

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 535 142**

51 Int. Cl.:

G01B 11/30 (2006.01)

G01B 11/25 (2006.01)

G01N 21/55 (2014.01)

G01N 21/95 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2008** **E 08845954 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.01.2015** **EP 2220481**

54 Título: **Dispositivo óptico para observar los detalles estructurales milimétricos o submilimétricos de un objeto con comportamiento especular**

30 Prioridad:

29.10.2007 FR 0758664

14.01.2008 US 6441

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

06.05.2015

73 Titular/es:

ARJOWIGGINS SOLUTIONS (100.0%)

32 avenue Pierre Grenier

92100 Boulogne-Billancourt, FR

72 Inventor/es:

BECKER, FRANÇOIS

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 535 142 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

Dispositivo óptico para observar los detalles estructurales milimétricos o submilimétricos de un objeto con comportamiento especular.

5 La presente invención se refiere a un dispositivo para la observación de un objeto en el sentido general que, en una determinada medida, presenta un comportamiento óptico que no es sólo de difusión o dispersión, sino también por lo menos parcialmente especular.

10 La presente invención se refiere más particularmente a un dispositivo que está diseñado para observar y medir el estado de superficie de un objeto, a resolución milimétrica o submilimétrica, especialmente en un campo amplio, lo que significa cuando el ángulo de visión del cono de rayos de luz recibidos por el sistema de observación es grande.

15 La invención encuentra aplicación particularmente ventajosa en la observación de una superficie de carácter plano o curvado, y de naturaleza reflectante, compuesta por metal, plástico, vidrio, goma laca, etc.

20 Por tanto, la presente invención puede utilizarse para la inspección de superficies para detectar defectos en objetos, para caracterizar superficies, para describir estados de superficie (rugosidad), para realizar cartografía de superficie, para leer información almacenada en el material, para extraer datos de la estructura del material, etc.

En la técnica anterior se han propuesto diferentes soluciones para observar una superficie que presenta un comportamiento especular.

25 Hoffman *et al.*, "Modulation Contrast Microscope", Appl. Opt., 14(5), 1169, dan a conocer un sistema de obtención de imágenes por microscopio que revela gradientes de fase de un objeto colocando un modulador en el plano de Fourier, un plano conjugado con una abertura de tipo ranura.

30 Por ejemplo, para la detección de defectos de superficie, la solicitud de patente FR 2 285 990 propone iluminar la superficie de un objeto, para así crear, por reflexión, zonas que están relativamente diferenciadas oscuras y claras (formación de franjas) y mover estas franjas sobre la superficie que va a inspeccionarse.

35 La patente también propuso capturar las imágenes de las zonas oscuras o claras, para detectar así, en la imagen capturada, patrones claros en las zonas oscuras o patrones oscuros en las zonas claras, para deducir a partir de los mismos la presencia de un defecto.

40 De manera similar, la solicitud de patente FR 2 817 042 propuso un dispositivo para examinar una superficie especular de un sustrato con una forma similar a un panel de vidrio curvado. El documento describe un procedimiento que consiste en tomar una imagen instantánea de una tarjeta de prueba cuyo patrón está deformado en por lo menos una dirección, lo que permite determinar la presencia de defectos sobre la superficie del sustrato.

45 La técnica comienza con la observación de un material especular midiendo la deformación de una imagen de codificación basada en franjas, y presenta una resolución espacial que está limitada por la calidad y la cantidad de las franjas en la imagen de codificación. Además, la técnica requiere un procesamiento digital significativo que deja incertidumbres con respecto a las áreas sombreadas o los relieves, llevando con frecuencia a errores de interpretación.

50 Otras técnicas aumentan el número de adquisiciones mediante la utilización de varios sensores y/o varias adquisiciones sucesivas, tales como las técnicas estereoscópicas o polarimétricas. Además, otras técnicas tales como la estrioscopia u obtención de imágenes por contraste de fase, son difíciles o incluso imposibles de implementar para determinadas aplicaciones industriales, debido a su sensibilidad o a determinadas limitaciones técnicas en la topología de su constitución.

55 En la técnica anterior, también se conocen, a través de los documentos US 2003/026475 y US 2002/001029 por ejemplo, dispositivos ópticos para la observación de objetos gracias a la reflexión difusa de luz y a continuación la creación de áreas oscuras y claras (franjas) mediante reflexión. Sin embargo, para presentar una imagen reconstituida, estos dispositivos requieren un procesamiento digital significativo y complejo.

60 Por tanto, el objeto de la invención pretende remediar los inconvenientes mencionados anteriormente, proponiendo un nuevo dispositivo para la observación, mediante reflexión, de los detalles estructurales milimétricos o submilimétricos de un objeto con comportamiento especular, que sea sencillo de implementar, ofreciendo también una alta resolución y pudiendo funcionar en aplicaciones de campo amplio.

65 Otro objeto de la invención pretende proponer un nuevo dispositivo de observación que esté diseñado a partir de elementos ópticos convencionales, mostrando una robustez y una compacidad que sea adecuada para un entorno industrial, especialmente para la observación a alta velocidad, ofreciendo también la ventaja de limitar o eliminar todo procesamiento digital.

Para lograr tal objetivo, la invención proporciona un dispositivo tal como se define en la reivindicación 1 adjunta.

5 Según una aplicación del objeto de la invención, el dispositivo incluye medios de detección localizados que se utilizan, con la ayuda de la superficie de proyección, para medir un valor que corresponde a un valor de desviación de rayos por el objeto.

10 Según una forma de realización, la superficie de emisión es de dimensiones pequeñas y está próxima a una fuente puntual, y el sistema de proyección óptico con su diafragma es el único elemento que bloquea los rayos y está situado entre el objeto y la superficie de proyección.

La superficie de proyección está diseñada ventajosamente para que sea sensible al tipo de radiación de la fuente de radiación y está asociada a un sistema de procesamiento óptico o electrónico.

15 Según una forma de realización, la fuente de radiación emite radiación de luz visible y/o ultravioleta y/o infrarroja.

Según otra forma de realización, la fuente de radiación emite ondas de sonido, partículas u ondas electromagnéticas.

20 Según una característica de implementación ventajosa, la superficie de emisión presenta una imagen con por lo menos dos regiones que presentan diferentes intensidades y/o colores y/o polarizaciones separadas por una región de transición, formada por una línea de separación o una zona de transición gradual.

Como ejemplo, la superficie de emisión incluye una región oscura y una región luminosa.

25 Según una forma de realización, la superficie de emisión de la fuente de radiación está situada en una superficie virtual, mediante la utilización de materiales especiales tales como nidos de abeja y hologramas para la fuente de radiación.

30 Según otra forma de realización, la superficie de emisión de la fuente de radiación está situada en el infinito y el sistema de exposición óptico enlaza el infinito con la abertura de entrada del sistema de proyección óptico.

35 Según otra característica, el sistema de exposición óptico consiste en el posicionamiento y/o el ajuste del objeto y/o de la superficie de emisión con la abertura de entrada del sistema de proyección óptico, sin la adición de elementos ópticos complementarios.

40 Según un ejemplo de implementación, el dispositivo incluye una caja en cuyo interior están integradas, en particular, la superficie de emisión y una placa semirreflectante, e incluyendo el sistema de exposición óptico una lente cilíndrica, en particular de tipo Fresnel.

Ventajosamente, el dispositivo incluye medios para ajustar la posición, sobre el eje óptico, de la superficie de emisión y/o de la lente y/o del ángulo presentado por la lámina o placa semirreflectante.

45 Según un ejemplo de aplicación preferido, el dispositivo incluye medios para recibir un conjunto de los valores de desviación, para extraer las características estructurales del objeto correspondientes a una firma del objeto por ejemplo.

Ventajosamente, los medios para recibir los valores de desviaciones para extraer una firma del objeto están conectados a un sistema seguro de seguimiento de objetos.

50 Diversas otras características se desprenderán de la descripción proporcionada a continuación con referencia a los dibujos adjuntos que muestran, a título de ejemplos no limitativos, diferentes formas de implementación del objeto de la invención.

55 Las figuras 1 y 1A ilustran el principio de un dispositivo de observación en transmisión, sin y con desviación respectivamente.

60 Las figuras 2 y 3 son diagramas que ilustran un comportamiento de difusión y especular sin desviación de un objeto, respectivamente en reflexión y en transmisión.

Las figuras 4 y 5 son diagramas que ilustran un comportamiento de difusión y especular con desviación de un objeto, respectivamente en reflexión y en transmisión.

65 La figura 6 incluye gráficos que ilustran la transitividad de las funciones de transferencia empleadas por el dispositivo de observación según la invención.

Las figuras 7A a 7E ilustran diversas variantes de implementación de la fuente de radiación.

Las figuras 8A a 8D ilustran diversas variantes de implementación de la fuente de radiación cuya superficie de emisión es virtual.

La figura 9 es un diagrama esquemático de un dispositivo de observación según la invención, en reflexión.

La figura 10 es una vista de una forma de realización de un dispositivo de observación según la invención.

La figura 11 es una vista de otra forma de realización de un dispositivo de observación que utiliza una lente telecéntrica.

La figura 12 es una vista de otra forma de realización de un dispositivo de observación según la invención para superficies curvadas.

La figura 13 es una vista de otra forma de realización de un dispositivo según la invención para la observación de defectos en espejos.

La figura 14 es una vista de una forma de realización de un dispositivo de observación cuyo sistema de exposición óptico no presenta lentes y que utiliza una lente telecéntrica asociada a una fuente en nido de abeja.

Las figuras 15A a 15F son imágenes de diferente objetos, obtenidas con el dispositivo de observación según la invención.

La figura 1 ilustra un dispositivo (1) que está diseñado para observar detalles estructurales milimétricos o submilimétricos de un objeto (2) que presenta un comportamiento que es por lo menos parcialmente especular, y colocado en una zona de exposición (3).

Se entenderá que el término "objeto" puede aplicarse a cualquier material o fenómeno físico o de información situado en una zona del espacio y tiempo. Por "objeto" puede entenderse la superficie de un objeto por ejemplo, tal como una placa o lámina o flujo laminar y su evolución en el tiempo, o la información contenida en un medio. El objeto de la invención se refiere más particularmente a implementaciones del dispositivo (1) que permiten observar, mediante reflexión de superficie, por ejemplo, el estado de superficie de una tarjeta plastificada, de una botella de vidrio, con serigrafía, grabado o tampografía, o de la banda magnética en una tarjeta inteligente.

El dispositivo (1) de observación, que convencionalmente presenta un eje óptico x, incluye una fuente (5) de radiación que se utiliza para la observación del objeto (2) mediante un entorno óptico en el sentido general. La fuente (5) de radiación puede suministrar un flujo de radiación electromagnética, no sólo a longitudes de onda visibles y/o ultravioletas y/o infrarrojas, sino también todas de longitudes de onda de radiación radiométrica (electromagnética), de ondas de presión (sonido, infrasonido (subaudio), ultrasonido, etc.) o flujos de partículas (iones, electrones, moléculas, etc.). El término "entorno óptico" se interpreta en un sentido amplio, significando en general todas las áreas para las cuales existe la posibilidad de enfoque, incluyendo ondas electromagnéticas (radiometría y lentes/espejos ópticos, lentes magnéticas, etc.), ondas de presión (acústicas y lentes/espejos acústicos, etc.), flujos de partículas (con propiedades electromagnéticas, propiedades de masa, etc.), siendo esta radiación o bien coherente o bien incoherente.

Cabe recordar que cuando un rayo o haz incide en un objeto, potencialmente se divide en múltiples rayos que emergen en diversas direcciones, cuya intensidad varía con la dirección de emergencia, según una función de transferencia. En las partes reflejada y transmitida respectivamente, esta función de transferencia puede considerarse como la suma de dos funciones, concretamente una función de transferencia de la parte especular y una función de transferencia de la parte difusa o dispersada de la reflexión o de la transmisión.

La figura 2 ilustra el comportamiento de difusión y especular de un objeto en reflexión. Tal como se ilustra en la figura 2, el rayo (a) incidente ha formado un ángulo de incidencia (c) con la superficie localmente plana (b) de un objeto. El modo de emergencia principal de los rayos reflejados d forma un ángulo de emergencia principal (e) de la reflexión, igual al ángulo de incidencia (c) del rayo incidente, en relación con la normal en el punto de incidencia. Este diagrama muestra la función de transferencia angular (f) de la parte difusa de la reflexión para el ángulo de incidencia (c), la función de transferencia angular (i) de la parte especular de la reflexión para el ángulo de incidencia (c) y la función de transferencia angular (k) de la reflexión para el ángulo de incidencia (c).

El comportamiento de difusión y especular en reflexión puede trasladarse al comportamiento de difusión y especular en transmisión. La función de transferencia se descompone en una parte difundida en diversas direcciones y un modo de emergencia principal, cuya dirección en principio no varía, si las caras del objeto son localmente paralelas y si el objeto es localmente homogéneo. La figura 3 ilustra el comportamiento de difusión y especular en transmisión para un objeto translúcido (b), que es localmente homogéneo y presenta localmente caras paralelas. El rayo (a) incidente forma un ángulo de incidencia (c). El modo de emergencia principal de las ondas (d) transmitidas forma un

ángulo de emergencia principal (e) de la transmisión, igual al ángulo de incidencia (c) del rayo incidente. Esta figura 3 muestra la función de transferencia angular (f) de la parte difusa de la transmisión para el ángulo de incidencia (c), la función de transferencia angular (i) de la parte especular de la transmisión para el ángulo de incidencia (c) y la función de transferencia angular (k) de la transmisión para el ángulo de incidencia.

También parece necesario, para el resto de la descripción, definir la desviación de un rayo en reflexión o en transmisión. Cuando, en el punto de incidencia de un rayo, un objeto presenta un defecto de planicidad o una falta de homogeneidad, su modo de emergencia principal puede desviarse en relación con el comportamiento que se espera en su ausencia. Esta desviación, que se denomina desviación inducida, da la impresión al observador de que el rayo procede de otra dirección. La figura 4 es un diagrama que ilustra la desviación de un rayo (a) incidente en reflexión. El rayo (a) incidente presenta un ángulo de incidencia (c) en relación con la normal en el punto de incidencia del objeto (b), que presenta un defecto de planicidad o una falta de homogeneidad (p). El modo de emergencia de reflexión principal (d₁) con el defecto de planicidad se desvía con un ángulo de desviación (l) en relación con el comportamiento que se espera (d) en su ausencia. En reflexión, la desviación se origina, en principio, por el defecto de planicidad, aunque pueden existir otros motivos para la desviación, tales como la presencia de una serie de estrías en la superficie, por ejemplo.

La figura 5 ilustra el diagrama de desviación de un rayo (a) incidente en transmisión, que muestra un ángulo de incidencia (c) en relación con la normal con respecto al plano del objeto (b). En el caso de una desviación en transmisión, aparece un modo de transmisión principal (d₁) que presenta un ángulo de desviación (l) en relación con el modo de transmisión principal (d) que se espera sin ningún defecto en el objeto. En transmisión, esta desviación surge de características de la estructura del objeto, tales como un grosor variable (caras del objeto no paralelas) o de faltas de homogeneidad en el índice de refracción por ejemplo.

Se indicará que la figura 1 ilustra el principio del dispositivo (1) de observación en transmisión y sin desviación. El dispositivo (1) de observación incluye la fuente (5) de radiación con una superficie de emisión (6) que difunde la radiación desde la fuente. Mediante la utilización de un dispositivo óptico especial, la superficie de emisión (6) puede estar en una superficie real o virtual. Esta fuente (5) de radiación está diseñada de modo que la superficie de emisión (6) presenta por lo menos dos regiones diferenciadas (8, 9), que emiten flujos de radiación difiriendo por lo menos una de las características de una región a la siguiente. Como se explicará en detalle en el resto de la descripción, la superficie de emisión (6) incluye regiones que presentan como características diferentes, la intensidad, la polarización o el color (utilizando el modelo de color L*a*b* por ejemplo). Por tanto, se entenderá que la superficie de emisión (6) presenta una figura que se hace corresponder con la tipología de observación deseada.

El dispositivo (1) también incluye una superficie de proyección (10) que constituye una superficie sobre la que se forma la imagen del objeto (2) observado por el dispositivo. Esta superficie de proyección (10) corresponde, por ejemplo, a la retina de un ojo de un observador, a una pantalla o a un sensor de radiación (una cámara por ejemplo) conectado a una unidad de adquisición y procesamiento. Esta superficie de proyección (10) se hace corresponder con la naturaleza de la radiación procedente de la fuente (5) y se ubica en una cámara (11) oscura.

La proyección de la imagen sobre la superficie (10) se realiza mediante un sistema de proyección óptico (12) situado en la trayectoria de la radiación, en línea con la fuente (5) de radiación en relación con la zona de exposición (3). Este sistema de proyección óptico (12) incluye una abertura (14) de entrada. Esta abertura (14) de entrada está definida por la presencia de un diafragma que forma parte del sistema de proyección óptico (12) (el diafragma de una lente en una cámara por ejemplo). Convencionalmente, este diafragma presenta una forma que permite que los rayos pasen a través de su centro. Se indicará que este diafragma es el único elemento de oscurecimiento efectivo presente entre el objeto (2) y la superficie de proyección (10). Con el fin de simplificar la presentación del principio del dispositivo, el sistema de proyección óptico (12) se ha reducido a una simple lente que está delimitada espacialmente por sus dimensiones físicas, formando el diafragma de abertura. Se utiliza en las figuras 1, 8, 9, 12 y 13. Se indicará que la superficie de proyección (10) está situada en línea con la zona de exposición (3) en relación con el sistema de proyección óptico (12). Una superficie de proyección (10) de este tipo está enlazada ópticamente con el objeto (2) en la zona de exposición (3).

El dispositivo (1) de observación también incluye un sistema de exposición óptico (18) que está situado entre la fuente (5) de radiación y la zona de exposición (3). Este sistema de exposición óptico (18) está diseñado para enlazar ópticamente la abertura (14) de entrada del sistema de proyección óptico (12) y la superficie de emisión (6) de la fuente de radiación. A modo de ejemplo, ilustrado en la figura 1, el sistema de exposición óptico (18) se elige de modo que es una lente para realizar el enlace entre la superficie de emisión (6) y la abertura (14) de entrada del sistema de proyección óptico (12), encontrándose este enlace sobre un eje transversal o dos ejes transversales en relación con el eje óptico x. Sin embargo, como se explica en el resto de la descripción (figura 13), puede disponerse para crear el enlace ajustando la posición y/o los componentes entre la superficie de emisión (6) y la abertura (14) de entrada.

El funcionamiento del dispositivo (1) de observación descrito anteriormente se deriva directamente de la descripción anterior. A este respecto, en lugar de realizar una explicación según la trayectoria óptica seguida por los rayos emitidos por un determinado punto de la fuente de radiación, el principio se describe para todas las trayectorias

ópticas que exponen un punto sobre la superficie de proyección (10). La descripción del funcionamiento del dispositivo (1) de observación se basa en el principio del retorno invertido de la luz y entra dentro del contexto de la aproximación gaussiana. Además, la presentación del principio está limitada en este caso a uno de los dos ejes transversales en relación con el eje óptico. El principio puede generalizarse naturalmente a los dos ejes simultáneamente.

Para cualquier punto (A_i) sobre la superficie de proyección (10) (concretamente A_1 y A_2 en la figura 1), siempre es la misma zona (7) de la superficie de emisión (6) de la fuente (5) de radiación la que se percibe. La superficie de emisión (6) de la fuente (5) de radiación difunde de manera isotrópica, de modo que la superficie de proyección (10) percibe una iluminación uniforme, que indica la ausencia de desviación.

La figura 1A ilustra un ejemplo de un objeto (2) que presenta una falta de homogeneidad que lleva a una desviación (19) a cuyo origen se hará referencia en la descripción en relación con la figura 5. Dado un determinado ángulo de desviación, entonces independientemente de cuál sea el punto del objeto observado (2), siempre es la misma zona (7) de la superficie de emisión (6) la que se percibe por un punto (A_i) sobre la superficie de proyección (10). Sin embargo, esta zona (7) sobre la superficie de emisión, percibida con un ángulo de desviación, difiere de la zona (7) de la superficie de emisión percibida en ausencia de un ángulo de desviación (figura 1). Por tanto parece que existe una relación unívoca entre el valor de la desviación sobre el objeto y la posición de la zona percibida (7) sobre la superficie de emisión.

En vista de esta relación unívoca, se dispone para hacer que una característica de la radiación difundida por la superficie de emisión (6) (su intensidad, su color, etc. por ejemplo) varíe de una manera única según la posición espacial de la zona percibida (7). Por tanto, mediante transitividad, existe una relación unívoca entre el valor de la desviación sobre el objeto y el valor de una característica de la emisión percibida por la superficie de proyección (10), independientemente del punto de los objetos observados. La extensión de la zona percibida por el punto (A_i) corresponde, dentro de un orden de aumento, a la forma de la abertura (14) de entrada en relación con la desviación debido al objeto en el punto (20). Esta forma está desplazada de una manera única sobre la superficie de emisión (6) según la desviación en el punto observado del objeto. Como consecuencia, la integración del flujo de radiación recibido por el punto A_i corresponde a un suavizado de la figura presentada sobre la superficie de emisión (6). Por tanto, la transitividad de las funciones puede expresarse según la figura 6.

El gráfico A de la figura 6 presenta el principio anterior, limitándose a uno de los dos ejes transversales en relación con el eje óptico x e ilustra la evolución del valor de la característica de radiación (R) sobre la superficie de emisión (6) según su posición (P) sobre la superficie de emisión (6). Esta característica de radiación (R) evoluciona según una función de crecimiento (f_1).

El gráfico B de la figura 6 ilustra la evolución del valor de la característica de radiación (R_1) percibida por un punto (A_i) sobre la superficie de proyección (10), según la posición (P) de la zona percibida (7) sobre la superficie de emisión. En vista de la integración de la zona (7) percibida por el punto (A_i) sobre la superficie de proyección (10), sigue un suavizado de la función por toda la zona percibida, de modo que el valor de la característica de radiación percibida evoluciona según una función continua (f_2) que aumenta estrictamente según la posición de la zona percibida.

El gráfico C de la figura 6 muestra la evolución de la posición (P) de la zona percibida según el ángulo de desviación (α). Se trata de una función continua (f_3) que aumenta estrictamente que puede aproximarse a una función lineal o afín ajustando los parámetros (figura difundida, por ejemplo).

Mediante las funciones de composición de los gráficos B y C, se obtiene, tal como se ilustra mediante el gráfico D, la evolución del valor de la característica de radiación (R_1) percibida por el punto (A_i) sobre la superficie de proyección, según el ángulo de desviación (α). Este valor de la característica de radiación (R_1) evoluciona según una función continua (f_4) que aumenta estrictamente.

Naturalmente, tal como se ilustra mediante el gráfico E, es posible obtener la función recíproca (f_5) (función continua que aumenta estrictamente), correspondiente a la evolución del ángulo de desviación (α) según el valor de la característica de radiación (R_1) sobre la superficie de emisión percibida por un punto sobre la superficie de proyección.

A partir de la descripción anterior puede verse que existe una relación directa entre el valor del ángulo de desviación (α) y la posición de la zona (7) percibida por el punto (A_i) sobre la superficie de proyección (10). Asociando una intensidad de flujo única con cada zona percibida (7), correspondiendo cada una a un ángulo de desviación (α), es posible observar el relieve sobre un objeto reflectante sin ambigüedad.

Un dispositivo (1) de este tipo permite a una persona observar el relieve sobre una superficie de un objeto. Según una aplicación en la que la superficie de proyección es un sensor, por ejemplo, el dispositivo (1) incluye medios de detección localizados que, mediante la utilización de la superficie de proyección (10), permiten medir un valor que

corresponde a un valor de desviación de rayos por el objeto (2). El sensor está diseñado para el tipo de radiación difundida por la superficie de emisión (6) y permite medir o extraer características del objeto observado propias de este último.

A partir de la descripción del principio que se describe en la figura 6 se desprende que son posibles diferentes variantes para la aplicación del principio anterior, con respecto a su elección de figuras para la superficie de emisión (6), estando diseñada esta elección para un tipo de observación deseada. Cabe recordar que existe una relación unívoca entre la desviación y la posición de la zona percibida en el espacio generado por los dos ejes transversales en relación con el eje óptico x.

En el caso en el que la superficie de emisión (6) se aproxima a una fuente puntual, el diafragma (14) del sistema de proyección óptico (12) permite que los rayos pasen a través de su centro. Por fuente puntual se hace referencia a una fuente cuya extensión espacial es muy pequeña en comparación con la extensión espacial del campo observado.

Las variantes para crear la superficie de emisión (6) incluyen por lo menos dos regiones diferenciadas que emiten flujos de radiación con por lo menos una de las características diferente de una región a la siguiente. Una característica del flujo de radiación puede ser diferentes intensidades y/o colores por ejemplo.

Los ejemplos ilustrados en las figuras 7A a 7B muestran una relación intensidad-desviación recibida unívoca en uno de los dos ejes transversales al eje x, independientemente de la desviación en el otro eje transversal. Según estos ejemplos, la superficie de emisión (6) incluye una región clara o luminosa (8) y una región oscura (9), separadas por una zona de transición rectilínea nítida (Z) (figura 7A) o por una zona de transición (Z) que es gradual o con un ligero gradiente (figura 7B) (el gradiente de intensidad).

Las figuras 7C y 7D ilustran ejemplos de implementación de una superficie de emisión (6) que muestra una relación intensidad-desviación recibida a través de un color único en cada uno de los dos ejes transversales al eje x, que se consigue mediante la superposición de dos zonas vertical y horizontalmente ortogonales, asignando cada una un color diferente (una línea roja con una columna verde por ejemplo). En el ejemplo ilustrado en la figura 7C, las regiones están separadas por una zona de transición con un límite nítido, entonces, en la figura 7D, las regiones están separadas por una zona de transición gradual.

La figura 7E ilustra una superficie de emisión (6) con una figura concéntrica en forma de una zona anular luminosa sobre un fondo oscuro que permite observar, sobre el objeto, las zonas cuyo ángulo de desviación en relación con la normal con respecto a la superficie observada presenta un valor que se determina independientemente de la dirección de desviación en la superficie observada.

En los ejemplos anteriores, la fuente (5) de radiación incluye una superficie de emisión real (6) que difunde el patrón elegido. Esta superficie de difusión puede ser en forma de un dispositivo óptico de sustitución mediante la creación de imágenes reales o virtuales. Las figuras 8A a 8D presentan formas de realización de este principio.

La figura 8A ilustra una variante de implementación que utiliza un holograma cuya superficie física (6₁) simula todas las funciones empleadas por el sistema de exposición óptico (18) y la superficie de emisión (6). Al igual que los dispositivos que reemplaza, genera una imagen real de una superficie de emisión (6) en el plano de la abertura (14) de entrada del sistema de proyección óptico (12). Las zonas (8, 9) y (8₁, 9₁) ilustran respectivamente la utilización del ejemplo de una figura difundida en la figura 7A y la formación de la imagen real correspondiente a la simulación de alineación mediante una lente (18). La integración del sistema de exposición óptico (18) con el holograma presenta la ventaja de que hace el dispositivo más compacto.

La figura 8B presenta una forma de realización de una estructura que permite una aproximación a la colimación de la luz. El ejemplo describe una estructura (20) en nido de abeja extendida a lo largo de un eje, que es translúcida por lo menos sobre el eje y opaca cuando se desplaza con respecto a este eje. La utilización de esta estructura en nido de abeja delante de una fuente difusa (figura 8C) simula una fuente colimada mediante la utilización de una lente (18) que desempeña la función del sistema de exposición óptico, mediante la conexión del infinito con la abertura (14) de entrada del sistema de proyección óptico (12). En presencia de una desviación (figura 8D), el haz de las trayectorias que conducen al punto (A₁) está inclinado en relación con el eje de la estructura en nido de abeja de modo que se reduce la intensidad percibida.

En el ejemplo ilustrado en las figuras 1 y 1A, el dispositivo (1) es para realizar observación en transmisión. Según la invención, el dispositivo (1) está diseñado para realizar observación mediante reflexión.

La figura 9 ilustra un ejemplo de aplicación de un dispositivo (1) según la invención utilizado para la observación mediante reflexión empleando una placa semirreflectante (21) colocada sobre la trayectoria óptica entre la superficie de proyección (10) y el objeto (2). La figura 9 muestra en primer lugar todas las trayectorias fuente (23) del flujo sin desviación en un punto (24) sobre el objeto (2) y, en segundo lugar, todas las trayectorias fuente (25) del flujo con desviación en el punto (24) sobre el objeto (2). Por tanto, el punto (24) sobre el objeto (2) se observa por el punto (A_i)

sobre la superficie de proyección (10), que percibe una zona (26) sobre la superficie de emisión (6) sin desviación en el punto (24), y una zona (27) de la superficie de emisión que difiere de la zona (26) con desviación en el punto (24). La utilización mediante la superficie de emisión de una figura difundida según la metodología presentada en la descripción de las figuras 5 y 7A a 7E permite observar la desviación en el punto A_i .

La figura 10 presenta una forma de realización de un dispositivo (1) para la observación en reflexión de la superficie de objetos (2) con características que no son sólo de difusión, que por medio de un transportador (30) pasan por delante del dispositivo (1) de observación, que presenta como fuente (5) de radiación una superficie de emisión (6) en forma de elemento de difusión que muestra una figura con una zona luminosa y una zona oscura separadas por un límite vertical nítido. La superficie de emisión (6), en el ejemplo, se ilumina desde atrás mediante una fuente luminosa tal como diodos electroluminiscentes. La superficie de emisión (6) se encuentra a una distancia con respecto a un sistema de exposición óptico (18), por ejemplo, en forma de lente de Fresnel cilíndrica sobre un eje vertical. Esta lente de Fresnel (18) está colocada entre la superficie de emisión (6) y la placa semirreflectante (21), por encima de la cual se sitúa el sistema de proyección óptico (12) y formando la superficie de proyección (10) parte de una cámara. La fuente 5 de radiación, la lente de Fresnel (18) y la placa semirreflectante (21) están montadas en una caja (32) de tamaño relativamente pequeño, sobre la que se fija la cámara.

En la implementación, se utiliza la adición de una lente de Fresnel cilíndrica (31) con un eje horizontal colocada entre la superficie de emisión (6) y el sistema de exposición óptico (18) para eliminar un fenómeno de difuminado en la imagen que percibe la superficie de proyección (10).

Según una característica de implementación preferida, el dispositivo (1) de observación incluye medios para ajustar la posición, sobre el eje óptico x, de la superficie de emisión (6) y/o de la lente de Fresnel (18) y/o del ángulo presentado por la placa semirreflectante (21) en relación con cualquiera de o los dos ejes transversales en relación con el eje óptico x. Estos medios de ajuste pueden ser de naturaleza manual o automatizada, posiblemente en un lazo de control, y, por ejemplo, pueden utilizarse para ajustar el dispositivo con respecto a una presentación incorrecta del objeto observado (2).

La figura 10 describe una implementación del dispositivo (1) según la invención para la observación mediante reflexión. Se indicará que la utilización de una placa semirreflectante (21) no limita la invención de ningún modo. En general, puede concebirse la creación de los elementos componentes del dispositivo (1) de diferentes maneras, mientras aún permitan el mismo tipo de observación.

Por ejemplo, la figura 11 ilustra el diagrama desplegado desde el punto de vista óptico de un dispositivo (1) de observación en reflexión, que utiliza como sistema de proyección óptico (12) una lente telecéntrica en el lado del objeto. Según esta forma de realización, la abertura (14) de entrada está formada por el iris (14_i) de la lente telecéntrica. Se indicará que el sistema de exposición óptico (18) siempre se elige para enlazar ópticamente la abertura (14) de entrada del sistema de proyección óptico (12) y la superficie de emisión (6) de la fuente de radiación.

Una variante de implementación de este tipo presenta la ventaja en particular de que elimina la distorsión de imágenes y observa objetos cuyas características de desviación en reflexión dependen del ángulo de incidencia.

La figura 12 presenta el diagrama desplegado desde el punto de vista óptico de un dispositivo (1) que está diseñado más particularmente para observar superficies curvadas dando como resultado un intervalo dinámico amplio del ángulo de desviación. Como puede observarse en la figura 12, el objeto (2), y en particular la superficie observada, puede compararse macroscópicamente a un sistema óptico complementario del dispositivo (1) de observación. Por ejemplo, la superficie observada corresponde al interior o exterior de un cilindro o esfera. Por tanto, esta superficie puede compararse a un espejo esférico o cilíndrico convergente o divergente. En este caso, el sistema de exposición óptico (18) está diseñado para crear el enlace entre la superficie de emisión (6) y la abertura (14) de entrada del sistema de proyección óptico (12), que es una imagen virtual. La imagen observada sobre la superficie de proyección (10) es neutra para un objeto sin ningún defecto, que se comporta como el sistema óptico equivalente.

La figura 13 ilustra un ejemplo de aplicación del principio ilustrado en la figura 12, para la observación de defectos que aparecen en un espejo tal como el de un telescopio. Según esta forma de realización, el sistema de exposición óptico (18) consiste en posicionar los elementos ópticos de modo que formen el enlace entre la superficie de emisión (6) y la abertura (14) de entrada. Es el espejo cóncavo (2) el que realiza la conexión entre la superficie de emisión (6) y la abertura (14) de entrada. En la implementación de este ejemplo, una placa reflectante (21) está colocada entre la superficie de proyección (10) y el objeto (2).

La figura 14 ilustra un diagrama desplegado desde el punto de vista óptico de otra variante de implementación de un dispositivo (1) de observación que combina los elementos ópticos introducidos en las variantes ilustradas en las figuras 8C, 8D y 11, es decir una estructura en nido de abeja asociada con una lente telecéntrica. Esta variante incluye un sistema de exposición óptico (18) sin lentes. Dicho de otro modo, esta combinación puede utilizarse para formar la conexión que deberá realizar el sistema de exposición óptico (18), sin la adición de componentes ópticos adicionales. De hecho, este tipo de fuente (5) de radiación ubicó la superficie de emisión (6) en el infinito, mientras

que el elemento de entrada de la lente tele céntrica sitúa la abertura de entrada del sistema de proyección óptico (12), que se determina por el iris (14₁), también en el infinito, consiguiéndose así la conexión formada por el sistema de exposición óptico (18).

Independientemente de la forma de realización o el procedimiento de implementación, el dispositivo (1) de observación permite observar el relieve sobre objetos de diversas naturalezas y adquirir imágenes particularmente con mucha información. Las figuras 15A a 15F ilustran diversas imágenes obtenidas por el dispositivo (1) de observación, respectivamente para una superficie en vidrio transparente (figura 16A) o vidrio de color (frascos, botellas, ventanas, etc.), serigrafiados o no, o sometidos a tampografía o no, una superficie de tarjeta (tarjeta plastificada o en capas, embalajes complejos o no, cajas para tarjetas lacadas en plata figura 16B, caja impresa en dorado (figura 16C), una superficie de plástico con impresión, metalizada o no, etiquetas de plástico autoadhesivas transparentes impresas (figura 16D), un holograma de seguridad con soporte de plástico metalizado (figura 16E), o una superficie metálica tal como, por ejemplo, la superficie de una banda magnética en una tarjeta inteligente (figura 16F).

El dispositivo (1) de observación está diseñado para observar cualquier superficie que sea especular por lo menos, y en particular aquéllas para las que las técnicas de difusión no producen un resultado (líquidos, gases con comportamiento especular, campo variable en una superficie o un volumen, superficies con comportamiento holográfico, estructuras multiescala, placas transparentes con índices variables, objetos inertes o vivos, etc.

El objeto de la invención encuentra muchas aplicaciones, tales como metrología óptica, certificación de estados de superficie (rugosidad, caracterización de superficies, aspecto de superficies, identificación de superficies, cartografía de superficie, tolerancia geométrica, lectura de información almacenada, lectura paralela (con aumento del flujo) de información almacenada, extracción de estructuras para procedimientos de autenticación, codificación de información, y en particular las operaciones descritas en las solicitudes de patente FR 2 866 139, WO 2005/76651, US 2005/2622350, FR 2 870 376, FR 0 513 231 y FR 0 601 342, la extracción de datos para biometría, sofisticación de sonares y radares, microscopios electrónicos, etc.).

El dispositivo (1) de observación presenta muchas ventajas en relación con las técnicas competidoras:

- su bajo coste: mediante la utilización de componentes ópticos sencillos y convencionales, y por tanto económicos, el coste de un dispositivo de este tipo es bajo.
- su simplicidad
- de montaje y ajuste, y su compacidad: el ajuste de un dispositivo de este tipo no es muy sensible en comparación con la mayor parte de los demás dispositivos. El número de componentes se reduce y la trayectoria óptica es relativamente corta, haciéndolo así compacto y reduciendo la complejidad de montaje y ajuste.
- mediante un cálculo numérico reducido, se consigue una autonomía del sistema - ya no es necesario realizar un procesamiento previo para la reconstitución de información (como con los sistemas que utilizan la deformación de un patrón, empleando etapas de detección de fase o cálculos de intercorrelación, entre otras cosas), la observación o medición del objeto puede ser directa, o bien mediante visualización directa por un operario, o bien haciendo uso de los valores adquiridos. Además, el funcionamiento correcto del sistema no requiere supervisión, que pueda ser necesaria en otros sistemas para resolver errores indeterminados (para realineación de fase, etc. por ejemplo).
- eficacia: dado que se reduce cualquier etapa de cálculo, y al ser necesaria sólo una adquisición, es posible, con los mismos componentes, observar, de manera continua e incluso a alta velocidad, siendo el factor limitante la tasa de adquisición del sensor. La medición es a "resolución total": la información se adquiere mediante medición, cuando otros sistemas deben realizar una interpolación después de haber reconstituido la información. Además, el campo observado puede ser amplio en relación con el tamaño de todo el dispositivo. Este sistema no se basa en un barrido de medición (un barrido láser por ejemplo), por lo que todas las adquisiciones pueden ser síncronas y esto puede ser crítico para aplicaciones cuya observación debe realizarse a alta velocidad (para observar un fenómeno muy rápido por ejemplo).
- robustez: el ajuste no es muy sensible. Según el principio de la invención, el suavizado realizado por la integración del flujo recibido puede utilizarse para estabilizar la medición en relación con defectos en los componentes y/o los ajustes, siendo determinados sistemas sensibles a la más mínima irregularidad (irregularidad del patrón de franjas para un sistema que se basa en su deformación, etc.). Esta robustez también permite la utilización de sistemas sin ninguna calidad de obtención de imágenes, de modo que es posible la utilización de lentes de Fresnel para el sistema de exposición óptico (18). Dado que el principio de la invención no se basa en fenómenos de interferencia, no experimenta las mismas sensibilidades que en el caso de una diversidad de factores parásitos. En sistemas que emplean formación de franjas, se busca una correspondencia entre una región entera de la imagen adquirida y una región de la superficie de emisión. Por

el contrario, según la invención, para cada píxel de la imagen adquirida, el valor percibido corresponde a una posición en la zona de transición entre las regiones, y por tanto a un valor de desviación angular, independientemente de la posición del píxel en la imagen.

- 5
- versatilidad: es posible observar una clase muy amplia de objetos, con diferentes tipos de radiación.
 - potencial de extensión: mediante la elección de diversidad para los tipos de codificación, la tipología de medición puede ser muy variada y también hay una libertad considerable en la elección de los componentes ópticos utilizados.
- 10

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la observación, mediante reflexión o transmisión, de detalles estructurales milimétricos o submilimétricos de un objeto (2), que presenta un comportamiento que es por lo menos parcialmente especular, situado en una zona de exposición (3), caracterizado por que el dispositivo incluye:
 - por lo menos una fuente (5) de radiación con una superficie de emisión real o virtual (6) que difunde la radiación procedente de la fuente y que presenta por lo menos dos regiones diferenciadas (8, 9) que emiten flujos de radiación, siendo por lo menos una de las características de la radiación diferente de una región a la siguiente,
 - un sistema de proyección óptico (12) que está situado en la trayectoria de la radiación, en línea con la fuente de radiación con respecto a la zona de exposición, en el que este sistema de proyección óptico (12) incluye una abertura (14) de entrada,
 - un sistema de exposición óptico (18) situado entre la fuente (5) de radiación y la zona de exposición (3) y diseñado para conjugar ópticamente la abertura (14) de entrada del sistema de proyección óptico (12) y la superficie de emisión (6) de la fuente de radiación,
 - una superficie de proyección (10) situada en línea con la zona de exposición (3) con respecto al sistema de proyección óptico (12), y que se conjuga ópticamente con el objeto en la zona de exposición (3) mediante el sistema de proyección óptico (12), y cuya radiación recibida depende de la desviación sobre el objeto (2).
2. Dispositivo de adquisición según la reivindicación 1, caracterizado por que incluye unos medios de detección localizados que se utilizan, por medio de la superficie de proyección (10), para medir un valor que corresponde a un valor de desviación de rayos por el objeto (2).
3. Dispositivo de adquisición según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado por que la superficie de emisión (6) está próxima en cuanto a su tamaño a una fuente puntual, y por que la abertura (14) de entrada del sistema de proyección óptico (12) está definida por un diafragma que es el único elemento que bloquea los rayos, situado entre el objeto (2) y la superficie de proyección (10).
4. Dispositivo de adquisición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la superficie de proyección (10) está diseñada para que sea sensible al tipo de radiación de la fuente (5) de radiación y está asociada a un sistema de procesamiento óptico o electrónico.
5. Dispositivo de adquisición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que la fuente (5) de radiación emite una radiación luminosa que es visible y/o ultravioleta y/o infrarroja.
6. Dispositivo de adquisición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que la fuente (5) de radiación emite ondas de sonido, partículas u ondas electromagnéticas.
7. Dispositivo de adquisición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que la superficie de emisión (6) presenta una imagen con por lo menos dos regiones (8, 9) que presentan diferentes intensidades y/o colores y/o polarizaciones, separadas por una región de transición (Z), definida por una línea de separación o una zona de transición gradual.
8. Dispositivo de adquisición según la reivindicación 7, caracterizado por que la superficie de emisión (6) incluye una región oscura (9) y una región luminosa (8).
9. Dispositivo de adquisición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que la superficie de emisión (6) de la fuente (5) de radiación está situada en una superficie virtual, mediante la utilización de materiales especiales, tales como nidos de abeja y hologramas para la fuente (5) de radiación.
10. Dispositivo de adquisición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que la superficie de emisión (6) de la fuente (5) de radiación está situada en el infinito, y por que el sistema de exposición óptico (18) enlaza el infinito con la abertura (14) de entrada del sistema de proyección óptico (12).
11. Dispositivo de adquisición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado por que el sistema de exposición óptico (18) consiste en el posicionamiento y/o ajuste del objeto (2) y/o de la superficie de emisión (6) con la abertura (14) de entrada del sistema de proyección óptico (12), sin la adición de elementos ópticos adicionales.
12. Dispositivo de adquisición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por que incluye una caja (32) en el interior de la cual están integradas en particular la superficie de emisión (6) y una placa semirreflectante (21), e incluyendo el sistema de exposición óptico (18) una lente cilíndrica, en particular de tipo Fresnel.

13. Dispositivo de adquisición según la reivindicación 12, caracterizado por que incluye unos medios para ajustar la posición, sobre el eje óptico (x), de la superficie de emisión (6) y/o de la lente y/o del ángulo presentado por la placa semirreflectante (21).
- 5 14. Dispositivo de adquisición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que incluye unos medios para adquirir un conjunto de valores de desviaciones, para extraer características estructurales del objeto correspondientes, por ejemplo, a una firma del objeto.
- 10 15. Dispositivo según la reivindicación 14, caracterizado por que los medios para recibir valores de desviaciones, para extraer una firma del objeto, están conectados a un sistema seguro de seguimiento de objetos.

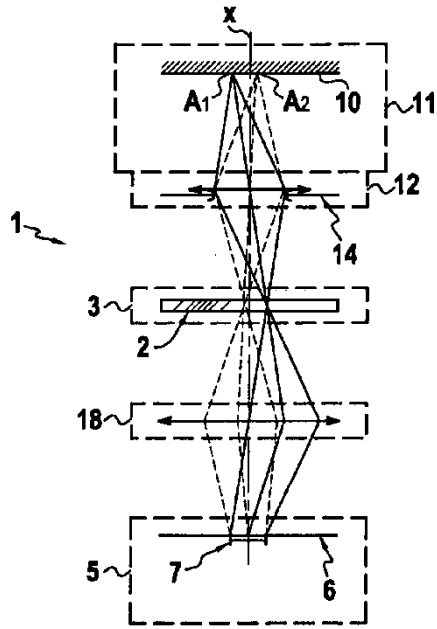


FIG.1

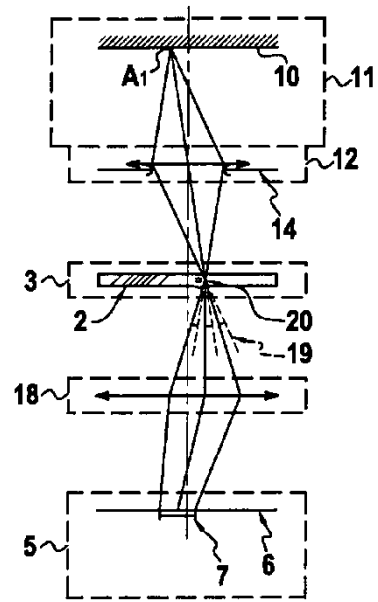


FIG.1A

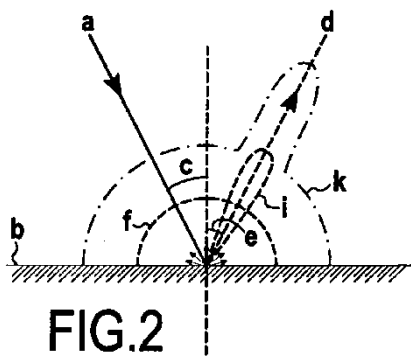


FIG.2

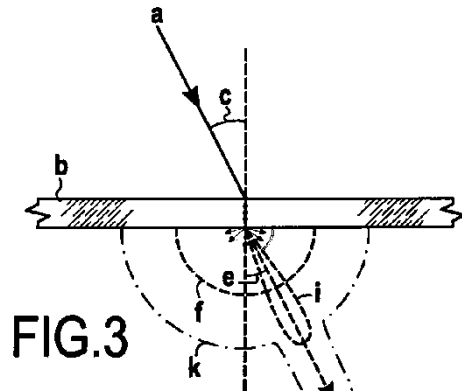


FIG.3

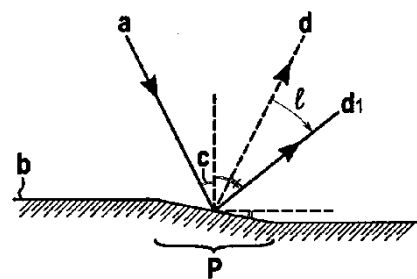


FIG.4

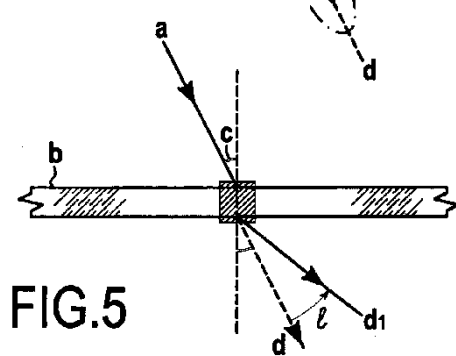


FIG.5

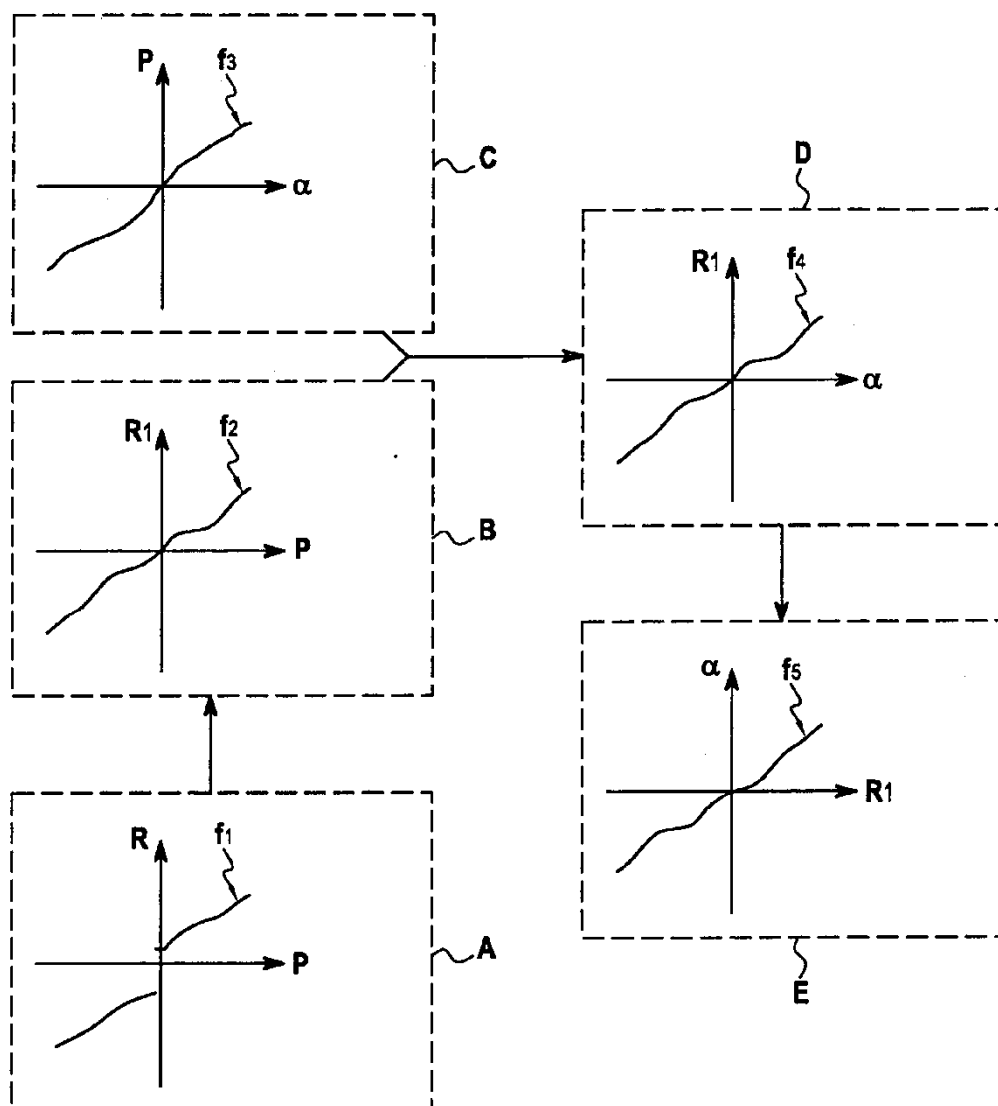


FIG.6

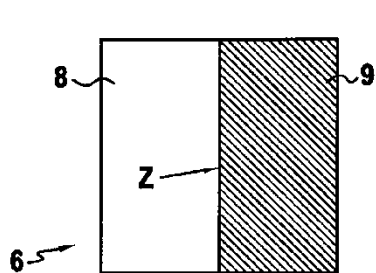


FIG. 7A

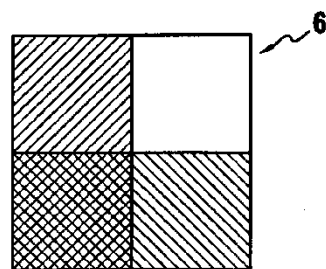


FIG. 7C

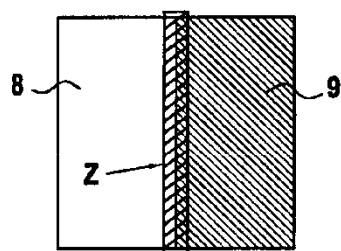


FIG. 7B

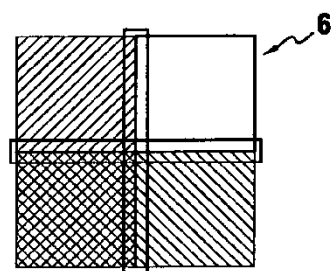


FIG. 7D

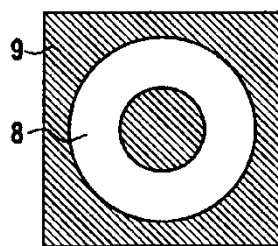
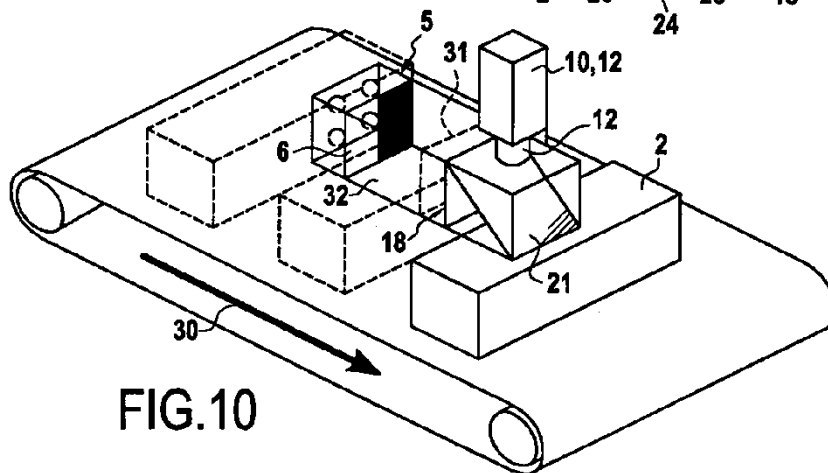
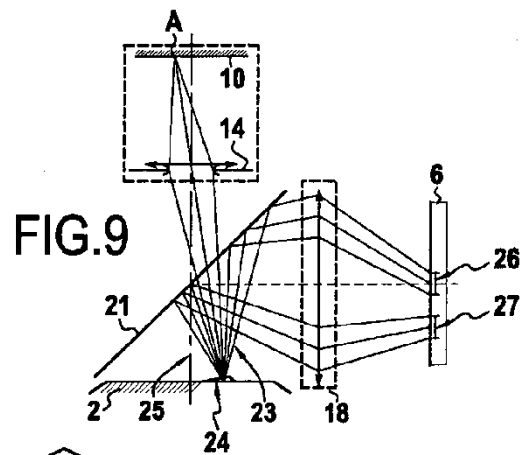
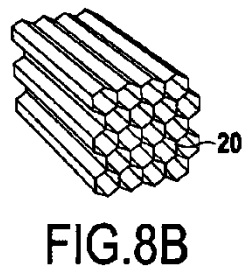
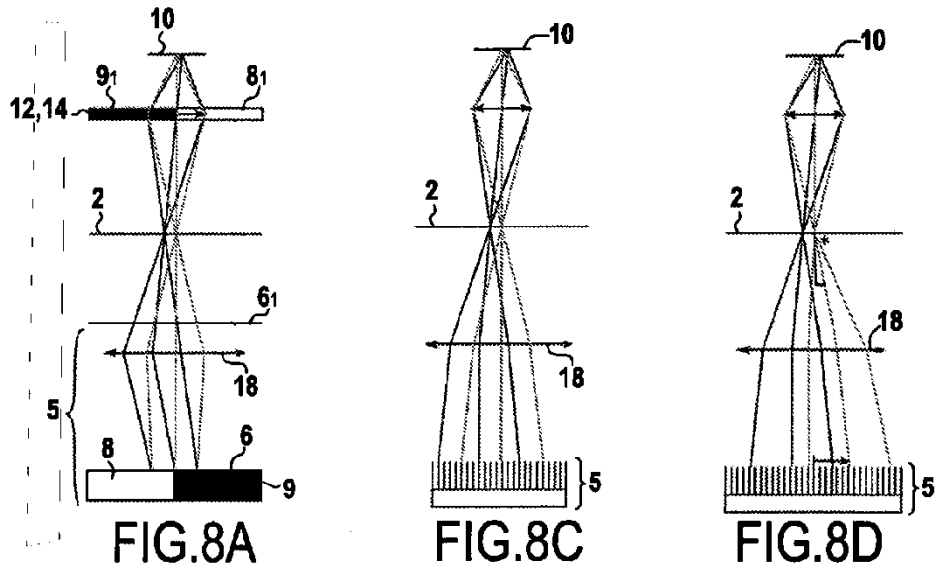


FIG. 7E



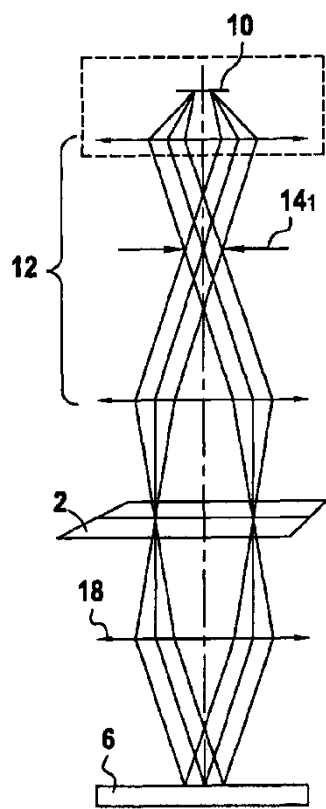


FIG.11

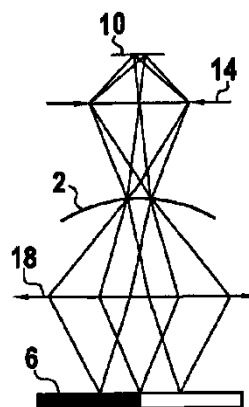


FIG.12

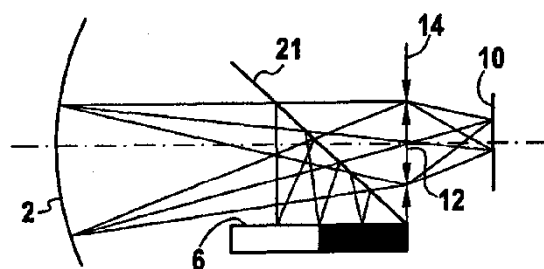


FIG.13

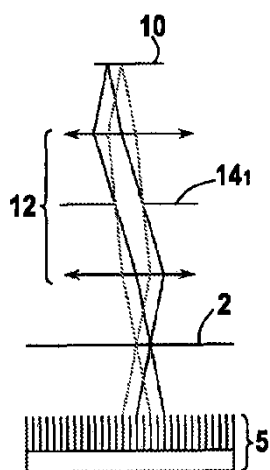


FIG.14

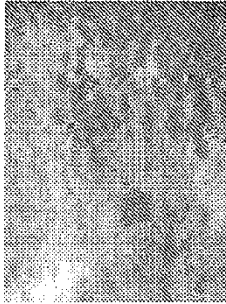


FIG. 15A

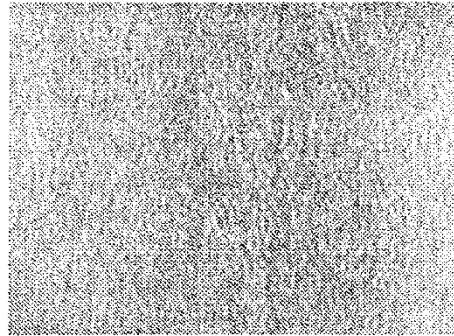


FIG. 15B

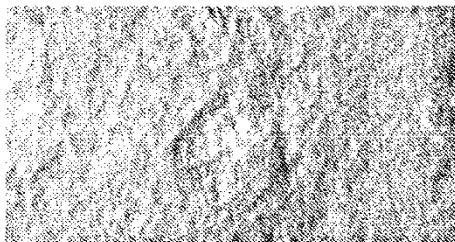


FIG. 15C

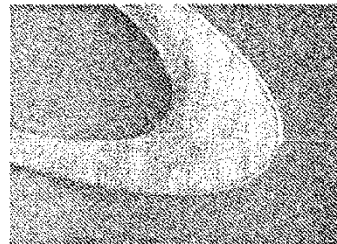


FIG. 15D

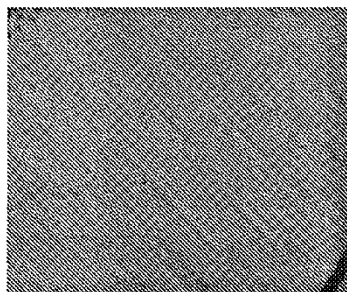


FIG. 15E

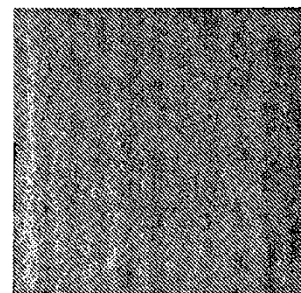


FIG. 15F