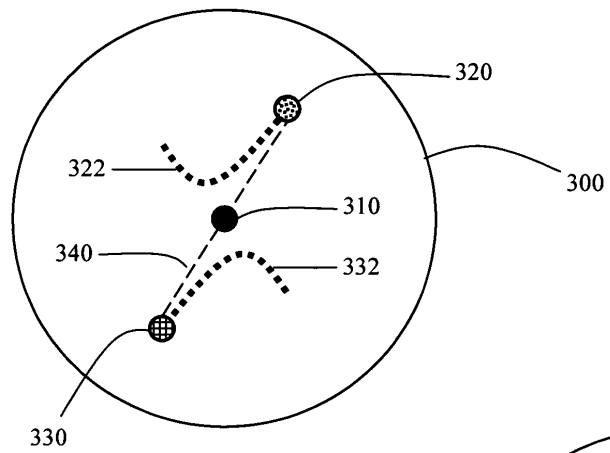


FIG. 3A

FIG. 3B

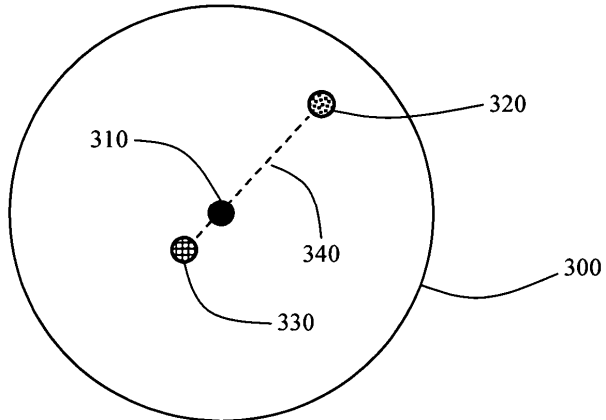
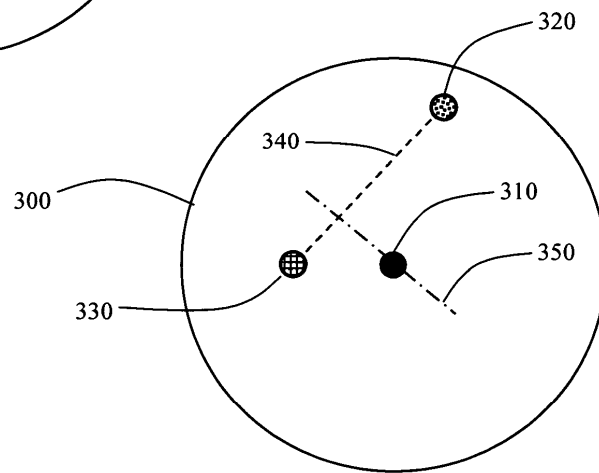


FIG. 3C

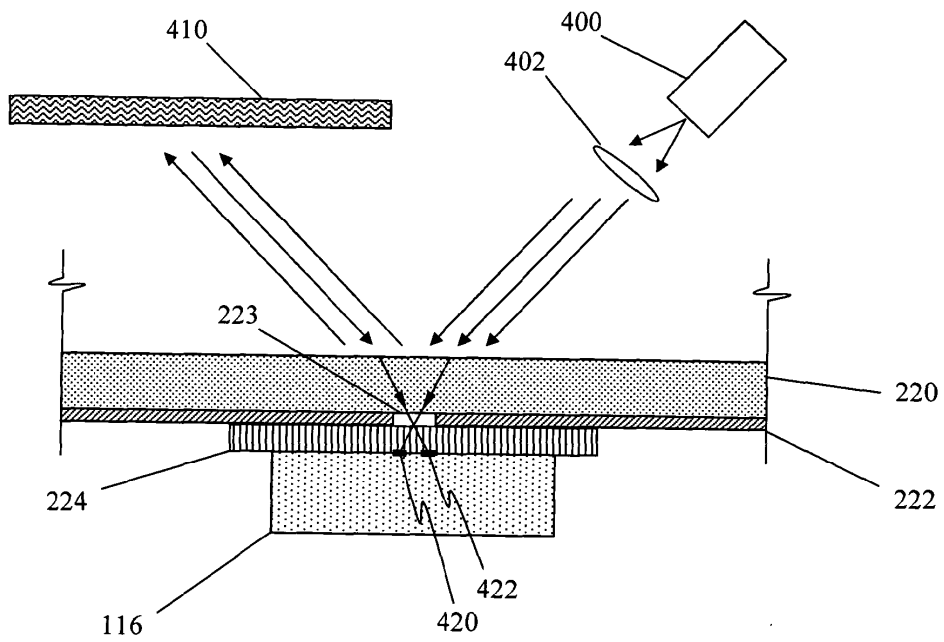


FIG. 4

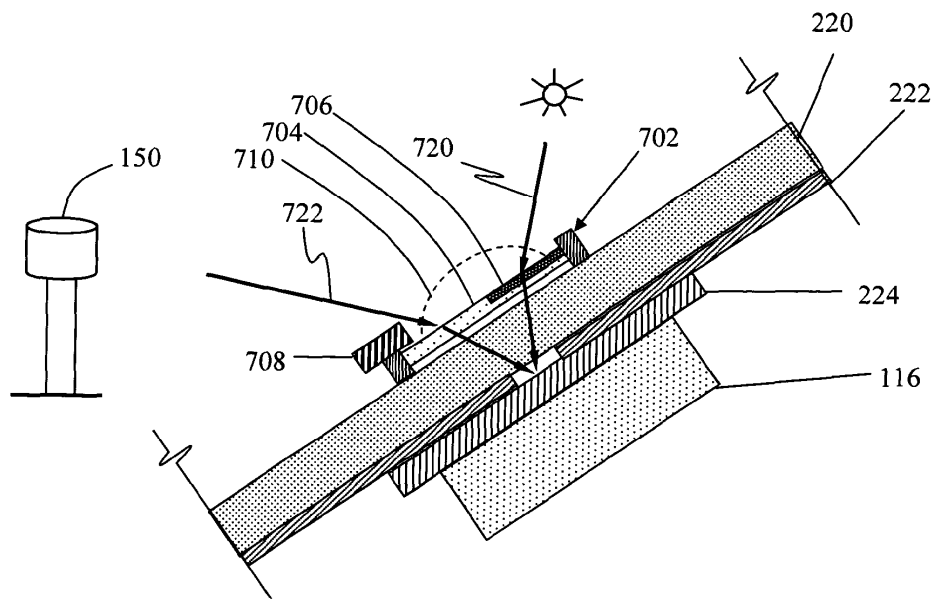


FIG. 7

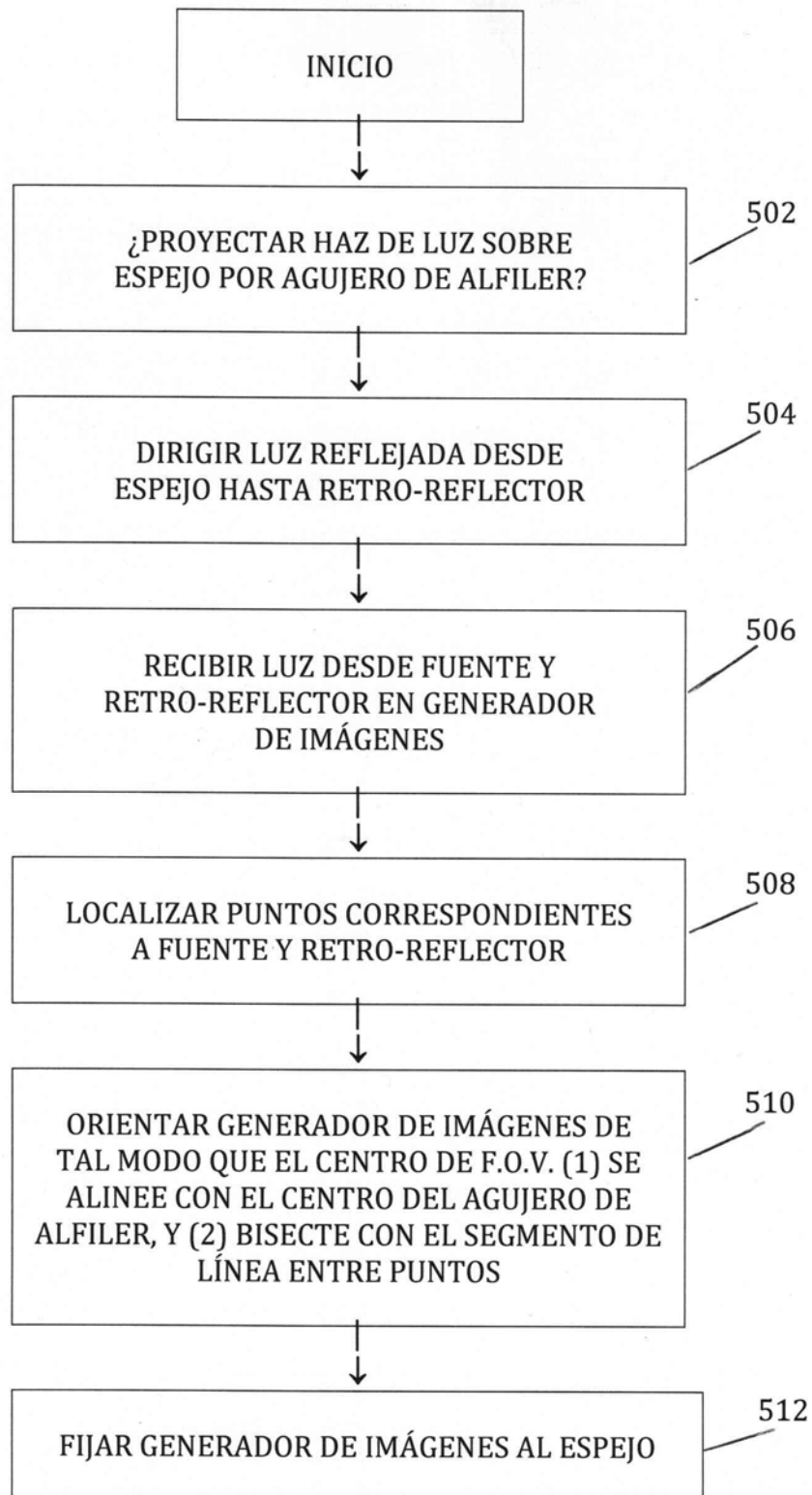


FIG. 5

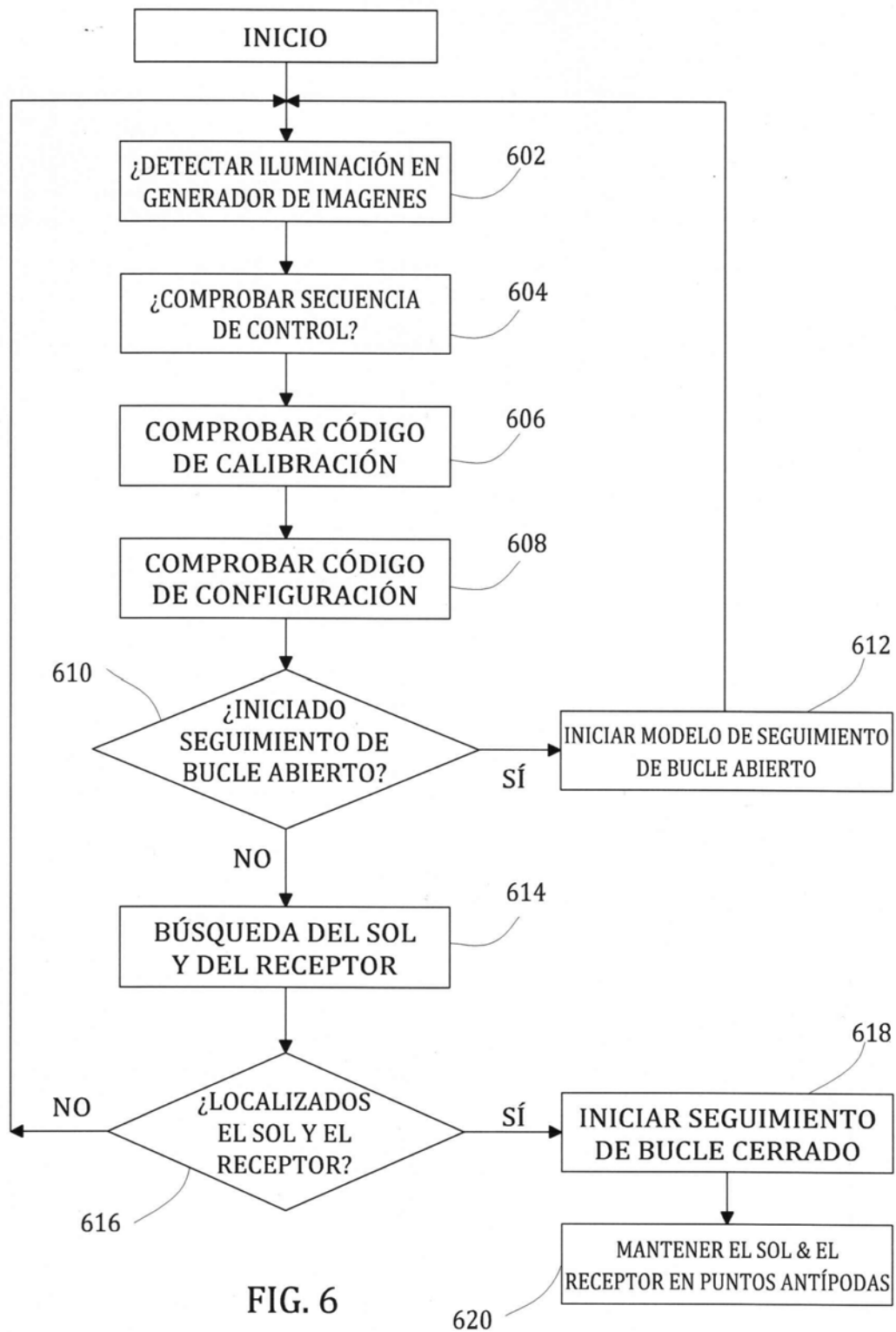


FIG. 6