



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 201 925**

(21) Número de solicitud: 200202069

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>: **G01N 21/57**  
G01N 21/59

(12)

SOLICITUD DE PATENTE

A1

(22) Fecha de presentación: **11.09.2002**

(71) Solicitante/s: **Universidad de Cádiz.**  
**Ancha, 16**  
**11001 Cádiz, ES**

(43) Fecha de publicación de la solicitud: **16.03.2004**

(72) Inventor/es: **Martín Calleja, Joaquín;**  
**Fernández Lorenzo, Concepción;**  
**Alcántara Puerto, Rodrigo y**  
**Poce Fatou, Juan Antonio**

(43) Fecha de publicación del folleto de la solicitud:  
**16.03.2004**

(74) Agente: **No consta**

(54) Título: **Un sistema automatizado y un procedimiento para el estudio de superficies con propiedades dependientes de la irradiación fotónica.**

(57) Resumen:

Un sistema automatizado y un procedimiento para el estudio de superficies con propiedades dependientes de la irradiación fotónica.

El sistema permite caracterizar la superficie de un material, mediante un equipamiento y un protocolo de uso que, en conjunto generan: la expansión del haz láser, la división del haz para extraer una porción que permita medir su estabilidad, la focalización exacta de un haz fotónico sobre la superficie estudiada, la medida del ángulo entre el haz iluminante y la normal al plano de la superficie estudiada, el barrido punto a punto del spot de irradiación sobre la superficie estudiada, la medida promediada de cada una de las señales generadas en la transformación sufrida por la superficie fotodependiente así como la radiación reflejada espectralmente, y la obtención de un mapa de la variación espacial de las diversas propiedades con una resolución limitada por la difracción del haz fotónico en el foco.

## DESCRIPCIÓN

Un sistema automatizado y un procedimiento para el estudio de superficies con propiedades dependientes de la irradiación fotónica.

### Sector industrial

Industria foto-electrónica y foto-óptica.

### Generalidades

Cuando un material, sistema, o dispositivo, con una superficie con propiedades fotodependientes es iluminado por un haz fotónico, parte de los fotones incidentes son absorbidos y otra parte son reflejados bien especular o bien difusamente. A su vez, de los fotones que son absorbidos una parte da lugar a la generación de calor y otra parte genera una transformación de las propiedades fotodependientes del material. Una forma de caracterizar el material, sistema o dispositivo es medir qué parte de la radiación incidente se refleja y qué parte se absorbe para dar calor o para alterar sus propiedades fotodependientes.

Salvo muy contadas excepciones, la respuesta generada por el dispositivo es integradora, es decir, con independencia del tamaño de la zona iluminada o de su localización física sobre la superficie fotoactiva, el canal de salida de la información generada es único. Esto implica una pérdida de información espacial, es decir, de la foto-respuesta específica de cada punto de la superficie activa.

Sin embargo, cuando queremos estudiar la respuesta del sistema a nivel microscópico es necesaria la obtención de la información con resolución espacial, es decir, con discernimiento en función de su localización. Así, la presencia de microheterogeneidades sea cual sea su origen o su evolución, únicamente pueden ser estudiadas si es posible caracterizar la respuesta del material, sistema o dispositivo punto a punto. Sólo así es factible construir un mapa que informe sobre la variación espacial de sus propiedades fotodependientes.

La utilización de un haz fotónico, estabilizado en cuanto a su distribución espectral, espacial y de potencia, para efectuar un barrido punto a punto sobre una superficie del material fotosensible es una vía de acceso para la obtención de estos mapas. Si, además, el haz fotónico está altamente focalizado, es decir, la superficie iluminada es muy pequeña, el mapa de fotodependencia tendrá una alta resolución espacial.

Efectivamente, cuanto más pequeña sea la superficie iluminada por el haz de fotones, tanto más podremos discernir entre puntos contiguos de la superficie activa. Es por ello que una óptima focalización del haz de fotones incidentes es condición imprescindible para la confección de mapas de fotodependencia con alta resolución espacial.

Sin embargo, ésta no es la única condición para la obtención de un mapa de foto-respuesta con alta resolución espacial. También es necesario que el dispositivo optomecánico esté libre de fluctuaciones tanto en su faceta óptica como en la mecánica, ya que se debe poder controlar con precisión la posición exacta donde se desea iluminar y la potencia de irradiación con la que se está iluminando.

El láser, utilizado como fuente de iluminación, constituye la solución más adecuada ya que, al tener una emisión altamente monocromática, en forma de haz paralelo, con una mínima divergencia y con una distribución gaussiana de potencia en el modo TEM00, permite su focalización con una alta eficien-

cia y de acuerdo a patrones matemáticos.

Si estas características del láser las unimos al uso de elementos optomecánicos conformando caminos ópticos sencillos, plataformas motorizadas con control informático para el posicionamiento de los elementos más críticos, diseños mecánicos que minimizan las fuerzas de torsión por efecto gravitacional, sensores para el control de la potencia de irradiación, protocolos adecuados para focalizar, posicionar y recorrer la superficie a estudiar y medios informáticos, adecuadamente programados, para controlar todo el sistema, leer datos de los sensores, operar matemáticamente con ellos y tomar las decisiones más oportunas, todo ello nos permite configurar un sistema con capacidad de obtener mapas de alta resolución de la variación superficial de las diversas propiedades fotodependientes que puede presentar un material, sistema o dispositivo.

### Estado de la técnica

Existe una amplia diversidad de diseños que sirven para obtener imágenes de foto-respuesta de muestras macroscópicas a partir de la irradiación electromagnética con haces de fotones. En general tienen como norma el sacrificio de la alta resolución espacial en pos de una mayor rapidez o de un mejor aprovechamiento de la capacidad de información global que es posible obtener.

El hecho de tener que barrer o recorrer una determinada superficie con un haz de fotones genera tres opciones fundamentales en su diseño:

- la superficie se mantiene estática y es el haz fotónico el que se desplaza.
- el haz fotónico se mantiene estático y es la superficie la que se desplaza en torno al haz.
- sistemas mixtos en los que el haz de desplaza al igual que la superficie de una manera coordinada para cubrir la superficie deseada.

Los sistemas diseñados según la opción "a" funcionan bajo la técnica de deflexión del haz y son, generalmente, rápidos. Sin embargo presentan problemas en la focalización del haz ya que, para barrer grandes superficies manteniendo una mínima focalización, precisan lentes de elevada distancia focal, lo que hace que la resolución espacial sea pequeña, llegando en algunos casos a utilizar haces no focalizados [US4301409 (1981), L. Miller Emmet]. En cuanto a la técnica usada para la deflexión del haz puede ser muy variada desde el uso de pares de lentes simples que se desplazan fuera del eje óptico del sistema [US3643015 (1972), M.D. Egger] hasta el uso de modernas lentes telecentricas que permiten la salida de un haz que se desplaza paralelamente al eje óptico cuando incide un haz con una inclinación axial sobre dicho eje [US6072624 (2000), US5760951 (1998), US5381224 (1995), A. E. Dixon y otros], pasando por sistemas de deflexión por medio de pares de espejos que giran en ejes perpendiculares entre sí [US5334540 (1994), DE4223129 (1992), JP4312942 (1991), Ishii Tatsuya] [H. J. Hovel, Semicond. Sci. Technol. 7, A1-A9, 1992]. En ocasiones no se especifica cuál es la metodología empleada para focalizar o hacer que el haz recorra una superficie, indicando sin más que existe un subsistema que se encarga de este fin [US6177989 (2001), Bruce Michael]. Con estos sistemas se obtienen imágenes de una forma rápida y a bajo coste, sin embargo el haz o no está

perfectamente focalizado a todo lo largo de la superficie de la muestra o el spot de iluminación es muy grande, obteniéndose con ello imágenes de escasa calidad.

Los inconvenientes de variar el ángulo de deflexión se eliminan mediante los sistemas que trabajan según la opción “b”, es decir muestra móvil y haz estático. Estos son generalmente más lentos que los anteriores [C. J. L. Moore and C. J. Miner, *J. Cristal Growth* 103, 21-27, 1990] y la velocidad de obtención de imágenes está limitada por la del dispositivo soporte de la muestra. Sin embargo, como contrapartida, las imágenes pueden obtenerse con una buena resolución espacial y espectral. No obstante, en la mayoría de los equipos, su diseño no está dirigido a la obtención de imágenes de alta resolución, sino a la detección de anomalías e irregularidades en la superficie estudiada como son las dislocaciones en las células solares policristalinas o de AsGa [US5406367 (1995), US5581346 (1996), US5757474 (1998), L. Sopori Bhushan], precisando, para ello, introducir entre la lente focal y la muestra elementos ópticos adicionales como divisores de haz o voluminosas esferas integradoras. En este caso, la lente de focalización vuelve a ser nuevamente de larga o muy larga distancia focal, generando haces fotónicos en el foco de poca resolución espacial.

En otras ocasiones se confía en el cabezal de un microscopio, bien directo o bien invertido, para conducir la radiación y focalizarla sobre la superficie a estudiar [G. E. Carver, *Semicond. Sci. Technol.* 7, A53-A58, 1992], [US6154039 (2000), Wu Mingde Nevil], [K. Nishioka, T. Yagi, T. Hatayama, Y. Uraoka and T. Fuyuki, 17<sup>a</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference, Munich (2001)]. Estos sistemas pueden obtener mejores resoluciones ya que precisan trabajar a las distancias de focalización impuestas por el cabezal del microscopio, que suelen ser pequeñas. En su contra podemos citar que al utilizar un bloque óptico pensado para otros menesteres ven reducidas sus capacidades en cuanto a la información que pueden suministrar, como son la medida de la reflectancia espectral o la medida de la estabilidad de la radiación de excitación.

En cuanto a los sistemas que funcionan según el modelo “c” es representativo el diseñado según un haz de radiación que es deflectado siguiendo una trayectoria en forma de arco al tiempo que una plataforma móvil se va desplazando en cada barrido del haz [US6335824B1 (2002), James W. Overbeck]. Este sistema pretende aunar las ventajas de los sistemas anteriores pero genera una desventaja importante y es que los puntos analizados no se encuentran según un patrón rectangular por lo que se deben efectuar complejas e inciertas operaciones de interpolación para su transformación.

Esta última referencia, junto con la referencia [US5895915 (1999), Herman DeWeerd y otros], son ejemplos típicos de sistemas en los que el objeto fundamental de la patente es el desarrollo de un sistema de barrido, es decir de cómo hacer recorrer un haz sobre una superficie, sin especificar su aplicación. En el lado contrario tenemos los sistemas que presentan un marcado objetivo de aplicación. Entre ellos destacamos el grupo de los que su interés fundamental es la obtención de imágenes ampliadas de la superficie estudiada haciendo las veces de un microscopio, los cuales sólo tienen sentido cuando la radiación reemi-

tida o reflejada tiene un contenido informativo como, por ejemplo, son los sistemas destinados al estudio de la fotoluminiscencia. En muchos de estos casos, pierde sentido el empleo de un haz que va barriendo la superficie, siendo sustituida esta metodología por una iluminación amplia y una lectura de la radiación reemisiva mediante un dispositivo CCD [“Life time mapping of Si-wafers by an infrared camera”, M. Ball y otros, *Bavarian center for applied energy research, University of Erlangen, Germany*].

El otro grupo importante es el formado por aquellos sistemas que están claramente enfocados a la detección de imperfecciones en la superficie de sustancias semiconductoras en aras a su eficacia en la construcción de dispositivos electrónicos o células solares. En estos, es fundamental la discriminación de la luz dispersada para distinguir entre el tipo de defectos cristalinos que provocan esta dispersión [US5581346 (1996), Sopori Bhushan L]. Estos sistemas se basan en la medida de la etch pit density (EPD) como indicador del número de dislocaciones en el sustrato cristalino. Estos dispositivos permiten la caracterización de materiales semiconductores y fotovoltaicos y están basados en el empleo de un spot de iluminación de gran superficie y en la utilización de una esfera integradora. En [US4925298 (1990), Paolo Dobrilla], [JP63304179 (1988), Awamura Daikichi] se compara la radiación reflejada espectralmente por la muestra, con una de referencia para determinar la EPD. En [US5008542 (1991), C. Dudley Scout y otros] se aplica una metodología equivalente pero usando radiación transmitida. Para realizar este tipo de caracterización en sustratos que sean policristalinos es importante discernir entre la radiación dispersada por las dislocaciones y las dispersadas por las fronteras de grano. Esta circunstancia constituye la justificación principal de las invenciones [US5406367 (1995) y US5757474 (1998), Sopori Bhushan L].

Finalmente, en la bibliografía podemos encontrar diversos ejemplos de publicaciones científicas en los que se muestran imágenes, normalmente de muy baja resolución, de propiedades fotodependientes detectadas mediante un sistema de barrido fotónico sobre su superficie. Sin embargo, no se especifica nada sobre la instrumentación usada para obtener esa información, tanto si es una instrumentación diseñada por el propio equipo de investigación o si lo es bajo licencia de alguna de las patentes existentes [“LBIC measurements on low cost back contact solar cells”, A. Kress y otros, *Universitat Konstanz, Fachbereich Physik, Germany*], [“LBIC investigations of the life time degradation by extended defects in multicrystalline solar silicon”, M. Rinio y otros, *Institute for Experimental Physics, TU Freiberg, Germany*], [“Cello: an advanced LBIC measurements for solar cell local characterization”, J. Carstensen y otros, *Faculty of Engineering, Christian-Albrechts University of Kiel, Germany*], [“Mapping of metal contaminants in photovoltaic grade silicon by X-ray fluorescence”, W. Seifert y otros, *Institute of experimental Physics, Technical University of Freiberg, Germany*], [“Consideration of band bending and reduced optical transmittance at grain boundaries in LBIC analysis”, M. BouaYcha y otros, *Phys. Stat. Sol. (a)*, 175, 561 (1999)]

#### **Descripción de la invención**

El sistema automatizado consta de los siguientes elementos o subsistemas:

1. Plataforma de trabajo.
2. Subsistema de fotoexcitación.
3. Subsistema optomecánico de expansión del haz de radiación.
4. Subsistema de fotodetección de la potencia de excitación.
5. Subsistema motorizado de focalización.
6. Subsistema motorizado de posicionamiento de la superficie fotodependiente.
7. Subsistema de fotodetección de la señal de reflexión.
8. Subsistema de acondicionamiento de las señales fotodetectadas y fotodependientes.
9. Subsistema informatizado de medición y control.

*Descripción individualizada de los diferentes elementos o sistemas*

#### *1.- Plataforma de trabajo.*

Todos los elementos optomecánicos que se definen en los puntos siguientes se encuentran anclados a la plataforma (10) (figura 1). Esta plataforma es una superficie de trabajo ópticamente plana, la cual está situada según un plano horizontal. La superficie presenta una desviación en su planitud inferior a 150 micrómetros por metro y tiene mínimas deformaciones por causas térmicas y de tensión mecánica. Está situada en un espacio físico con una variación térmica menor de 0,1°C por metro. No es relevante el sistema de anclaje de los elementos optomecánicos con la condición de que, una vez anclados, no presenten variación en su posición salvo las debidas a los efectos térmicos y de tensión mecánica.

#### *2.- Subsistema de fotoexcitación.*

El sistema utiliza el láser (20) con emisión en la zona del visible y no polarizada. La emisión (02) del láser define el eje óptico de propagación principal del sistema al cual se referirán todos los restantes elementos ópticos. El láser se encuentra soportado sobre los puntos de apoyo (21) y (22) de forma que ambos son regulables micrométricamente. Los tornillos (23) y (24) regulan el paralelismo de la emisión respecto al plano de trabajo mientras que los tornillos (25) y (26) regulan el ángulo horizontal.

#### *3.- Subsistema optomecánico de expansión del haz de radiación.*

La emisión (02) emergente del láser (20) (figuras 1 y 2), es expandida hasta un diámetro superior a 8 mm, mediante el empleo del sistema óptico expander (30) compuesto por la lente (simple o compuesta) (31), el filtro espacial (32) y la lente (simple o compuesta) (33). Ambas lentes están situadas en disposición coaxial y confocal y la lente (31) tiene una distancia focal respecto a la lente (33) inferior a 1/6. La lente (33) está situada sobre la plataforma de desplazamiento micrométrico (34) para facilitar la confocalidad de ambas lentes. En el foco común de ambas lentes está situado el filtro espacial (32), el cual elimina radiaciones parásitas y define un foco emisor puntual. La emisión láser expandida (03) tiene unas características de paralelismo, divergencia y distribución de potencia similares a la de la radiación (02) emergente del láser.

Asociado a este sistema pero no dispuesto de for-

ma permanente se encuentra el dispositivo fotosensor (35) que permite visualizar y medir la anchura del haz láser emergente del sistema expander.

#### *4.- Subsistema de fotodetección de la potencia de excitación.*

El haz láser emergente (03) de la lente (33) incide sobre el elemento óptico divisor de haz (40) (figura 1), construido con un material de alta transparencia (p.e. BK7), con recubrimiento antirreflectante y preferiblemente no polarizador. La radiación reflejada o secundaria (05) emergente del divisor de haz (40) incide en el sistema de medición (41) constituido por el difusor (42) y el dispositivo fotosensible (43). El dispositivo fotosensible (43) está calibrado según una ley de proporcionalidad entre la corriente eléctrica que se genera y la magnitud de la radiación recibida. La corriente eléctrica generada es conducida mediante el cable apantallado (44) al sistema de acondicionamiento de la señal (80).

La radiación trasmisida (04) a través del divisor de haz (40) atraviesa el diafragma o abertura circular (45), ajustado a un tamaño ligeramente inferior al del haz láser expandido, proporcionando la emisión (06) como salida. Tanto el divisor de haz (40) como el diafragma (45) están centrados en el eje óptico principal de propagación del sistema.

#### *5.- Subsistema motorizado de focalización.*

La radiación (06) emergente del diafragma (45) incide en el sistema de focalización (50) el cual está constituido por la lente (51) y el sistema de posicionamiento motorizado (52). La lente (51), que puede ser simple o compuesta tiene una distancia focal inferior a 10 mm y está ópticamente centrada sobre el eje óptico del sistema. Esta lente está fijada al sistema de posicionamiento motorizado (52) cuyo eje de desplazamiento es paralelo al eje óptico de radiación y controlado por un motor de giro discontinuo tipo paso a paso. El sistema de posicionamiento cumple con los siguientes requisitos:

- resolución de paso de avance y retroceso mejor que 0,25 micrómetros.
- reproducibilidad de posicionamiento mejor que 1 micrómetro
- holgura en cabeceo inferior a 0,25 micrómetros.

El control del posicionamiento es atendido por el ordenador (90) del cual depende el control informático.

#### *6.- Subsistema motorizado de posicionamiento de la superficie fotodependiente.*

La superficie activa del dispositivo con propiedades fotodependientes (01), se sitúa perpendicularmente al eje óptico del sistema mediante el soporte (60) y de forma que sobre ella incida la radiación láser (07) procedente del sistema de focalización (50). El soporte tiene un sistema de sujeción que no permite desplazamientos incontrolados de la superficie activa superiores a 0,1 micrómetros en cualquier dirección espacial. Este soporte (60) está anclado a un sistema de posicionamiento motorizado biaxial constituido por las plataformas (61) y (62). Ambas plataformas tienen un movimiento independiente según dos ejes espaciales perpendiculares entre sí y ambos perpendiculares al eje óptico de propagación de la radiación.

La capacidad de movimiento de cada plataforma tiene las siguientes características básicas:

• resolución de paso de avance y retroceso de 0,2 micrómetros para cada eje.

• reproducibilidad de posicionamiento mejor que 1 micrómetro.

• holgura en cabeceo inferior a 0,25 micrómetros.

El sistema está diseñado para que las masas (01), (60) y (63), suspendidas asimétricamente fuera del eje de suspensión generen el mínimo par de fuerzas torsional por efectos gravitacionales.

Acoplado a la superficie activa se encuentra el transductor (63) que transforma la magnitud fotodependiente en una corriente eléctrica proporcional al efecto fotodependiente generado que, conexionado mediante el cable apantallado (64), permite la medida de la corriente eléctrica generada.

#### 7.- Subsistema de fotodetección de la señal de reflexión.

Parte de la radiación incidente sobre la superficie activa es reflejada espejalmente. Cuando el objetivo de focalización (51) se encuentra posicionado, respecto a la superficie fotodependiente, a una distancia igual a la de su distancia focal, la radiación reflejada espejalmente viaja por el mismo camino óptico que el de incidencia pero en sentido opuesto. Esta radiación incide nuevamente en el divisor de haz (40). La radiación (08), reflejada a 90° en el divisor de haz (40), es dirigida hacia el sistema de detección (70) constituido por el elemento difusor (71) y el dispositivo fotosensible (72). El dispositivo fotosensible (72) está calibrado según una ley de proporcionalidad entre la corriente eléctrica que se genera y la magnitud de la irradiación recibida. La corriente eléctrica generada es conducida al acondicionador de señal mediante el cable apantallado (73). La radiación reflejada por la superficie fotoactiva que no presenta características de reflexión espejal no es medida. Cuando el objetivo de focalización (51) se encuentra posicionado, respecto a la superficie fotodependiente, a una distancia distinta a la de su valor focal, se genera una reflexión espejal no coincidente con la trayectoria de incidencia por lo que no es detectada por el sistema.

#### 8.- Subsistema de acondicionamiento de las señales fotodetectadas y fotodependientes.

Todas las señales eléctricas generadas en los fotodetectores (43) y (72), así como la señal eléctrica generada por el transductor (63) acoplado al elemento fotoactivo (01) son conducidas por los conductores apantallados (44), (73) y (64) hasta el sistema acondicionador de señal (80). Este sistema transforma la magnitud corriente eléctrica en una diferencia de potencial proporcional a su valor, al tiempo que elimina señales secundarias transitorias mediante filtros electrónicos. Las señales, una vez acondicionadas, son conducidas, mediante el cable (81) con aislamiento antiparasitario al sistema conversor analógico-digital (A/D) (91) con el fin de que puedan ser medidas y utilizadas informáticamente.

#### 9.- Subsistema informatizado de medición y control.

El sistema informático de control (90) consiste en un ordenador capaz de procesar las entradas y salidas de información y está compuesto por tres subsistemas: el subsistema (91) de medición de las señales procedentes del acondicionador de señal (80), el subsistema (92) para el control de posicionamiento de las tres plataformas motorizadas y el subsistema (93) que es una secuencia de sentencias organizadas según un criterio lógico de actuación y cuyo conjunto constituye

el programa de control.

Todas las señales eléctricas procedentes del acondicionador (80) son medidas por el sistema de adquisición de datos (91) que es un conversor A/D con una profundidad de escala mínima de 2048 divisiones en todo el intervalo de medición y un tiempo de conversión inferior a 35 microsegundos. Por su parte el control del movimiento y posicionamiento de las plataformas motorizadas es acometido por el controlador (92) que permite el control de los elementos (52), (61) y (62) mediante el envío del adecuado número de impulsos eléctricos a los respectivos motores paso a paso.

Ambos subsistemas (91) y (92) están a su vez bajo el control del programa informático que, mediante su lógica estructurada, maneja la información requerida para:

- controlar el posicionamiento de la lente de focalización (51) para conseguir una máxima concentración de fotones sobre la superficie fotoactiva (01).

- controlar el movimiento de las plataformas motorizadas (61) y (62) para conseguir que la superficie fotodependiente se posicione de tal forma que el haz láser incida en el punto que específicamente se desee.

- medir la propiedad de la superficie fotodependiente (01) en la zona física donde está incidiendo el láser de excitación.

- normalizar, según la información proporcionada por el fotodetector (43), la magnitud de la propiedad fotodependiente, medida en el apartado anterior.

- medir la radiación reflejada espejalmente por la superficie fotoactiva donde está incidiendo el láser de excitación, según la información proporcionada por el fotodetector (72).

- controlar el movimiento de las plataformas motorizadas (61) y (62) para conseguir que la superficie fotoactiva se mueva de tal forma que la radiación incidente cubra, punto a punto, una zona siguiendo un patrón de líneas paralelas.

- componer una matriz de información con la medida de la propiedad fotodependiente de la superficie activa asociada a la posición de incidencia del haz láser.

- componer una matriz de información con la medida de la reflectancia espejal de la superficie activa asociada a la posición de incidencia del haz láser.

- guardar informáticamente en un soporte de almacenamiento masivo toda la información generada.

#### Descripción de los dibujos

Figura 1.- Esquema general del sistema. Disposición de los distintos elementos y subsistemas que conforman el sistema según una observación azimutal.

Figura 2.- Perspectiva ortográfica de los elementos que conforman el sistema expensor del haz y el elemento usado para el control de paralelismo del haz emergente, con indicación de los puntos clave donde debe posicionarse.

Figura 3.- Perspectiva ortográfica de los elemen-

tos involucrados en el procedimiento de focalización, con indicación de las posiciones claves que debe tomar la lente focal y la superficie fotoactiva para su implementación.

Figura 4.- Perspectiva ortográfica de los elementos involucrados en el procedimiento de medida de la propiedad fotodependiente en la superficie del material, sistema o dispositivo a estudiar.

Figura 5.- Perspectiva ortográfica de los elementos involucrados en el procedimiento de medida de la reflectancia especular de la superficie del material, sistema o dispositivo a estudiar.

#### Modo de realización de la invención

Los pasos a efectuar para obtener una imagen de la variación de la propiedad fotodependiente de la superficie activa son los siguientes:

- 1.- Definición del eje óptico y trayectoria de la radiación excitatriz.
- 2.- Posicionamiento del material, sistema o dispositivo con la superficie fotodependiente a estudiar.
- 3.- Focalización del haz láser sobre la superficie fotodependiente.
- 4.- Medición de la propiedad fotodependiente en la zona objeto de estudio.
- 5.- Medición de la reflectancia especular en la zona objeto de estudio.

##### *1.- Definición del eje óptico y trayectoria de la radiación excitatriz.*

Todos los elementos se anclarán sobre la plataforma (10), ópticamente plana, montada según un plano horizontal. Una vez colocada la plataforma se ajusta la emisión (02) del láser de excitación (20) para que sea paralela al plano de la plataforma o plano de trabajo. Esta emisión define el eje óptico de trabajo sobre el cual se centrarán todos los demás elementos optomecánicos. El proceso de ajuste del eje óptico, respecto al plano de trabajo, se lleva a cabo por medio de los tornillos de paso micrométrico (23) y (24) que regulan el paralelismo de la emisión láser y los tornillos de paso micrométrico (25) y (26) que regulan el ángulo horizontal de dirección de la emisión.

Una vez definido el eje óptico principal, se sitúan los elementos ópticos del sistema expander del haz (30): lente concentradora (31), filtro espacial (32) y lente expansora (33). Esta última está montada sobre la plataforma de desplazamiento micrométrico (34), lo cual permite su ajuste a lo largo del eje óptico de forma que la radiación emergente (03) forme un haz de rayos paralelos, que es la condición de confocalidad. La bondad de su emplazamiento se comprueba mediante el dispositivo fotosensor (35), que permite medir la anchura del haz a dos distancias diferentes de la lente expansora (33):

- a) punto P1 situado a 5 cm o menos del punto P0 de emergencia del haz (figura 2).
- b) punto P2 situado a 50 cm o más del punto P0 de emergencia del haz.

Los valores de anchura medidos a estas dos distancias deben de diferir en menos de 0,5 mm para considerar que el haz emergente es un haz de rayos paralelos con una divergencia inferior a 1 milirradián.

Una vez logrado esto, se sitúa el dispositivo fil-

tro espacial (32) en el foco común de las lentes. Para determinar la posición correcta se desplazará ligeramente el filtro espacial (32) a lo largo del eje óptico, fijándolo en aquella a la cual la intensidad de la radiación recibida en el fotosensor (35) es máxima.

Una vez expandido el haz láser se coloca el divisor de haz (40) que, para minimizar las distorsiones en las trayectorias del desplazamiento fotónico, es del tipo biprismático rectangular en montaje cúbico, de alta transmitancia, con recubrimiento externo antirreflectante y no polarizador. La colocación del divisor de haz es tal que no perturba la trayectoria del haz principal, por lo que el haz transmitido (04) sigue definiendo el eje óptico del experimento. Por su parte, el haz reflejado (05) define el eje óptico secundario que es perpendicular al principal. Este haz (05) incide en el dispositivo fotosensible (43), previo paso por el difusor de luz (42). La intensidad de corriente generada por el dispositivo fotosensible (43) es conducida por medio del cable (44) con apantallamiento antiparasitario hacia el acondicionador de señales (80).

##### *2.- Posicionamiento del material, sistema o dispositivo con la superficie fotodependiente a estudiar.*

El material, sistema o dispositivo a estudiar (01) se posiciona en la trayectoria del eje óptico de forma que su superficie fotodependiente quede perpendicular a la trayectoria de iluminación. El sistema de soporte (60) no es relevante y puede variarse dependiendo de la morfología del sistema fotodependiente. En cualquier caso, el sistema de soporte tendrá una sujeción, a la base de la plataforma motorizada de traslación vertical (61), suficientemente firme como para conseguir que los movimientos incontrolados no sean mayores de 0,1 micrómetros, para lo cual la masa suspendida asimétricamente respecto a los diferentes ejes de suspensión debe ser minimizada. En el caso de que la propiedad fotodependiente no genere una señal eléctrica, se acoplará un dispositivo transductor (63) que transforme la señal generada en otra caracterizable eléctricamente.

Una vez situado en el soporte el dispositivo a estudiar, se determina la zona que se desea estudiar mediante su desplazamiento en un plano vertical, perpendicular al eje óptico. Este desplazamiento, que se consigue mediante el movimiento combinado de las plataformas motorizadas (61) y (62), está controlado por el sistema informático. Cada uno de los dos posibles movimientos tiene un control individualizado a partir de secuencias de órdenes específicas del programa de control del sistema (93) y a través del sistema de control de motores (92). Los motores de ambas plataformas son motores tipo paso a paso con una capacidad mínima de control de desplazamiento de 0,2 micrómetros.

La zona objeto de estudio se define como una superficie cuadrangular concretada por la introducción de 4 datos significativos, siendo los dos primeros las coordenadas de posición de una de las esquinas del paralelogramo y los dos segundos los equivalentes de la esquina opuesta. Igualmente se definirá el paso o incremento de distancia mínima que se debe recorrer en cada eje para conseguir que después de M desplazamientos en uno de los ejes y N en el otro se llegue a la posición final definida para cada eje.

##### *3.- Focalización del haz láser sobre la superficie fotodependiente.*

Una vez posicionada la superficie a estudiar el haz láser (04) procedente del divisor de haz es diafrag-

mado a un valor específico, ligeramente menor que el valor teórico de tamaño de haz. Esta operación se efectúa mediante el uso del diafragma de apertura variable (45). A continuación, entre el haz láser diafragmado (06) y la superficie fotodependiente, se intercala la lente de focalización (51) montada sobre una plataforma motorizada con control numérico (52). Esta lente tiene como misión la focalización del haz láser para minimizar su tamaño de forma que el haz focalizado (07) genere una superficie irradiada lo más pequeña posible. De esta forma, la capacidad de discernir entre dos puntos contiguos es máxima, siendo ésta la condición fundamental para la obtención de una alta resolución espacial en el estudio de las superficies fotodependientes.

*3.1.- Focalización del haz láser en un punto de la superficie fotoactiva:*

Aunque la distancia focal de una lente pueda ser un dato conocido, su posicionamiento manual a dicha distancia con precisión micrométrica generalmente ocasiona errores, aún cuando se utilicen precisos elementos reguladores. El procedimiento de focalización del haz láser utilizado en este sistema está basado en el hecho de que el barrido de un haz de fotones sobre una superficie con propiedades fotodependientes y no homogénea, genera una respuesta variable del sistema en función del acoplamiento entre el tamaño del haz fotónico y el tamaño de las heterogeneidades presentes. En consecuencia, el tamaño detectable de éstas depende del de la superficie iluminada, el cual es mínimo cuando el haz está perfectamente enfocado.

El procedimiento se lleva a cabo mediante un programa informático que controla la utilización combinada de:

- el posicionamiento de la lente de focalización (51) a partir del desplazamiento de la plataforma (52) mediante el envío de órdenes del control informático (90) al controlador (92).
- el posicionamiento de la superficie fotoactiva (01) anclada en el soporte (60) a partir del desplazamiento individualizado de las plataformas motorizadas (61) y (62), mediante el envío de órdenes del control informático (90) al controlador (92).
- la medida de la corriente, generada por el transductor (63) al incidir el haz láser sobre la superficie fotoactiva (01), a través del acondicionador (80) y del conversor A/D (91).
- la medida de la estabilidad de la radiación de excitación a partir de los valores de corriente generados por el fotodetector (43) a través del acondicionador (80) y del conversor A/D (91).

Todas las medidas eléctricas serán la consecuencia de una acumulación de medidas individuales en número no inferior a 1000 con un posterior promediado de las mismas.

El procedimiento utilizado por el programa informático es el siguiente:

- 3.1.1.- Posiciona la lente de focalización de forma que la distancia FI entre la lente (51) y el plano de la superficie activa (01) sea distinto al de la distancia focal teórica FT (figura 3). Este posicionamiento a una distancia distinta de la focal teórica se hace mediante el envío de

las adecuadas órdenes a la plataforma motorizada (52).

- 3.1.2.- Se efectúa un desplazamiento lineal de la superficie activa (01) de forma que el haz láser incida a lo largo de un recorrido L entre las posiciones LI y LF, en el cual se encuentre alguna heterogeneidad que genere una variación en la eficacia conversora. Este desplazamiento se efectuará, enviando las adecuadas órdenes a las plataformas motorizadas (61) y (62) a través del controlador (92), para generar pequeños saltos discretos de valor DL, de forma que para recorrer toda la distancia L sea necesario dar N saltos.
- 3.1.3.- Para cada posición definida con cada nuevo salto de los N totales se efectúa una medida de la corriente generada IG en la superficie fotoactiva (01) y de la potencia medida PL por el dispositivo fotosensible de control (43). Todos los valores de corriente generados por la superficie fotoactiva (01) y el fotodetector (43) son medidos por el conversor A/D (91) después de su acondicionamiento en (80) y serán un resultado de un promediado de al menos 1000 medidas individuales. El valor de la corriente IG es corregido por normalización a un valor de potencia incidente constante dividiendo por PL, obteniendo como valor normalizado de corriente generada IN. Después de completar totalmente el desplazamiento L se obtendrá un total de N+1 datos de valores IN.
- 3.1.4.- A partir de la colección de los N+1 datos de IN se obtiene una nueva colección de datos DI generada a partir de restar cada dos datos contiguos. El primer elemento de esta nueva colección DI(1) se corresponderá con la diferencia entre IN(1) menos IN(2), el segundo DI(2) a IN(2) menos IN(3) y así sucesivamente.
- 3.1.5.- La nueva colección de datos DI contará con N elementos a partir de los cuales se calculará la diferencia entre el de más valor y el de menos valor. El valor obtenido constituirá el primer elemento de una nueva colección de datos que llamamos MM.
- 3.1.6.- Se cambia la posición de la lente de focalización mediante el desplazamiento de una cierta cantidad DF de forma que si antes estaba a mayor distancia de la superficie fotodependiente que la de la focalización teórica se acerque y si estaba más cerca se aleje. En esta nueva posición de la lente se repite todo el proceso definido en los puntos 3.1.2, 3.1.3, 3.1.4 y 3.1.5. De esta forma se obtiene el segundo punto de la colección MM.
- 3.1.7.- El proceso 3.1.6 se repite iterativamente hasta que nos encontramos a una distancia FF entre la lente de focalización y el plano de la superficie activa de forma que en el recorrido se haya sobrepasado la distancia teórica de focalización en una cantidad simétrica a la existente entre este punto y el punto inicial. Como resultado de este proceso iterativo se tendrá una colección de datos MM formada

por tantos puntos como saltos de valor DF se hayan producido para cubrir la distancia entre FI y FF.

- 3.1.8.- La colección de datos MM, relacionada con cada una de las posiciones de la lente de focalización, se ajusta matemáticamente, con prioridad decreciente, a una curva de pico del tipo Pseudo Voig t-II, Pearson VII, Lorenz o Gauss. El valor calculado para la posición del máximo de la curva ajustada es la posición óptima de la lente de focalización FO.

- 3.1.9.- Se envían las órdenes oportunas al controlador (92) para que la plataforma motorizada (52) posicione la lente de focalización a la distancia FO.

### 3.2.- Cálculo del plano focal.

La focalización en un punto dentro de la superficie que se desea estudiar no es suficiente para la obtención de un mapa de variabilidad de alta resolución. Siempre existe una probabilidad no nula de que el plano de la superficie fotodependiente no esté dispuesto totalmente perpendicular al eje óptico o que en su desplazamiento punto a punto los cuatro vértices no se encuentren a una distancia equidistante de la lente de focalización. Para corregir este hecho es preciso determinar el plano focal a través del siguiente procedimiento:

- 3.2.1.- Se escogen tres puntos de la superficie de forma que queden lo más alejados posible entre sí (p.e. tres de los cuatro vértices del paralelogramo a estudiar).

- 3.2.2.- Se obtiene la distancia de focalización, según el procedimiento explicado en el punto 3.1, para cada uno de estos tres puntos.

- 3.2.3.- Se resuelve matemáticamente la ecuación matricial  $[A]x[B] = [C]$ , siendo  $[A]$  una matriz de  $[3x3]$  datos donde cada fila corresponde a la información de cada punto de focalización y está formada por tres datos que son las 2 coordenadas de posición del punto donde se ha focalizado y un dato independiente que es la unidad,  $[B]$  una matriz de  $[3x1]$  datos formada por las tres distancias de focalización obtenidas para cada punto y  $[C]$  una matriz de  $[3x1]$  datos formada por los coeficientes que definen la ecuación del plano focal.

- 3.2.4.- La posición de óptima focalización para cada punto de la superficie a estudiar se obtiene como suma de los siguientes datos:

- el producto del dato  $C_1$  del vector  $[C]$  por la primera coordenada de posición definida por el desplazamiento de la plataforma motorizada (61).
- el producto del dato  $C_2$  del vector  $[C]$  por la segunda coordenada de posición definida por el desplazamiento de la plataforma motorizada (62).
- el término  $C_3$ .

Este procedimiento es llevado a cabo de forma automática por el programa informático de control (93).

### 4.- Medición de la propiedad fotodependiente en la

zona objeto de estudio.

Una vez determinado el plano de máxima focalización y máxima resolución, se procede a la medida de la propiedad fotodependiente en cada punto de la superficie anteriormente definida (figura 4). Para ello, el programa informático procede a realizar los siguientes pasos:

- Envía las órdenes oportunas al controlador de las plataformas motorizadas (61) y (62) para que la incidencia del haz de fotones se produzca en una de las esquinas del paralelogramo a estudiar.
- Envía las órdenes oportunas al controlador de la plataforma motorizada (52) para que la focalización del haz (07) sea óptima en dicho punto de acuerdo con la ecuación matemática que define la superficie de focalización deducida en el apartado 3.2.
- Conduce, mediante el cable con apantallamiento antiparasitario (64), la corriente generada por el transductor (63) acoplado al dispositivo fotoactivo hacia el acondicionador de señal (80), el cual transforma el valor de la corriente eléctrica en una diferencia de potencial proporcional.
- Conduce, mediante el cable con apantallamiento antiparasitario (44), la corriente generada por el dispositivo fotovoltaico (43) hacia el acondicionador de señal (80), el cual transforma el valor de la corriente eléctrica en una diferencia de potencial proporcional.
- Determina, mediante el sistema (91), el valor numérico de la diferencia de potencial proporcionada por el acondicionador (80), tanto para la señal procedente de la superficie fotoactiva estudiada como del dispositivo fotovoltaico de control de potencia. Este proceso se repite iterativamente un número D de veces de forma que los valores numéricos obtenidos sean un promedio del total de las D medidas efectuadas.
- Normaliza el valor de la señal procedente de la superficie fotoactiva en función de la potencia de excitación medida. Este dato es almacenado informáticamente y constituye el primer dato de la matriz que va a representar la variabilidad de la superficie fotodependiente a estudiar.
- Envía las órdenes oportunas al controlador de una de las plataformas motorizadas ((61) ó (62)) para que la incidencia del haz de fotones se produzca en el siguiente punto de los N que define la línea de barrido sobre la que estamos actuando y se repiten los pasos 4.2 a 4.6 en esta nueva posición. Este proceso se repite hasta completar el recorrido de la primera línea.
- Finalizada la toma de datos de la primera línea, se envían las órdenes oportunas al segundo controlador de las plataformas motorizadas ((62) ó (61)) para que, según el procedimiento seguido en los apartados 4.1 a 4.7, se obtenga la información correspondiente a la segunda línea. Este proceso se repite iterati-

vamente hasta completar las M líneas de N puntos que definen la superficie a estudiar.

*5.- Medición de la reflectancia especular en la zona objeto de estudio.*

La colocación de la lente de focalización (51) a una distancia exacta a la de su valor focal genera una reflexión especular coincidente con la trayectoria de incidencia (figura 5). Esto significa que los fotones reflejados especularmente por la superficie fotodependiente llegan nuevamente al divisor del haz (40). Sin embargo, la disposición óptica del divisor del haz (40) hace que ahora el haz secundario o haz reflejado salga por el camino óptico (08). En la zona de emergencia del haz secundario se posiciona el sistema de detec-

ción de la radiación reflejada compuesto por el difusor (71) y el dispositivo fotosensible (72). La corriente eléctrica generada por el dispositivo (72), al incidir en él los fotones reflejados por la superficie fotoactiva, es conducida mediante el cable (73) con apantallamiento antiparasitario hacia el acondicionador de señal (80).

La repetición de todo el proceso de posicionamiento y medición descrito en el apartado 4, pero sustituyendo la medida generada por el transductor (63) acoplado a la superficie fotodependiente (01) por la medida de la señal eléctrica generada por el dispositivo fotosensible (72), genera un mapa de la variabilidad de la reflectancia especular de la superficie fotoactiva en la zona objeto de estudio.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

## REIVINDICACIONES

1. Un sistema automatizado y un procedimiento para el estudio de superficies con propiedades dependientes de la irradiación fotónica, cuya instrumentación comprende:

- a) una fuente de excitación que define un camino óptico directo hasta el material o dispositivo a estudiar a lo largo del cual se encuentran todos los elementos ópticos,
- b) un sistema de sujeción del material o dispositivo a estudiar con mínimo par de fuerzas de torsión en todo su desplazamiento,
- c) un procedimiento para la óptima focalización de la radiación de excitación,
- d) medios para controlar con un ordenador los movimientos de la lente de focalización y los desplazamientos del material o dispositivo a estudiar,
- e) medios para medir la potencia de la radiación de excitación, la radiación reflejada y la variabilidad de la fotodependencia del material o dispositivo a estudiar.

2. Un sistema automatizado y un procedimiento para el estudio de superficies con propiedades dependientes de la irradiación fotónica según reivindicación 1, **caracterizado** por su capacidad para la cuantificación de la variabilidad de la fotorrespuesta superficial de materiales o dispositivos con propiedades fotodependientes.

3. Un sistema automatizado y un procedimiento para el estudio de superficies con propiedades dependientes de la irradiación fotónica, según reivindicación 1, **caracterizado** por su capacidad para determinar propiedades fotoeléctricas, fototérmicas o fotorreflektantes.

4. Un sistema automatizado y un procedimiento según reivindicaciones 1 y 3, en el cual las propiedades fotoeléctricas de la superficie pueden ser fotovoltaicas, fotoconductoras, foto-resistentes o fotocapacitivas.

5. Un sistema automatizado y un procedimiento según reivindicaciones 1 y 3, en el cual las propiedades fototérmicas de la superficie pueden ser transformadas en una señal eléctrica mediante un transductor.

6. Un sistema automatizado según reivindicación 1, en el cual un láser actúa como fuente de luz para la excitación del material o dispositivo con propiedades fotodependientes situado frente a él.

7. Un sistema automatizado según reivindicación 1, en el que el camino óptico de la radiación de excitación está configurado según una línea recta horizontal, incluyéndose en él un expulsor de haz, un divisor de haz, un diafragma y una lente de focalización.

8. Un sistema automatizado según reivindicación 1, en el que la lente de focalización está montada sobre una plataforma motorizada capaz de ser controlada por un ordenador, siendo esta desplazable a lo largo del eje óptico.

9. Un sistema automatizado según reivindicación 1, en el que la superficie con propiedades fotodependientes está montada sobre dos plataformas motorizadas, capaces de ser controladas por un ordenador, que efectúan desplazamientos perpendiculares e independientes entre sí al tiempo que perpendiculares al eje

óptico.

10. Un sistema automatizado según reivindicación 1, en el que la variación del punto de incidencia de la radiación sobre la superficie fotodependiente se consigue manteniendo estática la radiación y desplazando perpendicularmente la superficie.

11. Un sistema automatizado según reivindicación 1, en el que el material a estudiar y su soporte son las únicas masas que generan un par de fuerza de torsión fuera del eje de apoyo y ninguna fuera del plano de desplazamiento.

12. Un sistema automatizado según reivindicación 1, en el que los elementos con movilidad tienen una fluctuabilidad incontrolada menor de 0,1 micrómetro.

13. Un sistema automatizado según reivindicación 1, en el que la radiación secundaria emergente del divisor de haz incide en un fotodetector que genera una señal eléctricamente medible.

14. Un sistema automatizado según reivindicación 1, en el que la disposición óptica es tal que la radiación reflejada espejalmente por la superficie fotoactiva retorna por el mismo camino óptico de excitación hasta llegar al divisor de haz en el cual la radiación secundaria reflejada incide sobre un fotodetector que genera una señal eléctricamente medible.

15. Un procedimiento para el estudio de superficies con propiedades dependientes de la irradiación fotónica, que utiliza la instrumentación según reivindicación 1, por el que se pueden estudiar superficies fotoactivas planas aunque su posicionamiento no sea totalmente perpendicular a la radiación de excitación.

16. Un procedimiento según reivindicaciones 1 y 15, **caracterizado** porque el haz láser de excitación se focaliza automáticamente en cada punto a estudiar según un plano focal.

17. Un procedimiento según reivindicaciones 1, 15 y 16, **caracterizado** porque se determina el plano focal mediante la óptima focalización en tres puntos de la superficie a estudiar.

18. Un procedimiento según reivindicaciones 1, 15, 16 y 17, **caracterizado** porque para focalizar ópticamente en cada uno de los puntos de referencia se aplica un protocolo que implica la obtención de la fotorrespuesta lineal a varias distancias de la lente focal, un análisis matemático de dicha información y la deducción de la distancia de óptima focalización.

19. Un procedimiento según reivindicaciones 1, 15, 16, 17 y 18, **caracterizado** porque el análisis matemático del protocolo implica obtener la variabilidad de la señal a diferentes distancias de la lente focal cuando se efectúa un barrido lineal atravesando una heterogeneidad.

20. Un procedimiento según reivindicaciones 1, 15, 16, 17, 18 y 19, **caracterizado** porque los datos de variabilidad frente a la distancia se ajustan a una función de pico para determinar la posición de máxima variabilidad.

21. Un procedimiento según reivindicaciones 1, 15, 16, 17, 18, 19 y 20, **caracterizado** porque la función de pico puede ser una función Pseudo Voigt - II. Pearson VII, de Lorentz o de Gauss.

22. Un programa de ordenador que, según la reivindicación 1 y los procedimientos descritos en las reivindicaciones 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21, es capaz de llevar a cabo dichos procedimientos de acuerdo con una lógica informática.

23. Un programa de ordenador que según las reivindicaciones 1, 8, 9 y 22, es capaz de detectar la po-

sición en la que se encuentran las bases móviles de las plataformas motorizadas de posicionamiento de la lente de focalización y de la superficie con propiedades fotodependientes.

24. Un programa de ordenador que según las reivindicaciones 1, 8, 9, 22 y 23, es capaz de modificar la posición de las bases móviles de las plataformas motorizadas de posicionamiento de la lente de focalización y de la superficie con propiedades fotodependientes y controlar que la nueva posición es la deseada.

da.

25. Un programa de ordenador que según las reivindicaciones 1, 2, 4, 5, 13, 14 y 22, es capaz de adquirir la información suministrada por los fotosensores y transductores del sistema automatizado.

26. Un programa de ordenador que según las reivindicaciones 1, 22, 24 y 25, es capaz de representar en un diagrama tridimensional el valor de la propiedad fotodependiente respecto a las coordenadas de desplazamiento de la superficie fotodependiente.

5

10

15

20

25

30

35

40

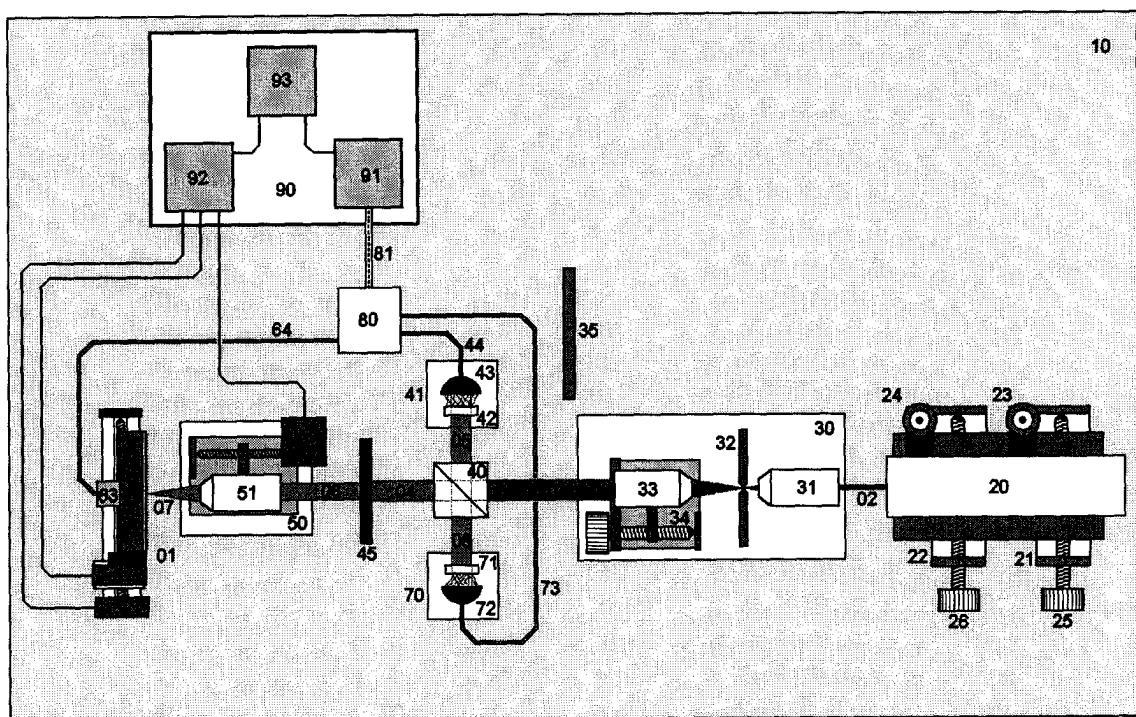
45

50

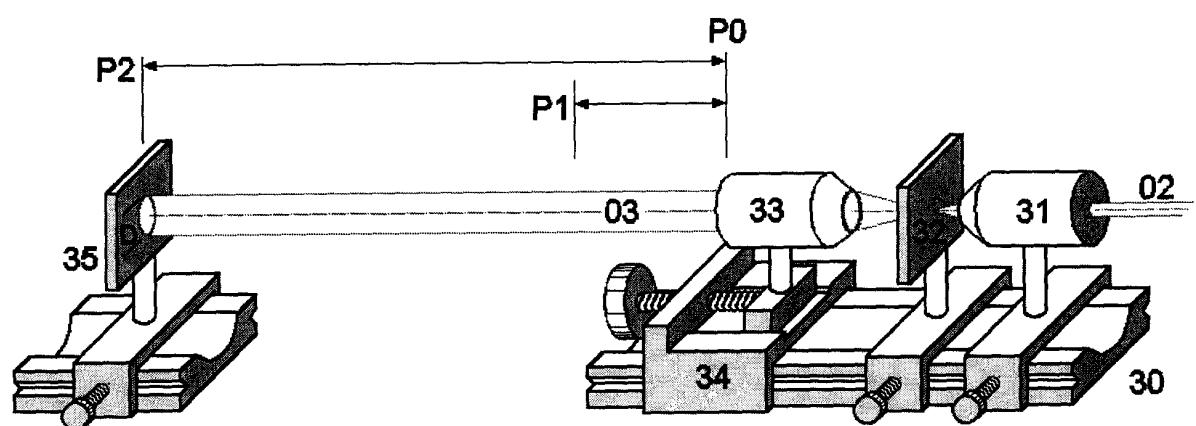
55

60

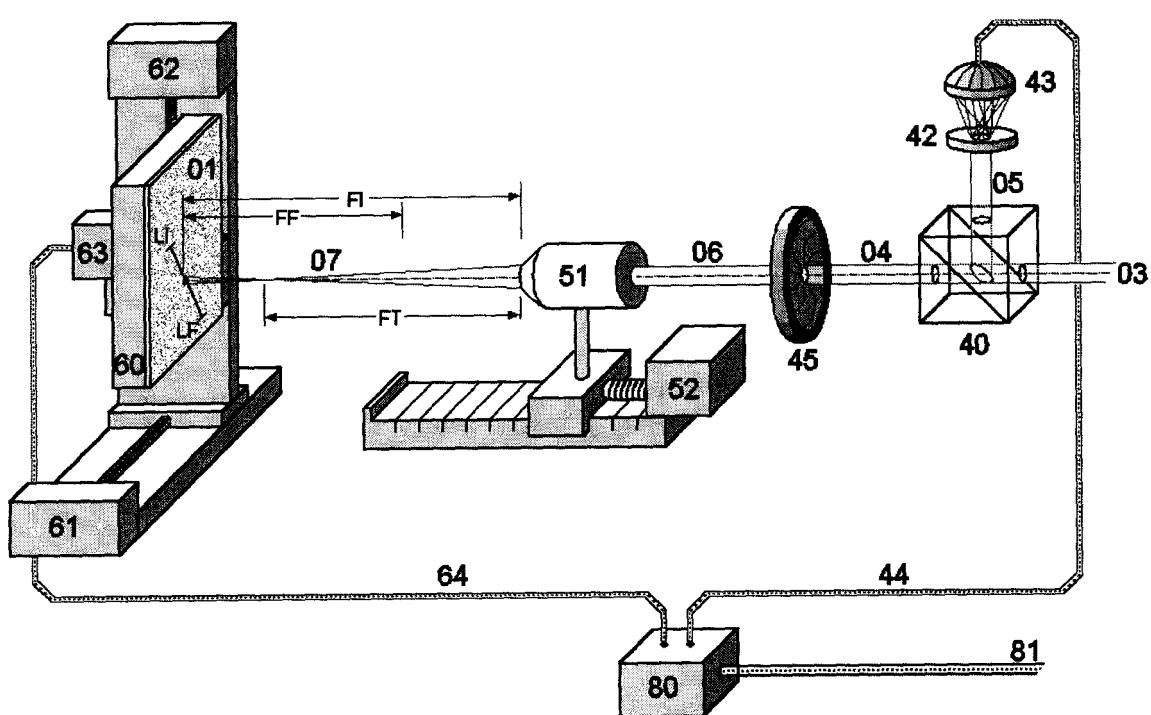
65



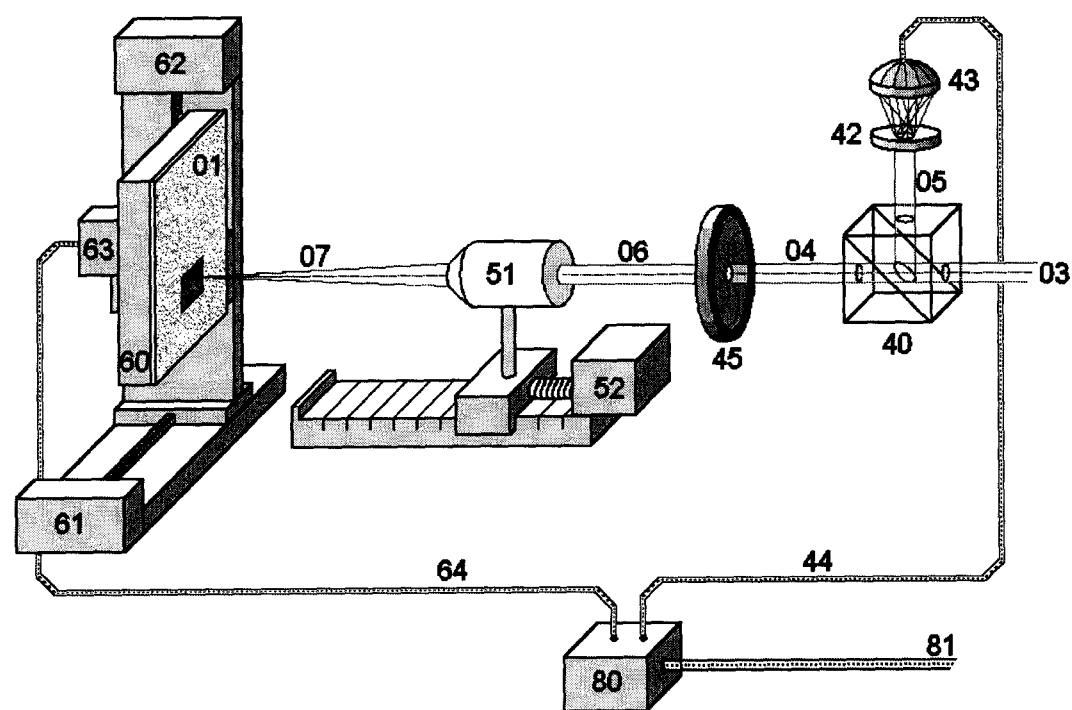
**Figura 1**



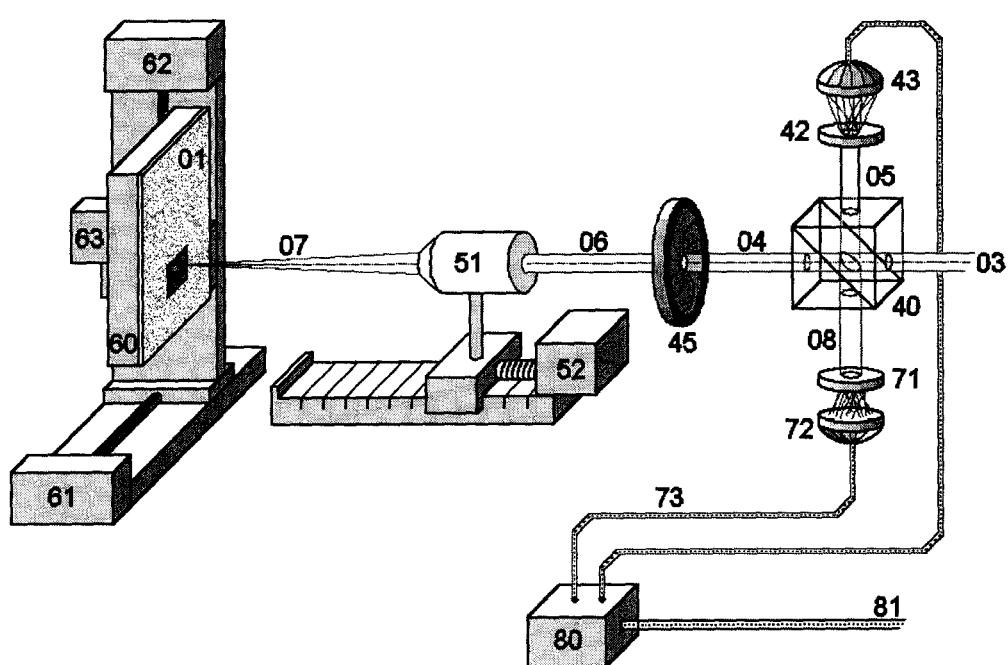
**Figura 2**



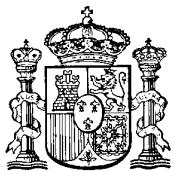
**Figura 3**



**Figura 4**



**Figura 5**



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA

- (11) ES 2 201 925  
(21) N° de solicitud: 200202069  
(22) Fecha de presentación de la solicitud: 11.09.2002  
(32) Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

(51) Int. Cl.7: G01N 21/57, 21/59

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	US 5757474 A (SOPORI, B. et al.) 26.05.1998, resumen; columna 19, línea 16 - columna 22, línea 49; figuras 1,17.	1-6,9,10, 13-18 19-26
A		
Y	US 6181422 B1 (VELTZE, J.) 30.01.2001, columna 1, línea 4 - columna 4, línea 46; columna 5, línea 52 - columna 6, línea 25; columna 6, línea 49 - columna 7, línea 25; columna 8, línea 34 - columna 9, línea 47; figuras 1,4.	1-6,9,10, 13-18
A		19-26
A	US 5530551 A (CANTRALL, C. et al.) 25.06.1996, todo el documento.	1-15

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

O: referido a divulgación no escrita

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

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

A: refleja el estado de la técnica

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:

Fecha de realización del informe 25.07.2003	Examinador O. González Peñalba	Página 1/1
--	-----------------------------------	---------------