

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 388 314**

51 Int. Cl.:
G01B 11/25 (2006.01)
G01N 21/89 (2006.01)
B41F 33/00 (2006.01)
G01N 21/47 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08169222 .0**
96 Fecha de presentación: **17.11.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2065675**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **03.06.2009**

54 Título: **Método y aparato para deterrminar la topografía y las propiedades ópticas de una superficie móvil**

30 Prioridad:
22.11.2007 FI 20075829

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
11.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
11.10.2012

73 Titular/es:
**Teknologian tutkimuskeskus VTT
Vuorimiehentie 3
02150 Espoo , FI**

72 Inventor/es:
Keränen, Heimo

74 Agente/Representante:
Durán Moya, Carlos

ES 2 388 314 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para determinar la topografía y las propiedades ópticas de una superficie móvil.

5 La presente invención se refiere a un método, según el preámbulo de la reivindicación 1, para determinar las propiedades de una superficie móvil. Estas propiedades son topografía, propiedades reflectantes espectrales, propiedades de dispersión, color y propiedades de polarización.

10 La invención se refiere asimismo a un aparato previsto para la aplicación del método.

Según la técnica anterior, se puede realizar la medición de un mapa topográfico de una superficie utilizando una técnica con cámara, por ejemplo, utilizando un método estéreo con la ayuda de luz estructural, y utilizando diversas técnicas de cambio de fase. En estos métodos se toman habitualmente varias imágenes de la misma superficie, de tal modo que la forma de iluminación de la superficie es diferente en cada imagen. Cuando la forma de iluminación se selecciona de un modo específico, estas imágenes tomadas de modos distintos pueden ser utilizadas como una base para calcular la topografía de la superficie, así como para compensar el efecto de otros factores, por ejemplo la textura o el color de la superficie, en el resultado de los cálculos. En lo que se refiere a los métodos, es esencial que los mismos puntos en la superficie puedan ser identificados a partir de las imágenes tomadas de la superficie bajo diferentes tipos de iluminación. Esto es muy sencillo cuando la superficie no se desplaza, de manera que las imágenes iluminadas de modos diferentes se pueden tomar de forma consecutiva en el tiempo. De manera similar, las propiedades de dispersión de la superficie pueden ser medidas, por ejemplo, tomando varias imágenes de la superficie, en cada una de cuyas imágenes es distinta la forma geométrica de la iluminación, y mediante la comparación de estas imágenes entre sí.

25 Cuando la superficie se desplaza, es más difícil sacar partido de estos métodos. No se puede tomar dos veces la imagen del mismo punto sobre la superficie exactamente en la misma forma geométrica, manteniendo constante la forma geométrica de la medición. Una solución es tomar varias imágenes simultáneamente de la superficie utilizando colores diferentes. Esta técnica se da a conocer, por ejemplo, en el documento EP de la patente EP 97114590: Método y aparato para la inspección automática de superficies en movimiento. El problema de la toma de imágenes en color es que los colores de la superficie pueden distorsionar las mediciones topográficas y las propiedades de dispersión basadas en la medición del color.

30 Asimismo, los documentos EP-1170572 y DE-10063293 dan a conocer métodos para determinar la topografía o las propiedades ópticas de una superficie en movimiento.

35 Si se desea hacer que el aparato sea tan fiable como sea posible, se deben evitar los componentes mecánicos tales como los obturadores de las cámaras, etc.

40 La invención está prevista para eliminar los defectos de la técnica anterior descritos anteriormente, y con este propósito, crear un tipo totalmente nuevo de método y de aparato para determinar la topografía y las propiedades ópticas de una superficie en movimiento.

45 La invención se basa en la toma, por lo menos, de dos imágenes en instantes diferentes en el tiempo, tanto del objeto móvil como de una zona de referencia situada en su proximidad inmediata, de tal manera que, por ejemplo, iluminando el objeto mediante máscaras con dibujos, tales como una máscara con dibujos senoidales e iluminando la zona de referencia en las imágenes tomadas de la zona de referencia en las proximidades del objeto, a través de una máscara sin dibujos. Las imágenes de las zonas de referencia iluminadas a través de una máscara sin dibujos son utilizadas para localizar la posición en la zona de formación de la imagen, de las imágenes de las zonas iluminadas a través de las máscaras con dibujos, habitualmente utilizando una fotocélula, con respecto a las demás imágenes.

50 Según la invención se toman, por lo menos, dos imágenes del objeto en la zona de formación de la imagen, en instantes diferentes en el tiempo, de tal manera que en cada imagen el objeto está iluminado en modos mutuamente distintos, por ejemplo a través de máscaras, o partes de una máscara, de tipos diferentes, siendo tomadas las imágenes de la zona de referencia cerca del objeto, a la zona de formación de la imagen, en un instante en el tiempo sincronizado con las imágenes del objeto, de tal modo que la zona de referencia está iluminada mutuamente en estas imágenes, esencialmente del mismo modo, por ejemplo, a través de máscaras del mismo tipo, y las imágenes formadas de esta manera de la zona de referencia son utilizadas para localizar los píxeles correspondientes de las imágenes tomadas del objeto.

60 Más específicamente, el método según la invención se caracteriza por lo que se indica en la parte caracterizante de la reivindicación 1.

65 Por su parte, el aparato según la invención se caracteriza por lo que se indica en la parte caracterizante de la reivindicación 9.

Con la ayuda de la invención se consiguen ventajas considerables.

5 Con la ayuda de la invención, se puede utilizar una imagen de la zona de referencia iluminada a través de una máscara sin dibujos para localizar la posición en la zona de formación de la imagen, de una imagen de la zona iluminada a través de una máscara con dibujos, de tal manera que se pueden definir los píxeles correspondientes al objeto de la imagen tomada, iluminado a través de la máscara en instantes diferentes de la toma de imágenes.

10 Con la ayuda de esta nueva invención, se puede crear un nuevo método basado en una cámara, que permite obtener la topografía exacta de una superficie a medir de un objeto que se desplaza de una manera muy rápida, sin que la textura o el color de la superficie afecten al resultado de la medición.

15 La invención se puede aplicar asimismo a la medición del color, a las propiedades espectroscópicas, al brillo, a las propiedades de dispersión o a las propiedades de polarización de una superficie. Estas propiedades pueden ser medidas utilizando el mismo sistema de medición que el de la topografía de la superficie.

20 La invención puede ser utilizada para medir la topografía, por ejemplo, de una superficie de papel o de metal. Las realizaciones preferentes de la invención pueden ser utilizadas asimismo para determinar, por ejemplo, la altura de una huella impresa o la altura de un conductor en una placa de un circuito electrónico en una línea de fabricación que se mueve rápidamente.

Mediante el nuevo tipo de método, según la invención, es posible realizar la medición precisa de la topografía de la superficie de un objeto que se desplaza rápidamente. Las ventajas de la invención son pues:

- un dispositivo de construcción simple y económica
- aplicabilidad a una superficie que se desplaza a velocidades muy elevadas
- el método es independiente del color y de la textura superficial de la superficie.

30 El método puede ser utilizado asimismo para realizar la medición, por ejemplo, del color, del espectro de la longitud de onda o de las propiedades de polarización de una superficie que se desplaza.

A continuación se examina la invención con la ayuda de ejemplos y haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

35 La figura 1 muestra, de forma esquemática, el principio general de un dispositivo para la toma de imágenes según la invención.

La figura 2 muestra, de forma esquemática, un dispositivo de toma de imágenes según la invención.

La figura 3 muestra el diagrama de tiempos del dispositivo de toma de imágenes según la figura 2.

40 La figura 4 muestra la utilización, en una situación de toma de imágenes de transparencias utilizadas para la iluminación, haciendo referencia a una realización preferente de la invención.

45 La figura 5 muestra la posición en una imagen de las zonas -X- e -Y- de una superficie, en instantes diferentes, en una solución según la invención.

La figura 6 muestra una situación, según la invención, en la que se toma tres veces la imagen de -Y- en los instantes -t1-, -t2- y -t3-, en zonas diferentes de la célula de la cámara.

50 Las figuras 7a y 7b muestran una forma de calcular la topografía (coordenada -Z-), según la invención, cuando existen cambios de fase de 120 grados y 240 grados con respecto a la superficie -X-, entre tres dibujos senoidales proyectados en la parte superior de la superficie.

55 La figura 8 muestra un modo alternativo, según la invención, para poner en práctica el principio de medición mostrado en la figura 2.

La figura 9 muestra los primeros resultados de ensayos de laboratorio referentes al ensayo de la funcionalidad del principio de la invención.

60 La figura 10 muestra unos segundos resultados de ensayos de la invención, en los que se ha medido en un laboratorio un mapa topográfico de la superficie de una tarjeta de crédito.

La figura 11 muestra una toma de imágenes fotométricas, estéreo, realizada utilizando el método según la invención.

65 La figura 12 muestra una segunda forma alternativa, según la invención, para poner en práctica el principio de medición mostrado en la figura 2.

La figura 13 muestra imágenes formadas en seis instantes diferentes en el tiempo, habiendo tomado las imágenes en una célula CCD, utilizando el aparato de la figura 12.

La terminología utilizada en la descripción siguiente se utiliza asociada con números de referencia, tal como sigue:

- 5
transparencia -1-,
sensor de imagen -10-
10 óptica de la toma de imágenes -11-,
óptica de la exposición -12-,
15 fuentes luminosas -15- a -17-,
superficie móvil -18- de la que se están tomando imágenes,
fuentes luminosas -19- a -20-.

20 Además, en relación con la invención se utilizan las siguientes definiciones básicas:

zona en la superficie móvil -18-, de la cual se debe tomar una imagen, cuya topografía o propiedades ópticas se desean determinar = zona -X-,

25 zona de referencia en las proximidades de la zona -X- de la que se están tomando imágenes = zona -Y-,

• fotocélula -10- = fotosensor de la cámara, en la superficie de la cual el dispositivo óptico de toma de imágenes forma una imagen de la zona -X- o de la zona -Y- que constituye el objeto. La fotocélula puede ser, por ejemplo, una célula CCD o CMOS, que se compone, por ejemplo, de 1.000 x 1.000 píxeles,

30 • óptica de toma de imágenes = el dispositivo óptico que forma una imagen de la zona -X- o de la zona -Y-, que constituye el objeto, en la superficie de la fotocélula de la cámara,

35 • máscara de exposición = máscara de penetración del tipo de reflexión iluminada por medio de alguna fuente luminosa, la imagen de la cual es proyectada por el dispositivo óptico de iluminación sobre la superficie que constituye el objeto,

40 • óptica de iluminación = el dispositivo óptico que proyecta una imagen de la máscara luminosa sobre la superficie del objeto.

La figura 1 muestra, a un nivel muy general, la solución básica de la invención, en la que las zonas -X- e -Y- están iluminadas a través de una transparencia -1- en la superficie móvil -18- de la cual se toma la imagen.

45 La figura 2 muestra un esquema de una solución de la invención, en la que a la zona -X- de la superficie se le han tomado tres veces imágenes en diferentes partes del mismo sensor de imagen, durante una única exposición de la cámara. Las transparencias -30-, -31- y -32- son utilizadas para proyectar un dibujo de iluminación de un tipo específico desde las fuentes luminosas -15- a -17- en la posición deseada sobre la superficie móvil -18- a la que se están tomando imágenes, a través de la óptica -12-.

50 La figura 3 muestra el funcionamiento de la cámara en relación con las fuentes luminosas (LED1 a 3), -15-, -16- y -17-. Según la figura, la exposición de la cámara es continua durante la medición, pero las fuentes luminosas -15-, -16- y -17- se conectan en instantes diferentes -t1-, -t2- y -t3-. De este modo, el tiempo total de exposición de la cámara es mayor que el tiempo -t1- a -t3-. La exposición se inicia antes del instante -t1- en el tiempo y finaliza después del instante -t3- en el tiempo.

55 Según las figuras 4, 5 y 6, se toman consecutivamente tres imágenes -A-, -B- y -C- del objeto móvil -X- iluminadas de forma diferente, de tal modo que, debido al movimiento, estas imágenes tomadas de forma consecutiva en el tiempo son captadas a través de la óptica -11- de toma de imágenes en zonas diferentes del sensor -10- de imagen de la cámara. En relación con las imágenes -A-, -B- y -C-, las imágenes -D-, -E- y -F- son tomadas adicionalmente de la zona -Y- cerca del objeto -X-, de tal modo que tienen la misma iluminación, habitualmente sin ninguna máscara con dibujos.

60 Con la ayuda de las imágenes -D-, -E- y -F-, se determinan los píxeles correspondientes de la zona -Y- en cada imagen, por ejemplo, utilizando una correlación de imagen. El término "píxel correspondiente" se refiere al píxel de la imagen que corresponde a la misma posición en imágenes diferentes. Con la ayuda de estos píxeles que se corresponden, es posible definir asimismo los píxeles correspondientes de las imágenes -A-, -B- y -C- de la zona -X-

debido a que la posición del objeto -X- con respecto a la zona de referencia -Y- no cambia en las diferentes imágenes. La imagen -Y- puede ser utilizada para buscar los píxeles que se corresponden, debido a que las imágenes -D-, -E- y -F- tomadas de la misma, son tomadas utilizando la misma iluminación, de tal manera que las características de la superficie aparecen las mismas en cada imagen. Los píxeles correspondientes no se hallan necesariamente con la misma precisión en las imágenes -A-, -B- y -C- porque en cada imagen se realiza una iluminación diferente del dibujo senoidal con la ayuda de transparencias, e incluye las características de la superficie de forma diferente en cada imagen.

De este modo, se obtiene una imagen del objeto -X- que se desplaza iluminada de tres modos distintos, con la ayuda de la zona -Y- de la imagen. En un caso ideal, si la velocidad del objeto es conocida con una precisión suficiente, los tres instantes de la exposición pueden ser sincronizados de tal modo que los dibujos senoidales de las tres imágenes diferentes están situados sobre la superficie -X- en un cambio de fase específico deseado. En dicho caso, se puede calcular la topografía de la superficie con la ayuda de estas tres imágenes. La figura 7 muestra la fórmula de cálculo cuando el cambio de fase de las imágenes es exactamente de 120 grados y de 240 grados entre las diferentes imágenes. Asimismo, la topografía puede ser calculada a continuación cuando el cambio de fase de los dibujos senoidales es distinto a 120 y 240 grados.

Si no se pueden determinar los cambios de fase precisos mutuos de los dibujos senoidales de las imágenes, por ejemplo, mediante la técnica de sincronización, el valor mutuo de los cambios de fase puede ser determinado asimismo mediante ordenador cuando son conocidos los píxeles correspondientes de la superficie en las diferentes imágenes, y cuando los dibujos de la iluminación se supone que están compuestos por dibujos senoidales en la misma fase. Se han desarrollado métodos para resolver este problema matemático, por ejemplo, Z. Wang: "Advanced iterative algorithm for phase extraction of randomly phase-shifted interferograms", (algoritmo iterativo avanzado para la extracción de la fase de interferogramas con cambios de fase al azar), Optics letters (Comunicaciones sobre óptica), 15 de Julio de 2004, Vol. 29, N° 14.

El mapa topográfico, puede ser definido a continuación mediante un ordenador con la ayuda de los ángulos medios de cambio de fase, determinados utilizando el método mencionado anteriormente. La diferencia de altura de la zona de la superficie correspondiente a los píxeles individuales de la imagen relativos a la zona circundante, aparecen a continuación como un cambio en la fase del dibujo senoidal con respecto a la fase del dibujo senoidal del entorno.

Cuando la línea se desplaza, se puede suponer que la superficie -18- se puede desplazar asimismo en la dirección vertical (dirección -Z-) entre un número desconocido de instantes -t1-, -t2- y -t3- en el tiempo.

Esto produce el mismo efecto, que si el cambio medio de fase de la iluminación hubiera cambiado entre los instantes en el tiempo. Necesariamente, este cambio de fase no puede ser determinado con precisión a partir solamente de una imagen de la zona iluminada a través de una máscara sin dibujos si este pequeño movimiento vertical no produce cambios en esta imagen. En este caso, mediante la utilización del método matemático dado a conocer por Z. Wang, se puede determinar asimismo el cambio medio de fase de los dibujos senoidales y se puede calcular un mapa topográfico de la superficie.

La figura 6 muestra una situación, según la invención, en la que se genera la imagen -Y- tres veces en los instantes -t1-, -t2- y -t3- en zonas diferentes de la célula de la cámara. La posición exacta de la superficie -Y- entre las diferentes imágenes, es decir, los píxeles correspondientes, se determina, por ejemplo, utilizando la técnica de correlación. Los píxeles correspondientes pueden ser definidos con una precisión correcta, debido a que en las imágenes tomadas en instantes diferentes existe esencialmente el mismo tipo de iluminación y las características de la superficie aparecen del mismo modo en las diferentes imágenes.

Las figuras 7a y 7b muestran un método para el cálculo de la topografía (coordenada -Z-), según la invención, cuando existen cambios de fase entre los tres dibujos senoidales de 120 grados y 240 grados con respecto a la superficie -X-. A continuación, se describe el cálculo de los datos de altura a partir de las tres imágenes de la cámara con la ayuda de las referencias de la figura 7b. La superficie está iluminada en instantes diferentes por medio de tres tipos diferentes de iluminación de dibujos en forma senoidal. Las fases de los dibujos senoidales, entre sí, son 0, $2\pi/3$ y $4\pi/3$. La cámara mide a continuación 3 señales -a-, -b- y -c- en instantes diferentes en el tiempo para cada punto de la imagen, es decir, para cada píxel de la superficie.

Se obtienen las ecuaciones:

$$a = G P \text{ sen } (\alpha) + K + Z$$

$$b = G P \text{ sen } (\alpha + 2\pi/3) + K + Z$$

$$c = G P \text{ sen } (\alpha + 4\pi/3) + K + Z$$

En las mismas:

- G = reflectividad de la superficie
- α = fase del dibujo senoidal
- P = amplitud del dibujo senoidal
- K = señal producida por la luz de fondo
- Z = valor de la desviación del dibujo senoidal (Z es distinto de cero si el dibujo senoidal no tiene un contraste perfecto).

El ángulo de fase α pretendido del dibujo de la iluminación puede ser resuelto para cada punto de la imagen de la superficie a partir del grupo de ecuaciones:

$$\alpha = \arctang\left(\frac{2a - b - c}{\sqrt{3}(b - c)}\right)$$

La altura Δh de un punto en la superficie puede ser calculada a partir del ángulo de fase α :

$$\Delta h = \Delta \lambda / \tan \beta$$

en la que:

β = ángulo de la dirección de la iluminación

λ = longitud del intervalo del dibujo senoidal

$$\Delta \lambda = \alpha \lambda / (2\pi)$$

α = ángulo de fase del dibujo de iluminación

La figura 8 muestra una forma alternativa, según la invención, para la puesta en práctica del principio de medición mostrado en la figura 1, en el que los haces de las fuentes luminosas LED 1 a 3 están separados entre sí. Las tres transparencias separadas han sido sustituidas por una única transparencia, de la cual solamente está iluminado un tercio en un instante con la ayuda de los LEDs, LED 1, LED 2 y LED 3. En principio, los LEDs pueden ser sustituidos asimismo por fuentes láser, fuentes luminosas de xenón u otras fuentes luminosas que puedan ser controladas de una forma pulsante.

En un laboratorio se han realizado ensayos piloto del método, según la invención. En los ensayos, se obtuvo tres veces la imagen de la zona -X- para formar una imagen separada en la cámara, de tal modo que en cada imagen la superficie -X- estaba posicionada en un lugar diferente con respecto a la zona de la imagen vista mediante la cámara y el dibujo de la iluminación en forma senoidal. Los píxeles correspondientes de las imágenes fueron calculados utilizando el método de correlación, con la ayuda de la zona -Y- sin dibujos, y el mapa de alturas de la zona -X- fue calculado con la ayuda del cambio de fase de los dibujos senoidales.

De este modo, la figura 9 muestra los primeros resultados de los ensayos de laboratorio de la invención. En la figura, a) es una imagen bidimensional (suma de los dibujos senoidales) calculada a partir de tres dibujos senoidales y, en la figura, b) es un mapa tridimensional calculado con la ayuda del cambio de fase. En las figuras, el tamaño de los píxeles es aproximadamente de $7\mu\text{m}$ y la zona de la imagen es aproximadamente de 4 mm x 4 mm. La altura de la imagen del conductor calculada a partir de la fase del dibujo senoidal es del orden de 10 μm .

La figura 10 muestra otros resultados de ensayos de la invención, en los que se midió un mapa de la topografía en un laboratorio a partir de la superficie de una tarjeta de crédito. El tamaño de la imagen es aproximadamente de 4 mm x 4 mm y la altura de la huella impresa es aproximadamente de 10 μm .

Por medio del método, según la invención, es posible asimismo realizar una medición a gran velocidad de una imagen estéreo, según la figura 11, en la que el método, según la invención, es puesto en práctica por medio de una toma de imágenes fotométrica, estéreo. Se ha tomado la imagen de la zona -X- desde dos direcciones que están iluminadas con una iluminación uniforme en los instantes -T1- y -T2- en el tiempo. La zona -Y- está iluminada en la misma dirección en ambos instantes en el tiempo. Con la ayuda de la zona -Y- es posible definir los píxeles correspondientes de la zona -X-, después de lo cual se puede calcular un mapa de la topografía de la zona -X- utilizando el principio de la toma de imágenes fotométricas estéreo.

Dos fuentes luminosas -19- y -20- están situadas en lados diferentes de la superficie -18- de la que se toman imágenes, y son utilizadas para iluminar en los instantes -T1- y -T2- en el tiempo, la misma zona -X- de la superficie

de la que se toman imágenes utilizando dispositivos ópticos de toma de imágenes en los instantes -T1- y -T2- en el tiempo, en partes diferentes del sensor de imagen. Una tercera fuente luminosa -21- ilumina la zona -Y- con el mismo ángulo de iluminación en ambos instantes -T1- y -T2- en el tiempo. Esto permite que se tomen dos veces imágenes de la misma zona -X- con tipos de iluminación diferentes, de tal modo que los píxeles correspondientes de las imágenes puedan ser definidos de la misma forma con la ayuda de la zona -Y- iluminada.

Después de esto, se puede definir un mapa topográfico de la superficie utilizando las imágenes tomadas desde dos direcciones opuestas con la ayuda del método fotométrico estéreo. Las ventajas del método son su construcción sencilla y la independencia de la medición del color de la superficie, debido a que la iluminación se puede realizar desde dos direcciones utilizando luz del mismo color.

Por su parte, la figura 12 muestra una solución alternativa en la que se utilizan seis fuentes luminosas, y las seis transparencias correspondientes -1-. Mediante esta disposición, se crea una imagen según la figura 13 para la célula -11-. Utilizando esta disposición, se pueden tomar seis veces imágenes de la zona -X- y de la zona de referencia -Y- junto a la misma, en instantes diferentes en el tiempo, de tal modo que, en tres imágenes, la zona -X- se ilumina utilizando diferentes tipos de iluminación con dibujos en forma senoidal y, en tres imágenes, se ilumina la misma zona -X- utilizando luz de color sin máscaras con dibujos senoidales. La zona de referencia -Y- está iluminada de la misma manera en seis instantes diferentes en el tiempo con el mismo color de luz.

De este modo, mediante el principio, según la invención, se puede utilizar la misma disposición para medir no solo la topografía de la superficie, sino también el color de la superficie. En dicho caso, la zona -X- está iluminada en la misma dirección pero con colores diferentes. La zona -Y- está iluminada en la totalidad de los seis instantes en el tiempo utilizando la misma forma geométrica de iluminación y luz del mismo color, de modo que puede ser utilizada para calcular los píxeles correspondientes.

Mediante el método, es posible tomar dos o tres imágenes, o incluso otro número de imágenes. Las imágenes del mismo objeto -8-, iluminadas de modos diferentes, pueden ser utilizadas no solo para medir la topografía y el color, sino también, para otras mediciones espectroscópicas, así como para la medición del brillo y de la dispersión y las propiedades de polarización de una superficie. Cuando se miden las propiedades de polarización, las imágenes de la zona -X- tomadas en instantes diferentes están iluminadas de modos diferentes utilizando luz polarizada. Cuando se miden las propiedades de dispersión, las imágenes de la zona -X- tomadas en instantes diferentes, están iluminadas utilizando luz del mismo color y polarizada del mismo modo, pero desde direcciones diferentes. En el método, la zona de referencia -Y-, iluminada del mismo modo, se utiliza para sincronizar estas imágenes iluminadas de modos diferentes.

La zona -10-, de formación de la imagen, es habitualmente una célula de una cámara, pero dentro del ámbito de la invención, la zona de formación de imágenes puede estar formada asimismo por las células de dos o más cámaras.

REIVINDICACIONES

1. Método para la determinación de la topografía de un objeto fotografiado que se desplaza, en cuyo método:

5 - se toman por lo menos dos imágenes (KX1, KX2, KX3) en una zona (10) de formación de la imagen, aproximadamente de la misma zona objeto (X),

- la topografía o las propiedades ópticas de una superficie de la zona objeto (X) son determinadas en base a las imágenes (KX1, KX2, KX3),

10

caracterizado porque

15 - por lo menos, se toman dos imágenes (KX1, KX2, KX3) en la zona (10) de formación de imágenes del área objeto (X), en instantes diferentes en el tiempo (t1, t2, t3), de tal modo que, en cada imagen (KX1, KX2, KX3) se dirigen iluminaciones de tipos esencialmente distintos entre sí a la zona objeto (X),

20 - además, se toman imágenes (KY1, KY2, KY3) en la zona de formación de imágenes (10) de una zona de referencia (Y) cerca de la zona objeto (X), de forma sincronizada con las imágenes de la zona objeto (X), de tal manera que en cada imagen (KY1, KY2, KY3) de la zona de referencia (Y) se pretende una iluminación mutua esencialmente del mismo tipo en la zona de referencia

- las imágenes creadas (KY1, KY2, KY3) de la zona de referencia (Y) son utilizadas para situar las zonas de imagen correspondientes a la misma zona (X) del objeto de las imágenes (KX1, KX2, KX3) de la zona objeto (X).

25 2. Método, según la reivindicación 1, **caracterizado porque**, en las imágenes tomadas de la zona (X), dicha zona (X) está iluminada por medio de iluminación estructural con dibujos de tipos diferentes, mutuamente, esencialmente en la misma dirección, y en las imágenes tomadas de la zona (Y), dicha zona (Y) está iluminada mutuamente, esencialmente en la misma dirección, sin un dibujo de iluminación estructural.

30 3. Método, según la reivindicación 1, **caracterizado porque**, en las imágenes tomadas de la zona (X), dicha zona (X) está iluminada desde diferentes direcciones por medio de luz esencialmente del mismo color, y en las imágenes tomadas de la zona (Y), dicha zona (Y) está iluminada mutuamente, esencialmente en la misma dirección, mediante luz mutuamente, esencialmente, del mismo color.

35 4. Método, según la reivindicación 1, **caracterizado porque**, en las imágenes tomadas de la zona (X), dicha zona (X) está iluminada por medio de luz que está polarizada en direcciones mutuamente diferentes, y en las imágenes tomadas de la zona (Y), dicha zona (Y) está iluminada mediante luz que está polarizada mutuamente del mismo modo.

40 5. Método, según la reivindicación 1, **caracterizado porque**, en las imágenes tomadas de la zona (X), dicha zona (X) está iluminada por medio de luz de tipos mutuamente espectralmente diferentes, y en las imágenes tomadas de la zona (Y), dicha zona (Y) está iluminada mediante luz mutuamente espectralmente del mismo tipo.

45 6. Método, según la reivindicación 1, **caracterizado porque**, en las imágenes tomadas de la zona (X), dicha zona (X) está iluminada, esencialmente, mutuamente desde la misma dirección, mediante dibujos de iluminación en forma senoidal en una fase diferente, y en las imágenes tomadas de la zona (Y), dicha zona (Y) está iluminada sin una iluminación estructural con dibujos.

50 7. Método, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**, se utiliza una única célula (10) de formación de imágenes como la zona de formación de imágenes.

8. Método, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**, se utiliza una estructura de células formada por varias cámaras independientes como la zona de formación de imágenes.

55 9. Aparato, para la determinación de la topografía o las propiedades ópticas de un objeto móvil, comprendiendo dicho aparato

- medios para tomar, por lo menos, dos imágenes (KX1, KX2, KX3) en una zona (10) de formación de imágenes, aproximadamente de la misma zona objeto (X),

60

- medios para determinar la topografía o las propiedades ópticas de la zona objeto (X) a partir de las imágenes (KX1, KX2, KX3),

caracterizado porque, comprende

- medios para tomar, por lo menos, dos imágenes (KX1, KX2, KX3) en la zona (10) de formación de imágenes de la zona objeto (X), en instantes (t1, t2, t3) diferentes en el tiempo, de tal modo que, en cada imagen (KX1, KX2, KX3) se pretendan iluminaciones de tipos esencialmente diferentes entre sí en la zona objeto (X),
- 5 - medios para tomar asimismo una imagen, en la zona (10) de formación de la imagen, de una zona (Y) de referencia cerca de la zona objeto (X), de forma sincronizada con las imágenes de la zona objeto (X), de tal modo que, en cada imagen (KY1, KY2, KY3) de la zona de referencia (Y) se pretende una iluminación esencialmente del mismo tipo entre ellas, en la zona de referencia (Y),
- 10 - medios para la utilización de las imágenes (KY1, KY2, KY3) creadas de la zona de referencia (Y) para situar las zonas de imagen correspondientes a la misma zona (X) del objeto en las imágenes (KX1, KX2, KX3) de la zona objeto (X).
- 15 10. Aparato, según la reivindicación 9, **caracterizado porque**, comprende medios para iluminar la zona (X) de las imágenes a tomar de la zona (X) mediante dibujos de iluminación estructural de diferentes tipos, esencialmente desde la misma dirección, y para iluminar la zona (Y) de las imágenes a tomar de la zona (Y) esencialmente desde la misma dirección, sin un dibujo de iluminación estructural.
- 20 11. Aparato, según la reivindicación 9, **caracterizado porque**, comprende medios para iluminar la zona (X) de las imágenes a tomar de la zona (X) desde direcciones diferentes, con luz esencialmente del mismo color, y para iluminar la zona (Y) de las imágenes a tomar de la zona (Y), esencialmente desde la misma dirección y con luz esencialmente del mismo color.
- 25 12. Aparato, según la reivindicación 9, **caracterizado porque**, comprende medios para iluminar la zona (X) de las imágenes a tomar de la zona (X) con luz polarizada en diferentes modos y para iluminar la zona (Y) de las imágenes a tomar de la zona (Y) con luz polarizada, esencialmente del mismo modo.
- 30 13. Aparato, según la reivindicación 9, **caracterizado porque**, comprende medios para iluminar la zona (X) de las imágenes a tomar de la zona (X) con luz de tipos, espectralmente mutuamente diferentes, y para iluminar la zona (Y) de las imágenes a tomar de la zona (Y) mutuamente con luz espectralmente del mismo tipo.
- 35 14. Aparato, según la reivindicación 9, **caracterizado porque**, comprende medios para iluminar la zona (X) de las imágenes a tomar de la zona (X) con dibujos de iluminación en forma senoidal en una fase diferente y para iluminar la zona (Y) de las imágenes a tomar de la zona (Y) sin un dibujo de iluminación estructural.
- 40 15. Aparato, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**, la zona de formación de imágenes es una única célula unificada (10) de toma de imágenes.
16. Aparato, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque**, la zona de formación de imágenes está formada por una estructura de células formada por varias cámaras independientes.

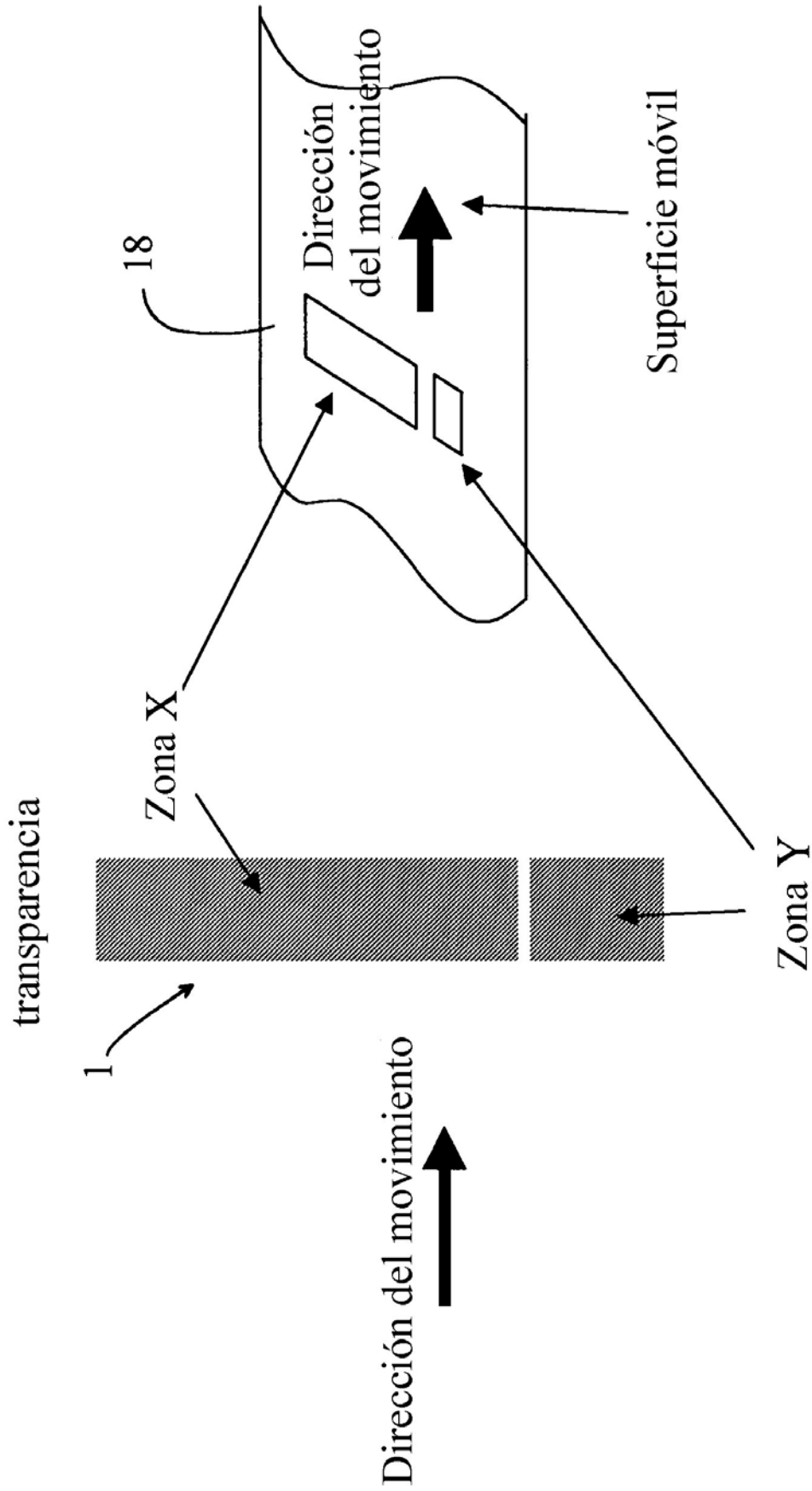
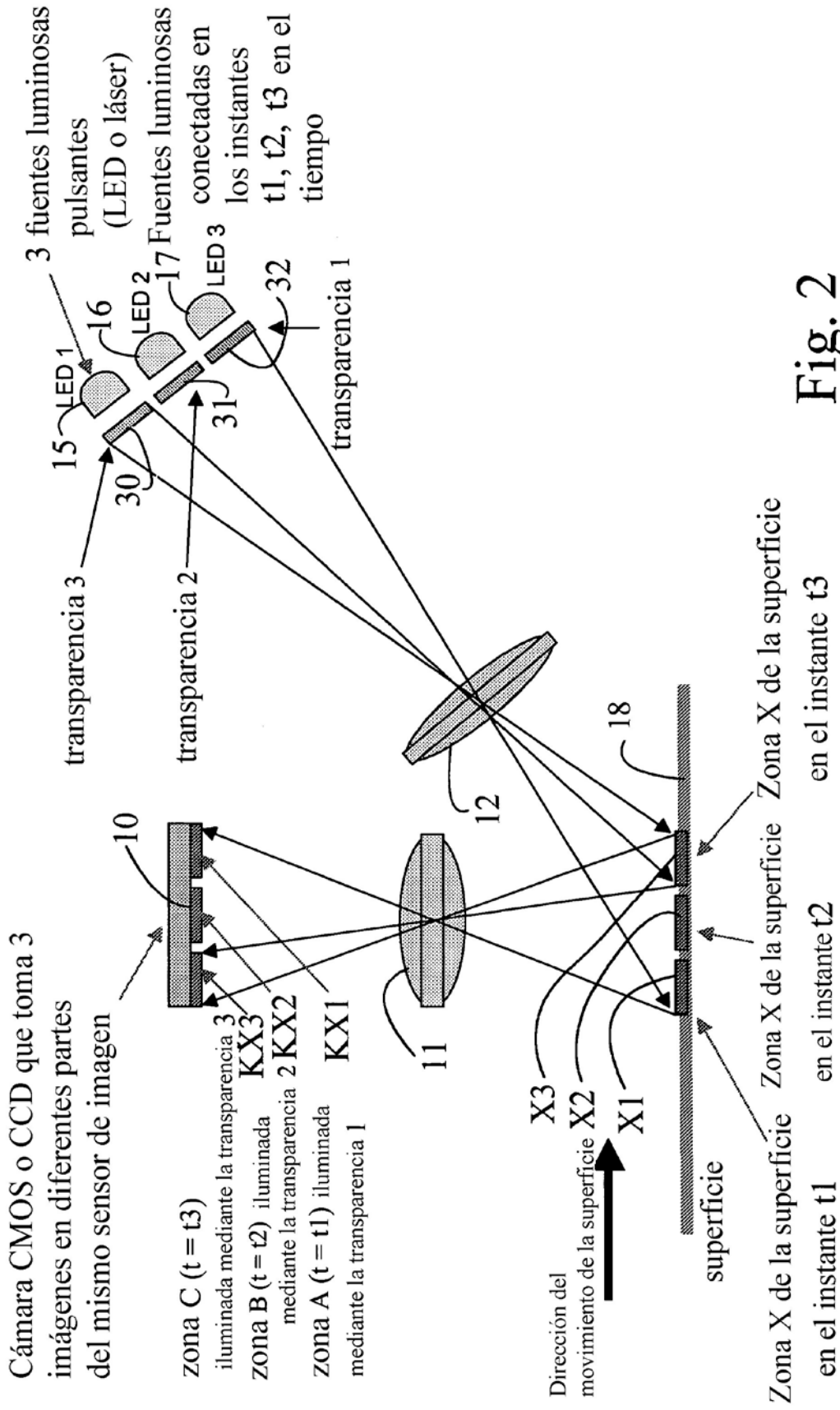


Fig. 1



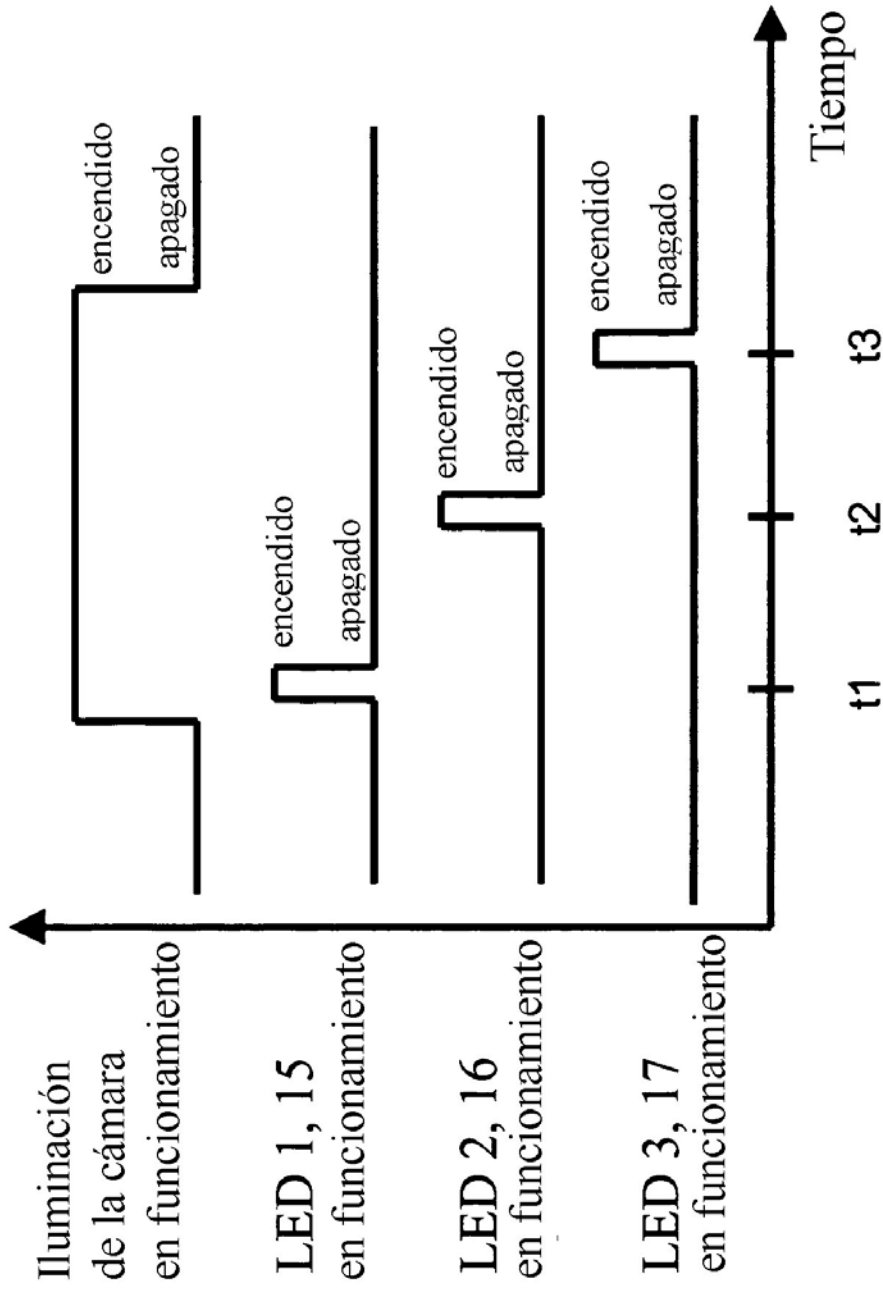
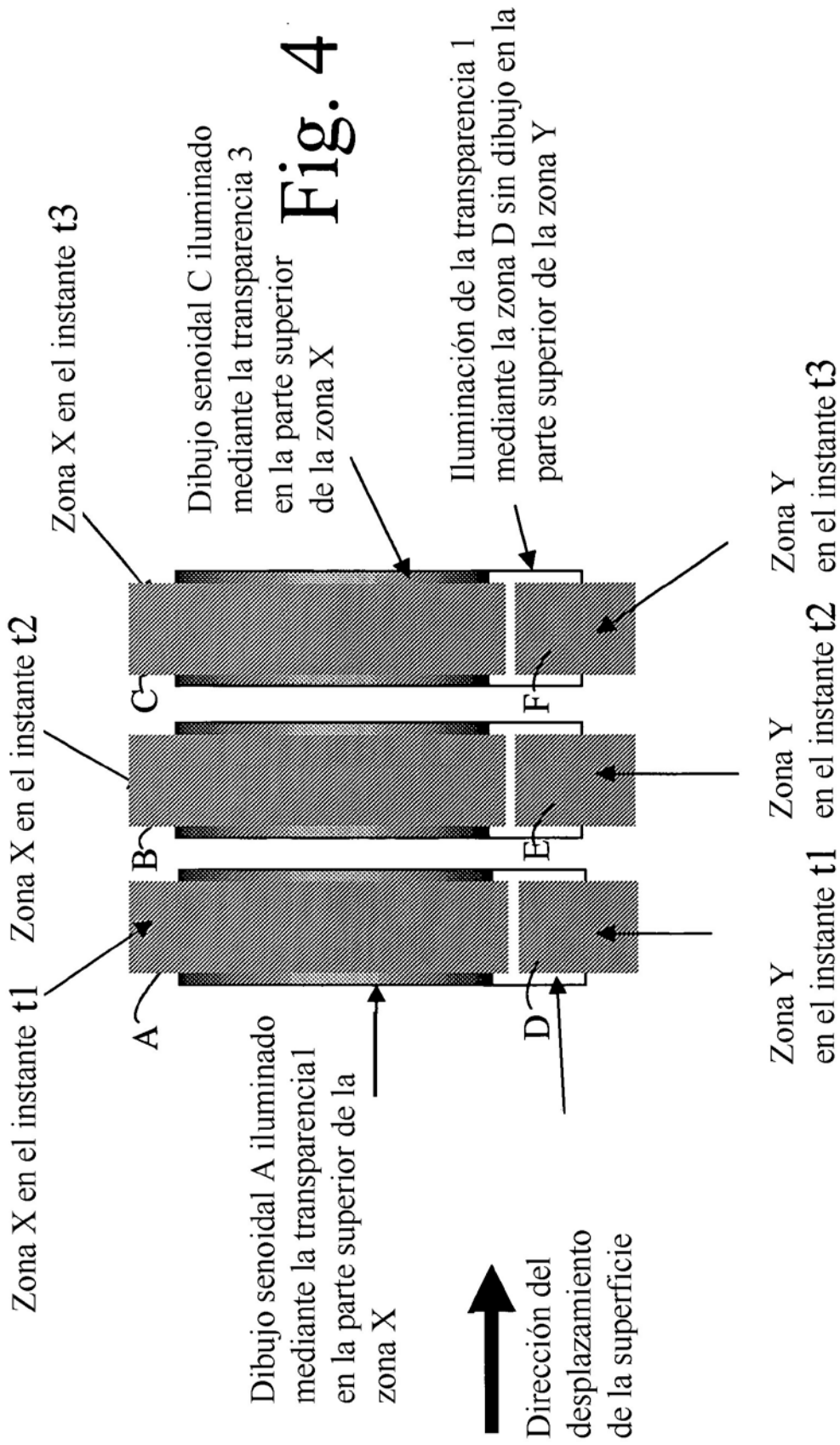


Fig. 3



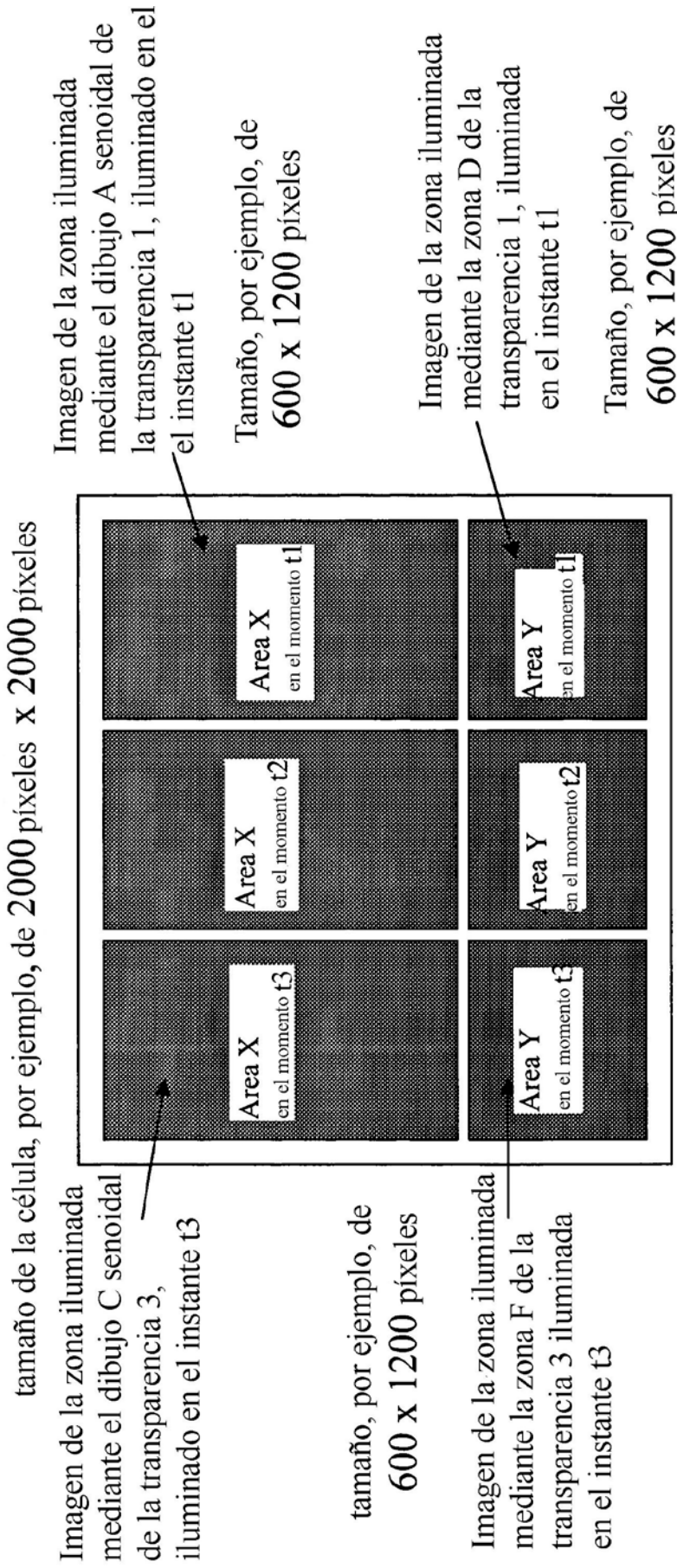
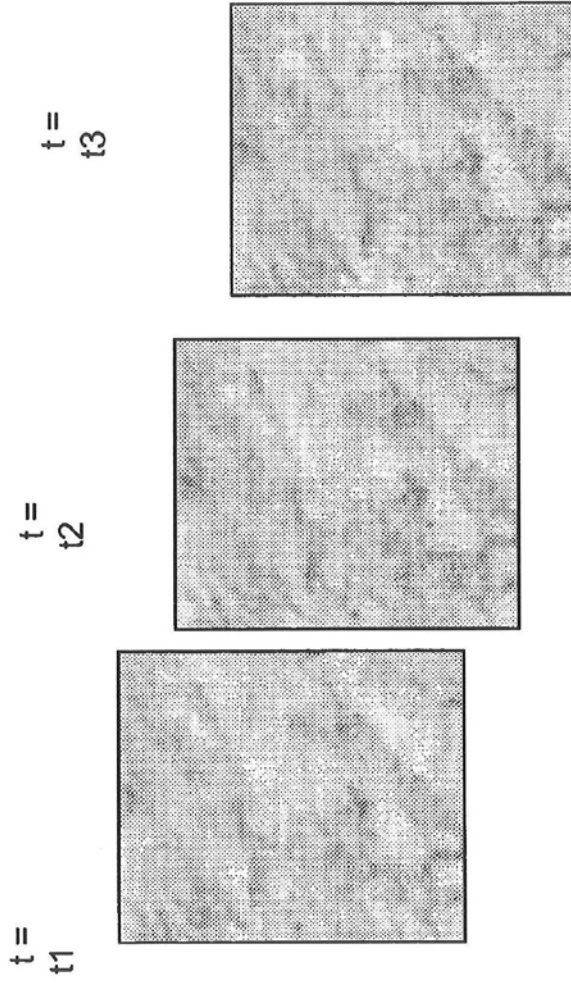


Fig. 5

Tamaño, por ejemplo, de 600 x 1200 píxeles



- Se toma la imagen de la misma zona **Y** en tres instantes diferentes t_1 , t_2 y t_3
- los píxeles correspondientes de las imágenes pueden ser definidos utilizando la técnica de correlación, mediante el aprovechamiento de la textura en la imagen.
- con la ayuda de la correlación, puede llevarse a cabo la alineación con una precisión de fracciones de píxel.

Fig. 6

Medición de la topografía de una superficie utilizando la técnica de cambio de fase

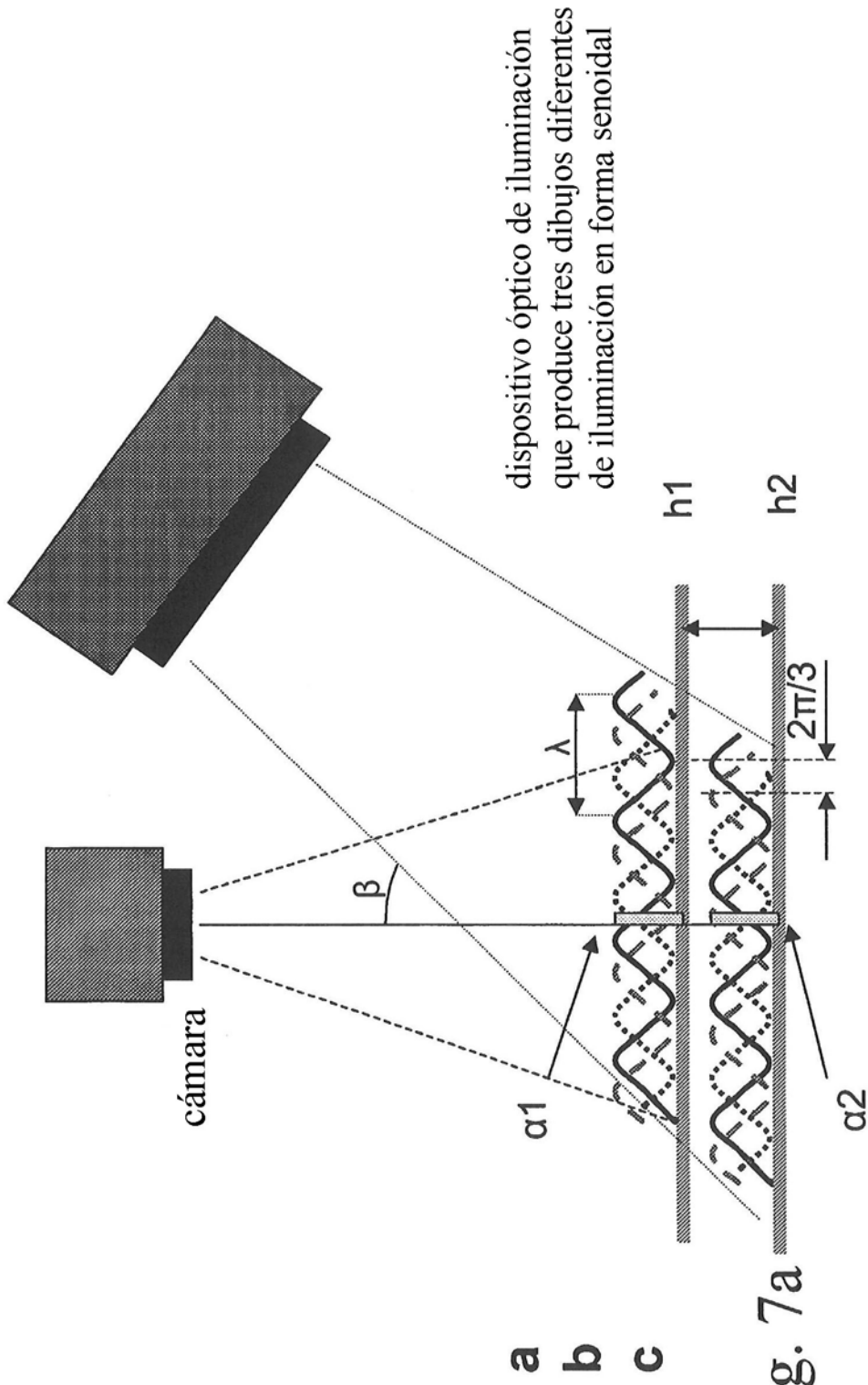


Fig. 7a

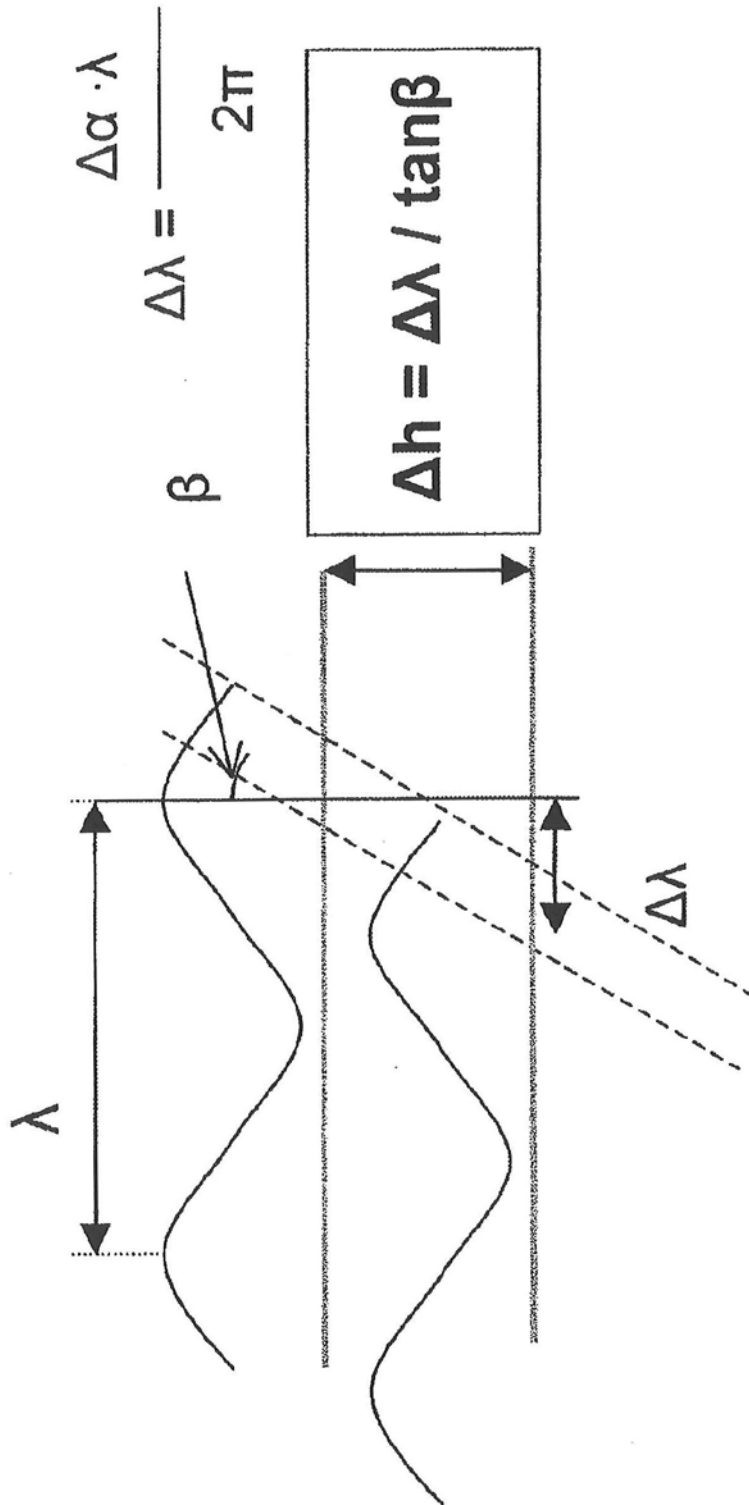
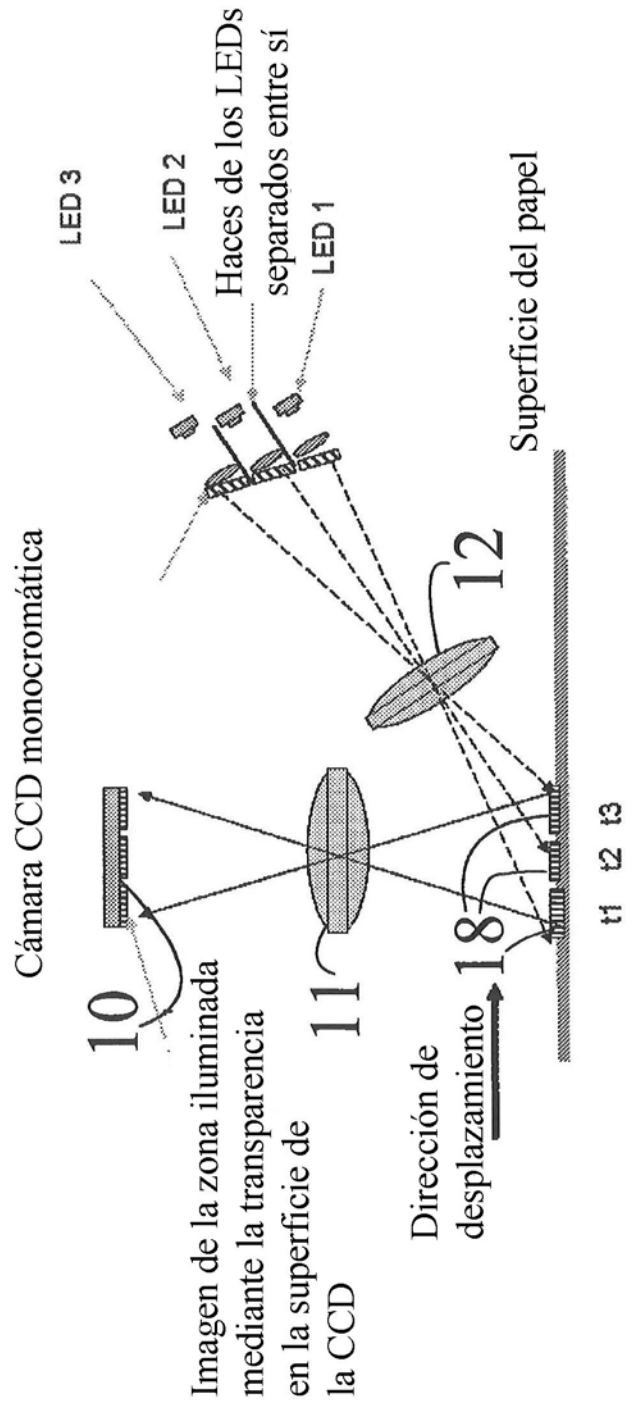


Fig. 7b

Fig. 8



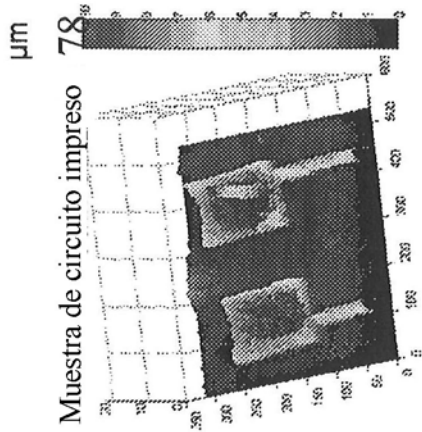
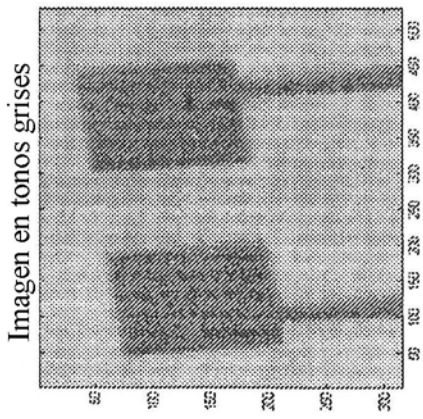


Fig. 9

Huella impresa de una tarjeta de crédito

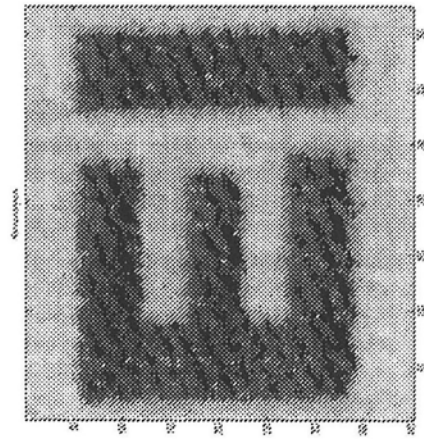
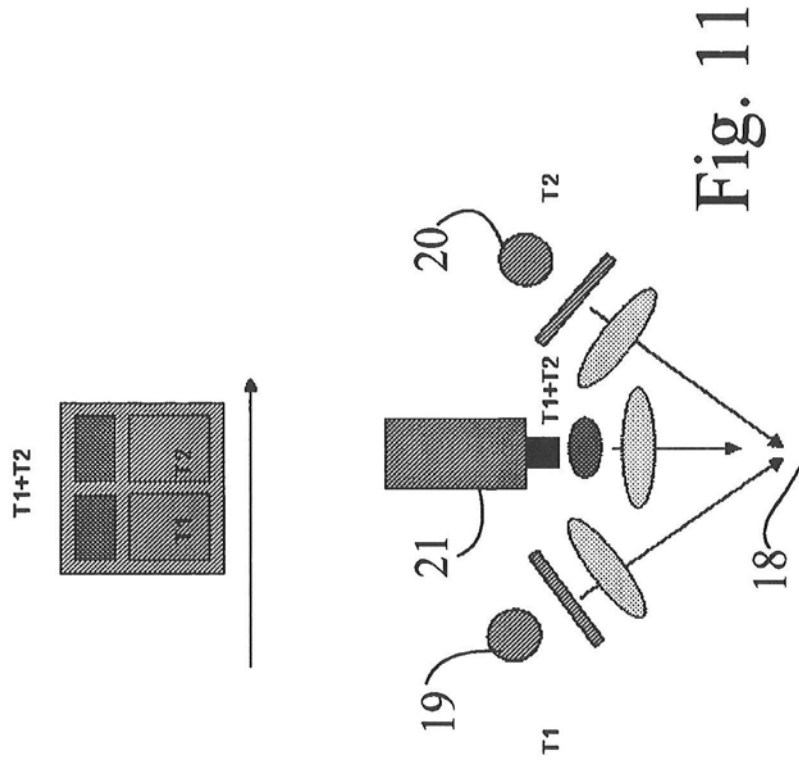


Fig. 10



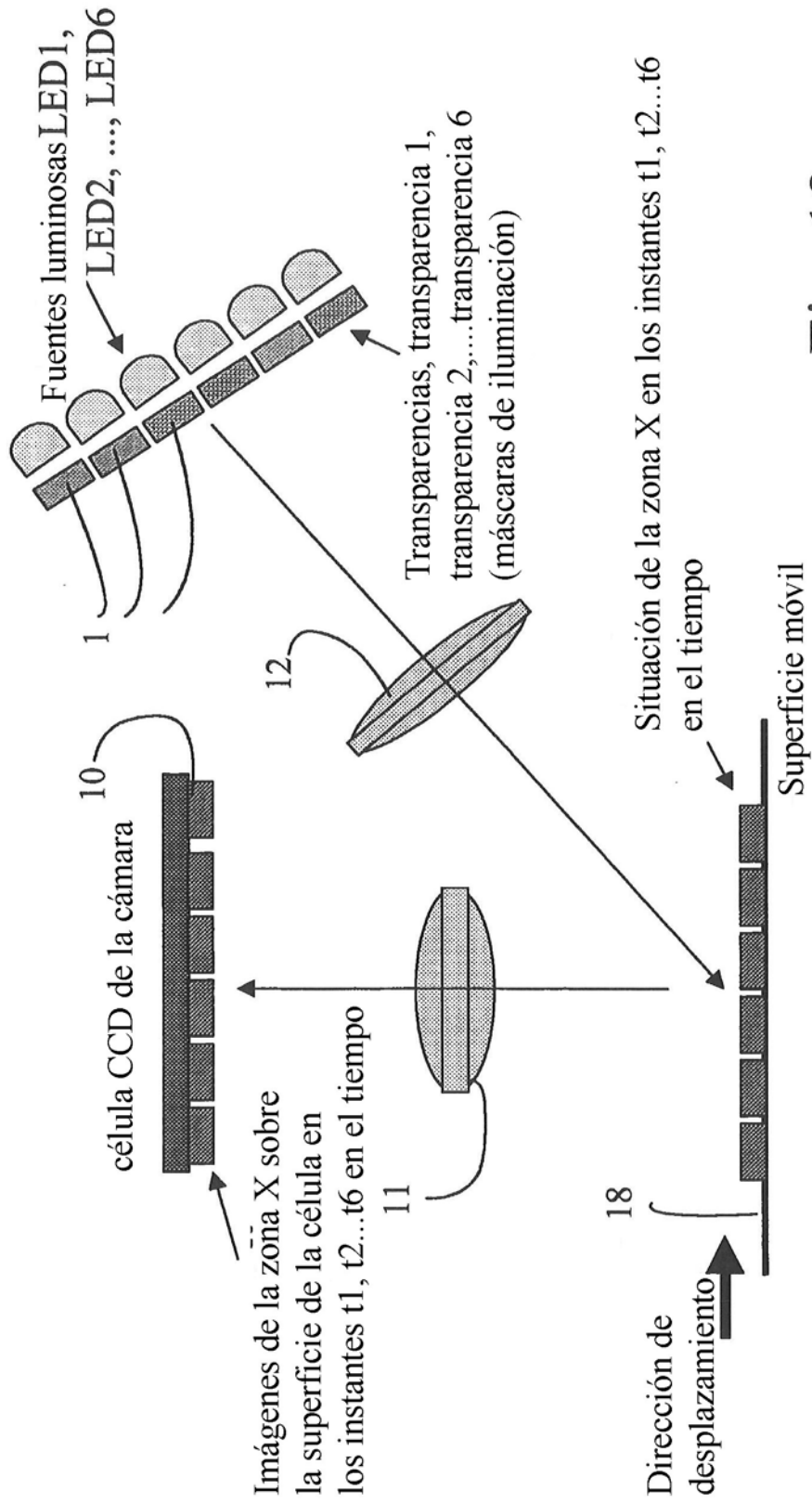


Fig. 12

Medición de las propiedades ópticas de una superficie
 Medición de la topografía y el color como ejemplo
 (A las zonas adyacentes X e Y se les ha tomado la imagen seis veces en la célula CCD en los instantes t_1, t_2, \dots, t_6 en el tiempo, de tal modo que la forma de iluminación de la zona X es diferente en cada instante y la forma de la iluminación de la zona Y es la misma en cada instante)

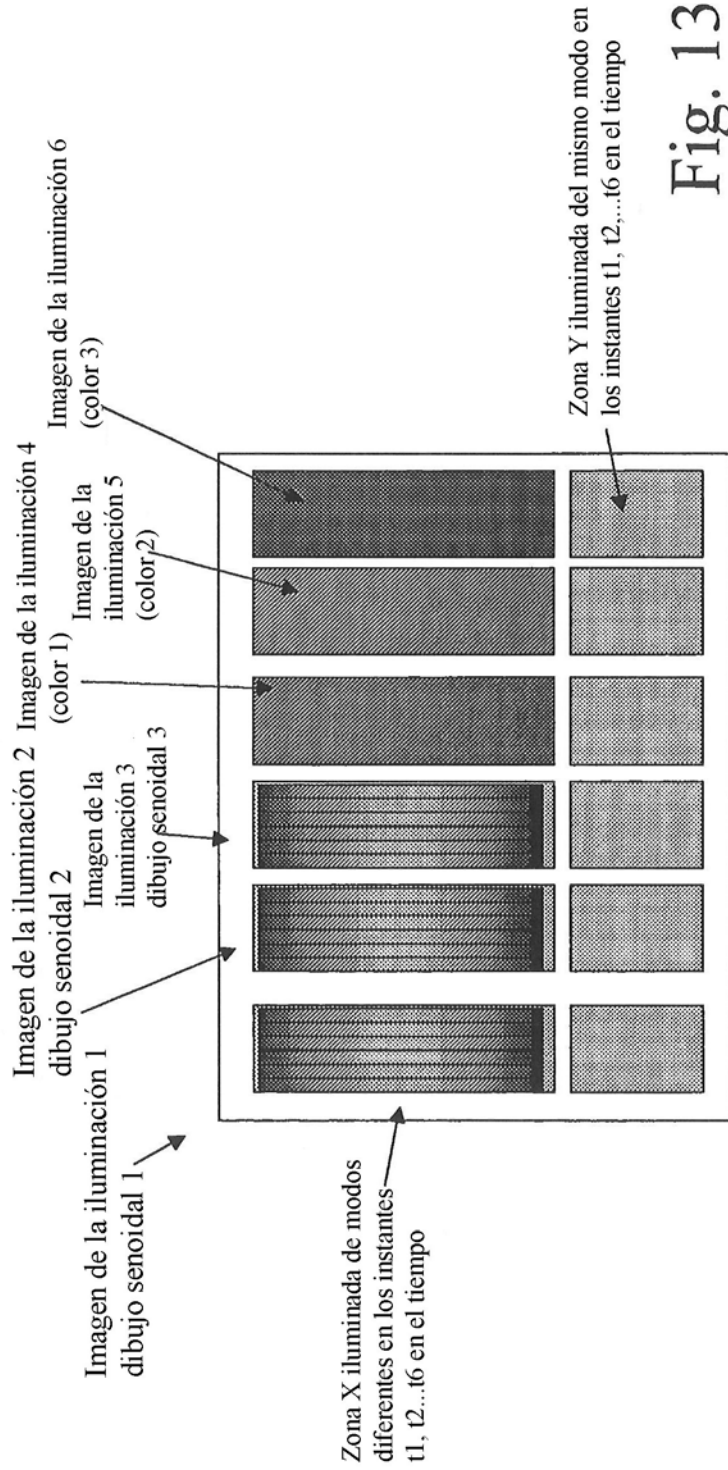


Fig. 13