



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 199 081**

② Número de solicitud: 200201771

⑤ Int. Cl.7: **G01M 11/02**

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

⑫ Fecha de presentación: **26.07.2002**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **01.02.2004**

Fecha de la concesión: **07.01.2005**

⑮ Fecha de anuncio de la concesión: **16.02.2005**

⑮ Fecha de publicación del folleto de la patente:  
**16.02.2005**

⑰ Titular/es: **Universidad Complutense de Madrid  
Rectorado, Avenida de Séneca, 2  
28040 Madrid, ES**

⑱ Inventor/es: **Arqueros Martínez, Fernando y  
Romero Álvarez, Manuel**

⑳ Agente: **No consta**

② Título: **Procedimiento para la caracterización óptica de grandes espejos mediante el registro de la luz reflejada de una estrella.**

④ Resumen:

Procedimiento para la caracterización óptica de grandes espejos mediante el registro de la luz reflejada de una estrella.

Procedimiento para la caracterización óptica de grandes espejos mediante el registro de la luz reflejada de una estrella. Mediante el registro con una cámara CCD de la luz de una estrella reflejada en el espejo, se determinan las componentes del vector normal al espejo en numerosos puntos. Para ello la cámara, situada en la región focal o región de concentración del espejo y apuntando hacia éste, toma imágenes del propio espejo registrando las zonas brillantes debidas a la reflexión de la luz de la estrella. Se describen varios métodos para conseguir fácilmente un gran número de imágenes y por tanto gran precisión en la caracterización. El método permite la caracterización óptica completa de cualquier espejo cuya distancia focal y tamaño sean mucho mayores que el diafragma de entrada de la cámara.

En particular, para concentradores solares este método permite medir la distribución espacial de intensidad de luz en la región de concentración así como determinar errores de offset y comprobar la calidad del canteo en espejos con facetas.

ES 2 199 081 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

## DESCRIPCION

Procedimiento para la caracterización óptica de grandes espejos mediante el registro de la luz reflejada de una estrella.

**Objeto. Campo técnico**

La presente invención se refiere a un procedimiento para la caracterización óptica de espejos mediante el registro nocturno de la luz de una estrella reflejada en la focal del espejo. Su aplicación más inmediata está relacionada con el control de calidad de concentradores de luz en un sistema de energía solar térmica, aunque también puede ser empleado para la caracterización de cualquier espejo siempre que se cumplan ciertos requisitos que se detallarán más adelante. En relación con la caracterización de concentradores solares aporta varias ventajas frente a los demás métodos conocidos, entre las que cabe destacar su simplicidad y bajo coste. En esta memoria se describirán los detalles para la realización práctica del método aplicado a la caracterización de heliostatos que concentran la luz solar en un colector situado en una torre central.

**Estado de la técnica**

Los métodos empleados hasta la fecha para la caracterización óptica de concentradores solares pueden dividirse en varios tipos:

- 1) *Método basado en la medida de la dirección de un haz láser reflejado en diferentes puntos del espejo*

En este método un haz láser es dirigido hacia el espejo. El haz reflejado hacia atrás es interceptado por una pantalla de dimensiones similares al espejo y situada en las proximidades del láser. El haz del láser barre todas las zonas del espejo mediante un sistema mecánico mientras una cámara registra para cada dirección de incidencia la posición del rayo reflejado en la pantalla. Esto permite determinar la normal al espejo en cada punto y por tanto su caracterización óptica. El método ha sido descrito con detalle por Wendelin T.J. e al., "SHOT: A Method for characterization the surface figure and optical performance of point focos solar concentrators". Solar Engineering, p555-560, American Society of Mechanical Engineers, New York (1991) y por Jones S.A. et al., "VSHOT Measurement uncertainty and experimental sensitivity Study", Proceedings of the 32th IECEC, Honolulu, HI (1997).

La desventaja de este método reside por un lado en el costo del sistema posicionador para controlar la dirección del láser. Además la caracterización se lleva a cabo en un banco de pruebas fuera de la posición habitual de trabajo y por tanto el cuerpo del concentrador no se encuentra sometido a las mismas tensiones mecánicas de trabajo cotidiano lo que limita la utilidad de los resultados. Por último, puesto que la pantalla debe estar colocada a la distancia focal del espejo, el método no es práctico para espejos con grandes distancias focales como son

los heliostatos cuya distancia focal típica es de más de 100 m.

- 2) *Método basado en la medida de la distribución espacial de intensidad luminosa solar reflejada por el espejo en la región de concentración*

Consiste en registrar digitalmente la distribución espacial de intensidad de luz del Sol reflejada en un blanco lambertiano situado en la región focal del concentrada. La ventaja de este método reside por un lado en la simplicidad del dispositivo de medida y por otro lado en que la caracterización se lleva a cabo en condiciones reales incluyendo por tanto los efectos de tensiones mecánicas a los que está sometido el soporte del espejo en condiciones de trabajo. Este método está particularmente indicado para la caracterización de heliostatos en un sistema de torre central. En el trabajo de Kiera M. y Schiel W., "Measurements and analysis of heliostat images", Journal of Solar Energy Engineering **111** pag.2-9 (1989) se describe con detalle el Método.

En este caso, la medida del flujo de radiación no permite caracterizar de forma unívoca al espejo debido a que el Sol es una fuente angularmente extensa. Además está sujeto a incertidumbres debidas a la uniformidad del blanco lambertiano y de la distribución angular de la radiación del disco solar.

- 3) *Otros métodos empleados o propuestos para la caracterización óptica de concentradores solares son*

- a) Estudio de la imagen reflejada por el concentrada con un objeto colocado marcado y/o coloreado en el foco. Se puede encontrar una explicación detallada en Grossman J.W., "Development of a 2f optical performance measurement system", Proceedings ASME Solar Engineering Conference Paq. 25-32 (1994).

- b) Técnicas basadas en el efecto Moiré y en interferometría laser. En los siguientes artículos se describen estos métodos: Sainov V. "Accuracy and dynamic range in shape measurement of large format objects", 2<sup>nd</sup> International Workshop on Automatic processing of fringe patterns. Akademie Veriag Physical Research series. Berlin pags. 182-188 (1993); Kowarschik R. et al., "3-coordinate measurements with structured light", 2<sup>nd</sup> International Workshop on Automatic processing of fringe patterns. Akademie Verlag Physical Research series Berlín pags. 204-208 (1993); y en Nadeborn et al., "Model basad identification of system parameters in optical shape measurements", 2<sup>nd</sup> International Workshop on Automatic processing of fringe patterns. Akademie

Veriag Physical Research series Berlin pag. 215-221 (1993).

- c) Métodos fotogramétricos descritos por Shortis M. y Johnston G., "Photogrammetry: An Available Surface Characterization Tool for Solar Concentrators, Part 1: Measurements of Surfaces", The Journal of Solar Energy Engineering, 118 pag. 146 (1996) y Shortis M. y Johnston G., "Photogrammetry: An Available Surface Characterization Tool for Solar Concentrators, Part II: Assessment of Surfaces", The Journal of Solar Energy Engineering, 119 pag 286 (1997).

Los métodos 1) y 2) están basados en los mismos principios en los que se apoya el presente invento. Al igual que en estos, el presente método está basado en el análisis de la reflexión de un haz de luz en la superficie especular. Una diferencia importante es que en el presente invento se utiliza como fuente luminosa una estrella (diferente del Sol). Al tratarse de una fuente puntual desde el punto de vista angular, el haz de luz está colimado, pero al ser espacialmente extenso incide sobre todo el espejo a la vez. De este modo se tienen simultáneamente las ventajas del láser (haz colimado) y las del Sol (haz espacialmente extenso).

Otra diferencia importante frente a los métodos conocidos hasta ahora es que en el presente Método se mide el ángulo de reflexión de la luz en cada punto del espejo mediante el registro óptico de la luz reflejada por este, vista desde la focal. Para ello, la cámara debe estar provista de un sistema óptico que le permita registrar la imagen del espejo.

#### Explicación de la invención

*Procedimiento para la caracterización óptica de grandes espejos mediante el registro de la luz reflejada de una estrella*

El método objeto de esta invención está basado en los siguientes hechos apoyados en los principios de la óptica geométrica:

- Un espejo convergente ideal concentra la luz de un haz colimado y paralelo al eje óptico, en su punto focal. Bajo estas condiciones ideales un dispositivo para registrar imágenes (cámara fotográfica, cámara CCD, etc..) situado exactamente en la focal vería al espejo totalmente iluminado puesto que todos los rayos del haz incidente que impartan sobre el espejo son dirigidos a su punto focal. Esto es estrictamente cierto para espejos cuya superficie es un paraboloide de revolución y muy aproximadamente correcto para espejos esféricos cuyas dimensiones sean muy pequeño frente al radio de curvatura del espejo. En adelante consideraremos ideal al espejo con forma perfectamente esférica.
- Si la superficie especular presenta irregularidades que la desvían de su forma ideal esférica, la luz se concentra en una región de tamaño finito rededor de la focal. Esta

región de concentración es tanto más extensa cuanto más pronunciadas sean las irregularidades de la superficie y/o mayor sea la desviación media de la superficie con respecto a la ideal.

- En el caso de que el haz no incida de forma paralela al eje óptico, la luz se concentra en una región cuyas características son fácilmente calculables a partir de los principios de la óptica geométrica. Aun en el caso de un espejo ideal la región de concentración no es puntual siendo su tamaño tanto mayor cuanto mayor sean las dimensiones del espejo en comparación con su distancia focal y cuanto más alejado (angularmente) esté el haz de luz del eje óptico. Para el caso general de un espejo no ideal y un haz paralelo y no axial las características de la región de concentración son debidas a ambos efectos. En la práctica, habitualmente son las imperfecciones del espejo las que determinan en mayor medida las características de la región de concentración.

- Una cámara situada en la región de concentración y apuntado hacia el espejo, registrará solo la luz proveniente de aquellos puntos del espejo para los que el plano tangente en el punto es tal que la reflexión dirige la luz a la cámara.

El presente método está basado en la aplicación de estos hechos para la caracterización óptica de un espejo. Entendemos por caracterización óptica la determinación de las propiedades geométricas del espejo que permiten predecir las características de la imagen producida por el espejo en cualquier posición y para cualquier objeto.

A la intersección de la región de concentración con un plano perpendicular a la recta que une el centro del espejo con el centro geométrico de la región de concentración la denotaremos en adelante como la *mancha de luz*. Cuando se coloca un blanco lambertiano en la mancha de luz, la radiación dispersada permite determinar la distribución espacie de intensidad luminosa, o flujo, en la región de concentración (método 2 de estado de la técnica).

El método consiste en registrar con una cámara CCD, o similar, imágenes del espejo cuando el espejo está orientado en una posición tal que concentra la luz de una estrella a la entrada de la cámara. La cámara debe estar situada por tanto en la región de concentración, bien sobre el eje óptico, si la estrella se encuentra en la dirección de este, o fuera de eje para haces no axiales. La cámara debe disponer de un sistema óptico (objetivo) que le permita enfocar el espejo y por tanto obtener imágenes de este.

Para cada imagen registrada, se pueden determinar las componentes del vector normal a la superficie para todos aquellos puntos del espejo que aparecen brillantes, debido a la reflexión de la luz de la estrella, a partir de la simple aplicación de la ley de la reflexión de la óptica geométrica. Registrando imágenes para suficientes posiciones de la cámara dentro de la mancha de luz, se puede

medir el vector normal en toda la superficie del espejo. Para la aplicación del método es necesario conocer la posición y orientación de los diferentes componentes del sistema (espejo y cámara).

El conocimiento del vector normal en cada punto es suficiente para predecir la trayectoria de todos los rayos y por tanto, la imagen producida por el espejo para cualquier objeto. Además, a partir del conocimiento del vector normal en cada punto se puede reconstruir la superficie del espejo empleando técnicas convencionales de geometría e interpolación. Aun en el caso de que no se cubra toda la mancha de luz y por tanto no se logre medir el vector normal en todos los puntos del espejo, un cierto número de imágenes pueden ser suficientes para una caracterización adecuada del sistema, comparable o mejor que la proporcionada por los otros Métodos existentes. Además, la realización práctica de este método puede llegar a ser mucho menos costoso que la de otros métodos conocidos.

El procedimiento descrito permite también medir de forma directa la distribución de la intensidad de la luz en la región de concentración. Basta integrar, para cada punto de la región de concentración, la intensidad de luz detectada por la CCD de la correspondiente imagen (es decir sumar la contribución de todas las zonas brillantes), ya que se conoce la posición relativa del centro teórico de focalización respecto de la posición de la CCD a partir de los datos de orientación y posición de los elementos (espejo, cámara). En particular el Método permite medir la distribución espacial en la mancha de luz. Este método permite además medir la contribución al flujo total debida a regiones individuales de la superficie especular. Es importante notar que para determinar la distribución de intensidad en la región de concentración o la contribución a esta, de regiones de interés, no es necesario una gran precisión en la medida de la posición de la mancha brillante en la superficie especular y por tanto un sistema basado en este método que solo tenga como objetivo la medida de la distribución luminosa en la región de concentración es aun más sencillo.

Como se ha mencionado (ver más arriba el apartado de *estado de la técnica*), la distribución de intensidad luminosa reflejada por un helióstato en un blanco lambertiano puede ser medida de forma precisa empleando la luz procedente del Sol. El método que aquí se describe mejora el tradicional en varios aspectos:

- a) La fuente luminosa es angularmente puntual y por tanto los resultados permiten predecir la distribución de intensidad de luz de la mancha luminosa para cualquier fuente angularmente extensa, incluida el Sol.
- b) Permite separar la contribución de diferente regiones de la superficie especular sin necesidad de tapar físicamente la superficie del espejo cuya contribución no se desee incluir.
- c) Es posible medir la distribución de intensidad en todo el volumen de la región de concentración.

El presente procedimiento proporciona además información sobre la verdadera orientación

del espejo. Como es bien sabido, debido a imperfecciones mecánicas, la orientación real de un concentrador puede ser ligeramente diferente de la asumida por su sistema de control. Estas pequeñas diferencias (errores de *offset*) se corrigen habitualmente (por *software*) a partir de datos obtenidos al observar la distribución de luz solar concentrada en un blanco en la región de concentración. El presente método permite obtener medidas independientes de *offset*. Para ello basta medir por el procedimiento ya descrito las componentes del vector normal al helióstato en su centro geométrico y compararlas con los datos del sistema de control.

En cuanto a la elección de la estrella que proporciona el haz de luz empleado en este Método, hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El brillo (magnitud de la estrella) y rango espectral deben ser adecuados a la sensibilidad de la cámara empleada y al nivel de luz de fondo ambiental.
- No debe existir ninguna otra estrella de intensidad similar o superior dentro de una distancia angular del orden de tres veces el campo de visión del espejo en la mancha de luz.
- En la elección debe tenerse en cuenta las orientaciones del espejo para las que preferentemente se desea la caracterización óptica. Como ya se ha mencionado, las estructuras de grandes espejos están sometida a fuertes tensiones mecánicas y por tanto sus propiedades ópticas pueden depender de la orientación. El presente método permite la caracterización del espejo para cualquier orientación puesto que existen estrellas de suficiente intensidad para las cámaras CCD convencionales en cualquier dirección de interés.
- Nada impide la utilización de un planeta en vez de una estrella siempre que su tamaño angular no limite la precisión del método.

El procedimiento es aplicable a cualquier espejo siempre que se cumplan los siguientes requisitos:

- Tanto la distancia foca como el tamaño del espejo deben ser mucho mayores que el diámetro de la cámara.
- El espejo debe ser orientable bajo un sistema de control que registre las coordenadas de orientación en cada momento durante la toma de imágenes.
- Debe ser posible instalar en un soporte firme una (o varias) cámara (CCD o similar) en la región de concentración del espejo.

#### Modo de realización de la invención

En adelante se especifica el procedimiento a seguir para la caracterización de helióstatos que

disparen de un sistema de control de su orientación y una torre central a la distancia focal en la que se instalará la cámara.

Paso A: Se orienta el helióstato de tal modo que la luz de una estrella sea focalizada en una posición de la torre central del campo en donde ha sido instalada una cámara CCD en un soporte firme. La cámara CCD apunta hacia el helióstato a caracterizar y debe estar provista de un objetivo adecuado para captar la imagen del helióstato completo, o tren la fracción de superficie especular que se quiere caracterizar, siendo también posible registrar, y en consecuencia caracterizar, varios helióstatos simultáneamente. Teniendo en cuenta lo que se ha explicado más arriba, bajo dichas condiciones, sobre el área sensible de la CCD solo incide la luz de la estrella que es reflejada con el ángulo preciso para el estricto cumplimiento de la ley de reflexión de la óptica geométrica.

Para este tipo de concentradores solares la mancha de luz en la torre tiene dimensiones típicas de alrededor de 1 metro. Como se ha mencionado más arriba esto es en parte debido al hecho de que, en general, la fuente se encuentra alejada del eje óptico del espejo y en muy buena parte debido a las imperfecciones de la superficie especular frente a la superficie ideal. En consecuencia, la cámara sólo será capaz de ver la luz reflejada en algunas zonas del espejo (aquellas para las que se cumpla la ley de la reflexión en la posición de la cámara). Por tanto, en general, la imagen registrada por la CCD consiste en una serie de regiones brillantes dentro de la superficie especular el helióstato. Para cada punto del espejo que aparece brillante en la imagen registrada por la CCD, se puede calcular mediante métodos geométricos convencionales el ángulo de reflexión y el plano en el que tiene lugar esta, y de ahí el plano tangente a la superficie del espejo y por tanto, el vector normal a dicha superficie. Puesto que el diafragma de entrada de la cámara CCD es extraordinariamente pequeño frente a las dimensiones del espejo y a la distancia focal, el vector normal puede ser determinado con gran precisión.

Paso B: Para la caracterización óptica del helióstato se necesita conocer el vector normal en toda la superficie del espejo, o al menos en una fracción significativa de este. Para ello es necesario registrar imágenes del helióstato con diferentes posiciones relativas de la CCD respecto del punto teórico en el que se concentra la luz. Es decir la cámara CCD debe desplazarse dentro de la región de concentración, por ejemplo, bidimensionalmente barriendo el maya número posible de posiciones en la mancha de luz. Esto se puede conseguir en la práctica de varias formas tal y como se describe a continuación:

- 1) El helióstato sigue a la estrella en su movimiento aparente empleando su sistema de control para uso solar, adecuadamente modificado para seguir a la estrella elegida. Se registran las imágenes con un conjunto de cámaras CCD distribuidas en la mancha de luz.
- 2) El helióstato es mantenido en una dirección fija tal que la luz reflejada por este en la

torre barre la zona de observación debido al movimiento aparente de la estrella. En la zona de observación han sido instaladas una o varias cámaras CCD. La dirección a la que debe apuntar el helióstato puede ser fácilmente calculada a partir de las coordenadas astronómicas de la estrella y de las coordenadas geográficas del lugar. Con este método se consigue de forma natural un bando muy preciso puesto que la dirección del haz incidente varía de forma continua, predecible y precisa, según el movimiento de rotación de la Tierra. El grado de finura del bando solo viene limitado por el tiempo de adquisición de la(s) cámara(s) CCD. Un procedimiento muy adecuado consiste en distribuir varias cámaras CCD sobre una columna vertical, puesto que el movimiento aparente de la estrella proporciona un bando aproximadamente horizontal.

Se puede conseguir una cantidad suficiente de datos que permitan la reconstrucción del vector normal en la mayor parte de la superficie del espejo repitiendo el procedimiento (1 ó 2 indistintamente) para direcciones del helióstato ligeramente modificadas, lo que se consigue fácilmente modificando la posición del foco con el sistema de control. Asimismo se puede mejorar la finura del barrido sobre la mancha de luz desplazando la(s) cámara(s) sobre sistemas posicionadores de precisión que puede ser gobernados por control remoto.

Para reconstruir adecuadamente el vector normal a la superficie del espejo es necesario correlacionar de forma precisa las imágenes captadas por la(s) CCD(s) con la dirección del helióstato. Para ello es necesario que el sistema de control registre las coordenadas que determinan la dirección del helióstato en cada instante de tiempo, y que asimismo quede registrado el tiempo de adquisición de la imagen. Para asegurar el seguimiento adecuado de la estrella, el ordenador que gobierna el control de los helióstatos está permanente conectado a un sistema que le proporciona el tiempo coordinado universal (en adelante tiempo UTC). Para el presente procedimiento de caracterización de helióstatos es también necesario que el ordenador que controla la(s) cámara(s) CCD(s) trabaje bajo tiempo UTC lo que se puede conseguir fácilmente por medio de una conexión Internet a los múltiples servidores de tiempo UTC que existen en todo el mundo.

Otro elemento importante para la realización del procedimiento es la identificación de la posición de las zonas brillantes en la imagen registrada por la CCD. Para ello se pueden emplear dos métodos independientes cuya comparación permite eliminar posibles errores sistemáticos, sobre todo durante el periodo de la puesta a punto. El primer método consiste en sujetar focos luminosos en algunas esquinas de referencia del helióstato. Puesto que la(s) cámara(s) CCD son muy sensibles, pequeñas linternas a pilas son suficientes para este fin. El segundo método para la identificación de la geometría del helióstato en las imágenes está basado en el cálculo directo de la proyección de helióstato en el plano de la

CCD, lo que puede ser llevado a cabo mediante técnicas geométricas convencionales conociendo la posición del heliostato y la de la cámara CCD.

En relación con las características de la cámara CCD es muy conveniente emplear una cámara CCD digital enfriada. La resolución óptima depende de muchos factores como son las características geométricas del campo de heliostatos y de la torre central, la estabilidad de los heliostatos, la superficie especular a caracterizar, etc.. Hay que tener en cuenta que en último extremo, la precisión máxima para la caracterización del heliostato puede venir determinada por factores de estabilidad mecánica.

El análisis de las imágenes permite la caracterización óptica completa del heliostato. En particular, se puede determinar el error de *offset* del sistema de control y la calidad del canteo.

1) *Medida del error de offset*: Se puede ser determinado de dos modos:

- a) A partir de la medida de la distribución espacial de la intensidad en la mancha de luz siguiendo métodos convencionales.
- b) A partir de la medida del vector normal en toda la superficie. En ausencia de *offset* la dirección a la que apunta el heliostato de acuerdo con el sistema de control debe coincidir con el vec-

tor normal a la superficie en el centro geométrico del heliostato. En caso contrario, a partir de la desviación correspondiente se puede determinar el *offset*.

2) *Calidad del canteo*: Un heliostato consta habitualmente de varios espejos (facetas) que son orientados para conseguir la máxima capacidad de concentración. La orientación de la facetas (*canteo*) es una operación de la que depende críticamente la calidad del heliostato. La calidad del canteo puede ser determinada de dos modos.

- a) A partir de la contribución a la mancha de luz de facetas individuales. La separación de los centros de las distribuciones de intensidad en la micha de luz para cada faceta proporciona una buena indicación de la calidad del canteo.
- b) Comparando el valor promedio de la normal en cada faceta con el valor teórico, fácilmente calculable.

Los resultados muestran que aún con una única cámara CCD ha sido posible caracterizar adecuadamente la superficie especular de un heliostato.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la caracterización óptica de grandes espejos **caracterizado** porque emplea como fuente de luz una estrella distinta del Sol.

2. Procedimiento, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque registra la luz de la estrella reflejada por el espejo mediante una cámara electrónica del tipo CCD o similar instalada en la región de concentración del espejo y apuntando hacia este. La cámara dispone de un sistema óptico capaz de enfocar total o parcialmente el espejo, o espejos a caracterizar.

3. Procedimiento, según reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque mediante el análisis de la posición de las zonas brillantes del espejo, registradas por la cámara, debidas a la reflexión de la luz de la estrella, se determinan las componentes del vector normal a la superficie del espejo en numerosos puntos, lo que permite la caracterización óptica de este.

4. Procedimiento, según reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** porque durante el registro de las imágenes con la cámara, el espejo sigue automáticamente a la estrella en su movimiento aparente manteniendo el punto de enfoque (región de concentración) fijo con respecto a la posición de la cámara.

5. Procedimiento, según reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** porque durante el registro de las imágenes con la cámara, el espejo se mantiene en una orientación fija previamente calculada, de tal modo que la región de concentración se desplaza con respecto a la posición de la cámara, debido al movimiento aparente de la estrella.

6. Procedimiento, según reivindicaciones 4 y 5, **caracterizado** porque emplea una o varias cámaras cubriendo la región de concentración. Estas cámaras pueden estar colocadas en posiciones fijas o bien desplazarse de forma controlada con sistemas posicionadores.

7. Procedimiento, según reivindicaciones 4, 5 y 6, **caracterizado** porque para conseguir un mayor número de imágenes y por tanto una caracterización más precisa del espejo se repite el procedimiento para otras posiciones del punto de enfoque (región de concentración) del espejo respecto de la posición de la(s) cámara(s) lo que se consigue variando adecuadamente la orientación del espejo.

8. Método para la medida de la distribución de intensidad luminosa focalizada por un concentrador de luz solar **caracterizado** porque emplea como fuente de luz una estrella distinta del Sol.

9. Método según reivindicación 8, **caracterizado** porque registra la luz de la estrella reflejada por el concentrador mediante una cámara electrónica del tipo CCD o similar instalada en la región de concentración del espejo y apuntando hacia este. La cámara dispone de un sistema óptico capaz de enfocar total o parcialmente el espejo, o espejos para los que se quiere medir la distribución espacial de intensidad.

10. Procedimiento, según reivindicaciones 8 y 9 **caracterizado** porque la intensidad, en una posición dada de la región de concentración, se determina a partir de la suma de las intensida-

des de todas las zonas brillantes del concentrador debidas a la reflexión de la luz de la estrella, registradas por la cámara cuando esta se encuentra en la correspondiente posición de la región de concentración.

11. Procedimiento, según reivindicaciones 8, 9 y 10, **caracterizado** porque permite determinar la contribución de la intensidad en la región de concentración debida a cualquier región de la superficie del concentrador sin más que sumar las intensidades registradas con la cámara, de las zonas brillantes de la correspondiente región especular.

12. Procedimiento, según reivindicaciones 8 y 9, **caracterizado** porque durante el registro de las imágenes con la cámara, el concentrador sigue automáticamente a la estrella en su movimiento aparente manteniendo el punto de enfoque (región de concentración) fijo con respecto a la posición de la cámara.

13. Procedimiento, según reivindicaciones 8 y 9, **caracterizado** porque durante el registro de las imágenes con la cámara, el concentrador se mantiene en una orientación fija previamente calculada, de tal modo que la región de concentración se desplaza con respecto a la posición de la cámara, debido al movimiento carente de la estrella.

14. Procedimiento, según reivindicaciones 12 y 13, **caracterizado** porque emplea una o varias cámaras cubriendo la región de concentración. Estas cámaras pueden estar colocadas en posiciones fijas o bien desplazarse de forma controlada con sistemas posicionadores.

15. Procedimiento, según reivindicaciones 12, 13 y 14, **caracterizado** porque para conseguir un mayor número de imágenes y por tanto un mayor grado de detalle en la medida la distribución de intensidad que focaliza el concentrador solar, se repite el procedimiento para otras posiciones del punto de enfoque (región de concentración) del concentrador respecto de la posición de la(s) cámara(s) lo que se consigue variando adecuadamente la orientación del concentrador mediante su sistema de control.

16. Procedimiento para la determinación de la orientación de facetas individuales en un concentrador solar (*canteo*), **caracterizado** porque emplea como fuente de luz una estrella distinta del sol.

17. Procedimiento según reivindicación 16, **caracterizado** porque registra la luz de la estrella reflejada por el concentrador sola mediante una cámara electrónica del tipo CCD o similar instalada en la mancha de luz y apuntando hacia este. La cámara dispone de un sistema óptico capaz de enfocar total o parcialmente la imagen del concentrador o concentradores para los que se quiere determinar la calidad del *canteo*.

18. Procedimiento, según reivindicaciones 16 y 17 **caracterizado** porque la orientación de cada faceta individual se obtiene a partir del análisis de la posición de las zonas brillantes del espejo registradas por la cámara, debidas a la reflexión de la luz de la estrella.

19. Procedimiento, según reivindicaciones 11, 16 y 17 **caracterizado** porque la orientación de las facetas se determina a partir de la distribución

espacial de intensidad de luz en la mancha de luz debida a cada faceta individual.

20. Procedimiento, según reivindicaciones 16 y 17, **caracterizado** porque durante el registro de las imágenes con la cámara, el concentrador sigue automáticamente a la estrella en su movimiento aparente manteniendo el punto de enfoque (región de concentración) fijo con respecto a la posición de la cámara.

21. Procedimiento según reivindicación 16 y 17 **caracterizado** porque durante el registro de las imágenes con la cámara, el concentrador se mantiene en una orientación fija previamente calculada, de tal modo que la región de concentración se desplaza con respecto a la posición de la cámara, debido al movimiento aparente de la estrella.

22. Procedimiento, según reivindicaciones 20 y 21, **caracterizado** porque emplea una o varias cámaras cubriendo la mancha de luz. Estas cámaras pueden estar colocadas en posiciones fijas o bien desplazarse de forma controlada con sistemas posicionadores.

23. Procedimiento según reivindicaciones 20, 21 y 22, **caracterizado** porque para conseguir un mayor número de imágenes, y por tanto mayor precisión en la determinación de la calidad del *canteo*, se repite el procedimiento para otras posiciones del punto de enfoque (región de concentración) del concentrador respecto de la posición de la(s) cámara(s) lo que se consigue variando adecuadamente la orientación del concentrador mediante su sistema de control.

24. Procedimiento para la medida de errores de *offset* en un concentrador, **caracterizado** porque emplea como fuente de luz una estrella distinta del sol.

25. Procedimiento según reivindicación 24, **caracterizado** porque registra la luz de la estrella reflejada por el concentrador solar mediante una cámara electrónica del tipo CCD o similar instalada en la mancha de luz y apuntando hacia este. La cámara dispone de un sistema óptico capaz de enfocar total o parcialmente la imagen

del concentrador o concentradores para las que se quiere medir los errores de *offset*.

26. Procedimiento, según reivindicaciones 24 y 25 **caracterizado** porque la orientación de cada faceta individual se obtiene a partir del análisis de la posición de las zonas brillantes del espejo registradas por la cámara, debidas a la reflexión de la luz de la estrella.

27. Procedimiento, según reivindicaciones 10, 24 y 25 **caracterizado** porque el error de *offset* se determina a partir de la distribución espacial de la intensidad en la mancha de luz.

28. Procedimiento, según reivindicaciones 24 y 25, **caracterizado** porque durante el registro de las imágenes con la cámara, el concentrador sigue automáticamente a la estrella en su movimiento aparente manteniendo el punto de enfoque (región de concentración) fijo con respecto a la posición de la cámara.

29. Procedimiento según reivindicación 24 y 25 **caracterizado** porque durante el registro de las imágenes con la cámara, el concentrador se mantiene en una orientación fija previamente calculada, de tal modo que la región de concentración se desplaza con respecto a la posición de la cámara, debido al movimiento aparente de la estrella.

30. Procedimiento, según reivindicaciones 28 y 29, **caracterizado** porque emplea una o varias cámaras cubriendo la mancha de luz. Estas cámaras pueden estar colocadas en posiciones fijas o bien desplazarse de forma controlada con sistemas posicionadores.

31. Procedimiento según reivindicaciones 28, 29 y 30, **caracterizado** porque para conseguir un mayor número de imágenes, y por tanto mayor precisión en la medida de los errores de *offset*, se repite el procedimiento para otras posiciones del punto de enfoque (región de concentración) del concentrador respecto de la posición de la(s) cámara(s) lo que se consigue variando adecuadamente la orientación del concentrador mediante su sistema de control.





OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 199 081

② Nº de solicitud: 200201771

③ Fecha de presentación de la solicitud: **26.07.2002**

④ Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.7: G01M 11/02

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	DE 3325919 A (MESSERSCHMITT-BÖELKOW-BLOHM GmbH) 31.01.1985, todo el documento.	1,2,4,6,8, 9,12-14, 16,20-22
A	KIERA, M. et al. "Measurement and Analysis of Heliostat Images". JOURNAL OF SOLAR ENERGY ENGINEERING, Vol. 111, Febrero 1989, páginas 2-9.	1-3,8,9, 16-18,24, 25
A	JONES, S.A. et al. "VSHOT Measurement Uncertainty and Experimental Sensitivity Study". Proceedings of the 32th IECEC, Honolulu, HI, 1997, páginas 1877-1882. US 5623336 A (RAAB) 22.04.1997, todo el documento.	1-3,8,9, 16-18
A	KONYSHERV, A.N. et al. "Television Method for Measuring Light Flux Intensity in the Focal Zone for solar Concentrator". APPLIED SOLAR ENERGY, Vol. 29, nº 3, 1993, páginas 60-63.	9-11,17,19

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

<b>Fecha de realización del informe</b> 29.10.2003	<b>Examinador</b> A. Navarro Farell	<b>Página</b> 1/1
---	--	----------------------