

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 380**

51 Int. Cl.:

G01B 11/06 (2006.01)
G01N 21/25 (2006.01)
G01S 17/32 (2006.01)
D21F 7/06 (2006.01)
G01B 11/14 (2006.01)
G01N 21/21 (2006.01)
G01N 21/55 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.10.2007 E 07823198 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.12.2012 EP 2076733**

54 Título: **Determinación de superficie y de grosor**

30 Prioridad:

18.10.2006 FI 20065669

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

09.04.2013

73 Titular/es:

**VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS
(100.0%)
VUORIMIEHENTIE 3
02150 ESPOO, FI**

72 Inventor/es:

KERÄNEN, HEIMO

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 400 380 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

Determinación de superficie y de grosor

Campo

5 La invención se refiere a un método para determinar la superficie de un objeto que se está midiendo y un método para determinar el grosor de un objeto que se está midiendo. Además, la invención se refiere a un dispositivo de medición para determinar la superficie de un objeto que se está midiendo y a un dispositivo de medición para determinar el grosor de un objeto que se está midiendo.

Antecedentes

10 En la fabricación de papel, por ejemplo, el grosor del papel se mide en una banda de papel en movimiento. En esta medición, se pueden utilizar soluciones en las que el sensor del dispositivo de medición toca la superficie del papel, o soluciones en las que el sensor no toca la superficie. Las soluciones que no tocan la superficie incluyen mediciones capacitivas y mediciones ópticas. El contacto del sensor con la superficie que se está midiendo puede causar errores en la superficie y, por lo tanto, se evitan las soluciones en las que el sensor toca la superficie del objeto que se está midiendo.

15 Las mediciones ópticas utilizan la aberración cromática para determinar la superficie que se está midiendo. En esta solución, la luz es enfocada sobre la superficie por medio de un elemento óptico cuya distancia focal depende de una manera conocida, de la longitud de onda de la luz. La luz reflejada desde la superficie es recogida coaxialmente en un detector con el mismo elemento óptico. El detector, que puede ser un analizador de espectros, analiza el espectro de la luz reflejada. La longitud de onda con la que la superficie está mejor enfocada también se refleja de la manera más eficiente, y representa la mayor intensidad en el espectro. Debido a que en la base del dimensionado del dispositivo de medición, la localización del punto focal de esta longitud de onda es conocida, esto ayuda a definir la localización de la superficie. Si la superficie es determinada en ambas caras del papel, también es posible medir el grosor del objeto. El documento de patente DE 10325942 presenta un método sin contacto para medir el grosor de un cuerpo transparente, por ejemplo una lente, usando un espectrógrafo, por lo que la unidad de evaluación también considera las características de dispersión del material del objeto que se está midiendo. El documento de patente norteamericana US 2006/0215177 presenta un sistema y un método para determinar una forma de una superficie de un objeto y un método de fabricación de un objeto que tiene una superficie de una forma predeterminada. Los documentos de patente DE 102004052205 y DE 102005006724 presentan un método interferométrico para registrar la separación y la forma y la tomografía de coherencia óptica (OCT), que implica tener una fuente de múltiples longitudes de onda o una fuente sintonizable y formación de imágenes en el receptor por sistemas de focalización. El documento de patente norteamericana US 20010043333 presenta sistemas ópticos para medir la forma y dimensiones geométricas de piezas de ingeniería de precisión.

35 Sin embargo, existen problemas relacionados con la solución conocida que utiliza aberración cromática. Cuando el objeto que se está midiendo es de un material difuso, la luz se refleja no sólo de la superficie, sino también desde el interior del objeto. Esto provoca un error de medición. Por ejemplo, en objetos medidos en los que la luz penetra menos, la medición da sistemáticamente un grosor mayor que en los objetos medidos del mismo grosor en los que la luz penetra más. Se han realizado intentos para corregir el error de medición por medio de cálculos mediante la alteración del resultado de la medición de acuerdo con la calidad de los objetos medidos. Sin embargo, las correcciones extensas de resultados de medición reducen la precisión y la fiabilidad de la medición, y un objeto que no ha sido determinado con antelación no se puede medir con precisión.

Breve descripción

Es un objeto de la invención implementar un método para determinar la superficie de un objeto que se está midiendo, un dispositivo de medición que implementa el método, así como un dispositivo de medición para medir el grosor de un objeto que se está midiendo.

45 Esto se consigue mediante un dispositivo de medición para determinar la superficie de un objeto que se está midiendo utilizando radiación óptica de acuerdo con la reivindicación 1. El dispositivo de medición comprende

una parte de transmisor (100) y una parte de receptor (102) que están separadas una de la otra, y

la parte de transmisor (100) comprende

una fuente óptica (104);

50 una primera parte de tratamiento de la radiación óptica (106) en una unidad de tratamiento de la radiación óptica (112);

estando dispuesta la primera parte de tratamiento de la radiación óptica (106) para dirigir la radiación óptica al objeto que se está midiendo (114);

comprendiendo la primera parte de tratamiento de la radiación óptica (106) un componente dispersivo (400) que está dispuesto para dispersar cromáticamente la radiación óptica dirigida al objeto que se está midiendo (114) en una dirección no axial;

5 comprendiendo la primera parte de tratamiento de la radiación óptica (106) un primer componente de focalización (408) que está dispuesto para enfocar las diferentes longitudes de onda de la radiación óptica dispersa no axialmente en diferentes alturas en la dirección de la normal (118) de la superficie (116) del objeto que se está midiendo (114); y

10 comprendiendo la parte de receptor (102) una segunda parte de tratamiento de la radiación óptica (110) en la unidad de tratamiento de la radiación óptica (112), estando configurada la segunda parte de tratamiento de la radiación óptica (110) para combinar distintas longitudes de onda de la radiación óptica que se puede reflejar del objeto que se está midiendo (114);

15 un detector (108) en el cual está dispuesta la segunda parte de tratamiento de la radiación óptica (110) de la unidad de tratamiento de la radiación óptica (112) para dirigir la radiación óptica que se puede recibir desde el objeto que se está midiendo (114) al menos desde la dirección de reflexión especular que es diferente de la dirección de la normal (118) de la superficie que se está midiendo (116);

estando dispuesta una unidad de tratamiento de señales (124) para determinar a partir de la radiación óptica detectada en base a la señal proporcionada por el detector (108), la longitud de onda con la cual la intensidad de la radiación óptica es la más alta y para determinar la localización de la superficie que se está midiendo (116) utilizando la longitud de onda determinada.

20 La invención también se refiere a un dispositivo de medición para medir el grosor de un objeto que se está midiendo de acuerdo con la reivindicación 10.

La invención se refiere, además, a un método para determinar la superficie de un objeto que se está midiendo por medio de radiación óptica de acuerdo con la reivindicación 12. El método comprende:

25 dispersar cromáticamente, por medio de un componente dispersivo (400) de una primera parte de tratamiento de la radiación óptica (106), la radiación óptica dirigida al objeto que se está midiendo (114), en una dirección no axial;

30 enfocar, por medio de un primer componente de focalización (408) de una primera parte de tratamiento de la radiación óptica (106), las diferentes longitudes de onda de la radiación óptica dispersa no axialmente en diferentes alturas en la dirección de la normal (118) de la superficie (116) del objeto que se está midiendo (114);

recibir (1304) la radiación óptica al menos desde la dirección de la reflexión especular que difiere de la normal (118) de la superficie que se está midiendo (116);

35 combinar, por medio de una segunda parte de tratamiento de la radiación óptica (110) en una unidad de tratamiento por radiación óptica (112), diferentes longitudes de onda de la radiación óptica reflejada por el objeto que se está midiendo (114);

dirigir, por medio de la segunda parte de tratamiento de la radiación óptica (110) de la unidad de tratamiento de la radiación óptica (112), la radiación óptica a un detector (108) que puede ser recibida por el objeto que se está midiendo (114) al menos desde la dirección de la reflexión especular diferente de la dirección de la normal (118) de la superficie que se está midiendo (116);

40 determinar (1306), por medio de una unidad de tratamiento de señales (124), a partir de la radiación óptica detectada en base a la señal proporcionada por el detector (108), la longitud de onda en la cual la intensidad de la radiación óptica es la más alta y determinar la localización de la superficie que se está midiendo (116) utilizando la longitud de onda determinada.

Las realizaciones preferidas de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes.

45 El método y los dispositivos de medición de la invención proporcionan varias ventajas. Es posible reducir la reflexión difusa procedente del interior del objeto que se está midiendo, que perturba la medición. La superficie y el grosor de un objeto que se está midiendo, por lo tanto, pueden ser determinados con precisión, con independencia de la reflexión difusa.

Lista de figuras

50 La invención se describirá a continuación con mayor detalle por medio de realizaciones preferidas y con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

la figura 1 muestra un dispositivo de medición cuyo detector recibe la radiación óptica dispersa,

la figura 2 muestra un dispositivo de medición cuyo detector recibe radiación óptica no dispersa,

la figura 3 muestra un dispositivo de medición con un reflector,

la figura 4 muestra una parte de tratamiento de la radiación óptica,

la figura 5 muestra una parte de tratamiento de la radiación óptica,

5 la figura 6 muestra la normalización de una medición,

la figura 7 muestra la medición del grosor de un objeto,

la figura 8 muestra la detección del espectro por medio de un divisor de haz, dos filtros diferentes, y dos detectores,

la figura 9 muestra la permeabilidad del filtro,

10 la figura 10 muestra un espectro detectado,

la figura 11 es un ejemplo de la modulación de la radiación óptica,

la figura 12 muestra las mediciones usando un sistema de línea de punto focal,

la figura 13 es un diagrama de flujo de un método de determinación de la superficie, y

La figura 14 es un diagrama de flujo de un método de medición del grosor.

15 Descripción de las realizaciones

La presente solución se puede aplicar a la medición de materiales difusos en particular, aunque la medición también funciona con materiales no difusos. Los materiales difusos incluyen papel, textiles, metal recubierto con un material difuso, piel, diversos polvos cuya superficie (o grosor) se debe determinar.

20 Se examinará a continuación la presente solución por medio de la figura 1, en la que un dispositivo de medición comprende una parte de transmisor 100 y una parte de receptor 102 que están separadas una de la otra. La parte de transmisor 100 comprende una fuente óptica 104 y una primera parte de tratamiento de la radiación óptica 106. En esta aplicación, la radiación óptica se refiere a la radiación electromagnética cuya banda de longitud de onda se encuentra entre la radiación ultravioleta (longitud de onda de aproximadamente 50 nm) y la radiación infrarroja (longitud de onda de aproximadamente 1 mm). La parte de receptor 102 comprende un detector 108 y una segunda parte de tratamiento de la radiación óptica 110. La primera y segunda partes de tratamiento de la radiación óptica 106 y 110 forma una unidad de tratamiento de la radiación óptica 112 en el que la primera parte de tratamiento de la radiación óptica 106 dirige diferentes longitudes de onda de la radiación óptica proveniente de la fuente óptica a un objeto que se está midiendo 114 desde una dirección que difiere de la normal 118 de una superficie que se está midiendo 116, de tal manera que las longitudes de onda diferentes son dirigidas (son enfocadas) a diferentes alturas en la dirección de la normal 118 de la superficie que se está midiendo 116. A pesar de que la superficie es rugosa, como ocurre a menudo, el término normal se refiere a una dirección normal media obtenida, por ejemplo, haciendo un promedio de un gran número de normales representativas. Algunas de las longitudes de onda pueden ser enfocadas por encima del objeto que se está midiendo 114 y algunas en el interior del mismo. La radiación óptica puede ser dispersa en longitudes de onda separadas por medio de un prisma o una rejilla en la parte de tratamiento de la radiación óptica 106. La dirección se puede realizar a su vez usando una o más lentes o espejos para enfocar diferentes longitudes de onda en diferentes puntos focales 126.

35 El dispositivo de medición comprende al menos un polarizador 120, 122. Debido a que es posible trabajar solamente con un único polarizador, el polarizador 122 de la parte de transmisor 100 no es precisado necesariamente y el polarizador 120 puede ser usado para polarizar la radiación óptica reflejada por el objeto que se está midiendo 114 perpendicular a la normal 118 de la superficie que se está midiendo 116. La vibración del campo eléctrico de la radiación óptica a continuación tiene un componente perpendicular con respecto a la normal 118 de la superficie 116. Cuando se utilizan varios polarizadores, las direcciones de polarización de todos los polarizadores son las mismas. Uno o más polarizadores atenúan la radiación óptica procedente del interior del objeto que se está midiendo 114, porque en el interior del objeto que se está midiendo la polarización 114 se debilita o desaparece. La radiación óptica reflejada desde una superficie es polarizada o mantiene su polarización.

40 En esta solicitud, la reflexión se refiere a la reflexión especular y la reflexión difusa en la que se puede realizar la reflexión desde una superficie lisa o rugosa. Además, la reflexión también se refiere aquí a la dispersión, refracción y radiación reflectante desde el interior del objeto que se está midiendo. En una forma de realización, la radiación óptica puede ser dirigida a una superficie y recibida en un ángulo de Brewster, con lo que la radiación óptica es polarizada más efectivamente puesto que es reflejada desde la superficie.

50

La segunda parte de tratamiento de la radiación óptica 110 de la unidad de tratamiento de la radiación óptica 112 puede enfocar la radiación óptica polarizada recibida a un detector 108 por medio de una o más lentes o espejos. La segunda parte de tratamiento de la radiación óptica 110 y el detector 108 son dirigidos y la apertura numérica de la parte de tratamiento de la radiación óptica 110 y el detector 108 está dimensionados de tal manera que la radiación óptica polarizada pueda ser recibida al menos desde la dirección de la reflexión especular del objeto que se está midiendo 114. En el caso de la figura 1, los puntos focales de las diferentes longitudes de onda de la radiación óptica dispersa son paralelos en el detector 108. Por esta razón, las diferentes longitudes de onda en la solución de la figura 1 se pueden detectar con un detector de línea, por ejemplo. De esta manera, cada longitud de onda está dirigida a un elemento detector del detector de línea.

Una señal eléctrica generada por el detector 108 desde la radiación óptica se alimenta a una unidad de tratamiento de señales 124 que define, a partir de la radiación óptica recibida, la longitud de onda en la que la intensidad de la radiación óptica recibida es la más alta. De manera similar, la unidad de tratamiento de señales 124 determina la localización de la superficie 116 del objeto que se está midiendo 114 utilizando la longitud de onda determinada. La definición de la superficie que se está midiendo 116 se basa en conocer con antelación a qué distancia está enfocada cada longitud de onda, y suponer que la longitud de onda que se refleja del punto focal es la más fuerte.

La figura 2 muestra una solución, en la que la segunda parte de tratamiento de la radiación óptica 110 también comprende un componente dispersivo, tal como un prisma o una rejilla, con lo que las longitudes de onda de la radiación óptica que se propaga a lo largo de diferentes rutas pueden ser montadas. Diferentes longitudes de onda llegan a continuación al mismo punto focal en el detector 108, y el detector 108 puede ser un único elemento.

La figura 3 muestra una solución en la que el dispositivo de medición comprende una unidad de tratamiento de la radiación óptica 112 con una parte de transmisor 100 y una parte de receptor 102 comunes. En esta solución, la propagación de la radiación óptica procedente de la fuente óptica 104 al objeto que se está midiendo 114 y en la segunda parte de tratamiento de la radiación óptica 110 se lleva a cabo de la misma manera que en el caso de la figura 2. La radiación óptica reflejada una vez desde el objeto que se está midiendo 114, sin embargo, no se propaga directamente al detector 108, sino que el dispositivo de medición comprende un reflector 300 que refleja la radiación óptica reflejada por el objeto que se está midiendo 114 retornando al objeto que se está midiendo 114 para reflejarse desde el objeto que se está midiendo 114 a través de una segunda parte de tratamiento de la radiación óptica 110 hacia la primera parte de tratamiento de la radiación óptica 106 y en dirección a la fuente óptica 104. En la solución de la figura 3, el dispositivo de medición comprende un divisor de haz 302 que dirige al menos parte de la radiación óptica dirigida hacia la fuente óptica 104 al detector 108. El divisor de haz 302 puede ser un divisor de haz de polarización, en cuyo caso el divisor de haz 302 también polariza la radiación óptica dirigida al objeto que se está midiendo 114 y no se requieren polarizadores separados 120, 122. El divisor de haz 302 puede también dirigir toda la radiación óptica polarizada desde la dirección de recepción al detector 108.

Alternativamente, el divisor de haz 302 puede estar basada únicamente en la distribución de la potencia óptica en una relación deseada, con lo cual los haces ópticos separados generalmente obtienen la misma potencia. En tal caso, cualquiera de los polarizadores separados 120, 122 es necesario.

La figura 4 muestra una primera parte de tratamiento de la radiación óptica 106. Para dirigir las diferentes longitudes de onda de la radiación óptica proveniente de la fuente óptica 104 de diferentes maneras al objeto que se está midiendo 114, la primera parte de tratamiento de la radiación óptica 106 comprende un componente dispersivo cromáticamente 400 que está dispuesto para dispersar no axialmente la radiación óptica dirigida al objeto que se está midiendo 114. Por lo tanto la radiación óptica es dispersada con el componente dispersivo 400 en una dirección que difiere de la del eje óptico 402 de la primera parte de tratamiento de la radiación óptica 106, por lo que la dispersión, es decir, la distribución de las longitudes de onda, es dirigida, al menos parcialmente, en la dirección de la normal 118 de la superficie que se está midiendo 116. La dirección de los puntos focales no necesita ser paralela a la normal 118 de la superficie 116, pero las direcciones tienen un componente de vector común (es decir, los puntos focales no son horizontales ni se encuentran en un eje óptico). En la solución de la figura 4, el componente dispersivo 400 está situado entre dos lentes de focalización 404, 406. Las lentes 404, 406 forman un componente de focalización 408. La radiación procedente de la fuente óptica 104 entre las lentes puede ser colimada. El componente dispersivo 400 junto con el componente de focalización 408 enfoca las diferentes longitudes de onda de la radiación óptica de la fuente óptica 104 en diferentes alturas en la dirección de la normal 118 de la superficie que se está midiendo 116. El componente dispersivo 400 puede ser un prisma o una rejilla, y en vez de lentes, o además de ellas, se pueden utilizar espejos de focalización. Ambas lentes 404, 406 pueden ser reemplazadas con una combinación de lentes, espejo, combinación de espejos, o una combinación de todos estos.

La figura 5 muestra una segunda parte de tratamiento de la radiación óptica 110. La radiación óptica reflejada por el objeto que se está midiendo 114 se puede enfocar en el detector 108 con el componente de focalización 508 que comprende las lentes 504, 506. El punto focal de la segunda parte de tratamiento de la radiación óptica 110 puede estar en la superficie que se está midiendo 116 o cerca de la misma. Sin el componente dispersivo 500, la profundidad de campo debe ser lo suficientemente buena alrededor del punto focal.

La parte de tratamiento de la radiación óptica 110 también puede comprender un componente dispersivo 500 que elimina la dispersión y permite la combinación de longitudes de onda propagadas a lo largo de diferentes caminos

5 ópticos para el mismo foco. Los puntos focales delante de la segunda parte de tratamiento de la radiación óptica 110 pueden estar en los mismos puntos que aquellos a los que la primera parte de tratamiento de la radiación óptica 106 enfoca diferentes longitudes de onda (véase la figura 1, por ejemplo). La reflexión de la superficie que se está midiendo 116 es entonces eficaz. Cuando se utiliza un componente dispersivo 500, las longitudes de onda dispersas enfocan detrás de la segunda parte de tratamiento de la radiación óptica 110 en el mismo punto focal, por ejemplo en el detector 108, y la detección se puede hacer con un elemento detector. Cuando se utiliza un reflector 300, que puede estar en el foco de la segunda parte de tratamiento de la radiación óptica 110, o la radiación óptica puede ser reflejada directamente detrás de la parte posterior (lente 506) de la segunda parte de tratamiento de la radiación óptica 110 hacia el objeto que se está midiendo 114. Las partes de tratamiento de la radiación óptica primera 106 y segunda 110 pueden ser iguales, pero la potencia y el componente dispersivo 400 de las lentes 404, 406 también pueden diferir unas de las otras.

15 La segunda parte de tratamiento de la radiación óptica 110 puede comprender un segundo componente dispersivo 500 que elimina la dispersión de la radiación óptica reflejada por el objeto que se está midiendo 114. La segunda parte de tratamiento de la radiación óptica 110 puede enfocar la radiación óptica en una forma no dispersa al detector 108.

20 En la realización (véase la figura 2) en la que sólo la primera parte de tratamiento de la radiación óptica 106 tiene un componente dispersivo 400, y no se utiliza un reflector 300, el detector 108 puede ser un detector de línea y una longitud de onda diferente de la radiación óptica no dispersa se dirige a cada uno de sus elementos. En este caso, como en general, una única longitud de onda se refiere a una banda de longitud de onda estrecha que es sólo una parte de la banda de medición. Una banda estrecha puede ser, por ejemplo, una banda que es menos de una quinta parte de la banda de medición. A menudo, una banda estrecha tiene una anchura de únicamente un nanómetro o decenas de nanómetros. Una banda estrecha se puede definir en base a la precisión de medición deseada, o puede ser determinada por la precisión de medición de los dispositivos de medición y de los componentes.

25 En la realización (véase la figura 3) que utiliza un reflector 300, el reflector puede reflejar la radiación óptica retornándola al objeto que se está midiendo 114 a través de la parte de tratamiento de la radiación óptica 110. La segunda parte de tratamiento de la radiación óptica 110 se puede enfocar entonces diferentes longitudes de onda de radiación óptica en diferentes alturas en la dirección de la normal 118 de la superficie que se está midiendo 116. Cuando ambas la primera y segunda partes de tratamiento de la radiación óptica 106 y 110 comprenden componentes dispersivos 400 y 500, la radiación óptica no dispersa es dirigida al detector 108.

30 La figura 6 muestra la medición de una referencia. Puesto que las intensidades de las diferentes longitudes de onda de la fuente 104 no se distribuyen uniformemente y diferentes longitudes de onda puede tener una intensidad diferente, la distribución de la intensidad de la fuente 104 puede ser medida como una función de la longitud de onda. En tal caso, entre la fuente 600 y la primera parte de tratamiento de la radiación óptica 106 puede haber un divisor de haz de referencia 600 que dirige parte de la radiación óptica emitida por la fuente 104 a un detector de referencia 602 que transforma la radiación óptica recibida en una señal eléctrica. El divisor de haz 600 puede ser también parte de la primera parte de tratamiento de la radiación óptica 106. La unidad de tratamiento de señales 124 recibe la señal eléctrica. Debido a que la unidad de tratamiento de señales 124 también recibe una señal de medición del objeto 114 generado por el detector 108, la unidad de tratamiento de señales 124 puede normalizar la medición realizada por el detector 108 con la medición realizada por el detector de referencia 602. La normalización puede significar, por ejemplo, la división de las intensidades obtenidas con el detector 108 entre las intensidades medidas por el detector de referencia 602. El divisor de haz de referencia 600 puede ser el mismo que el divisor de haz direccional 302 en la figura 3. El divisor de haz direccional 302 puede actuar también como divisor de haz de referencia 600.

45 La figura 6 muestra también una realización con la que es posible compensar el color del objeto que se está midiendo 114, o en general la respuesta de reflexión del objeto que se está midiendo 114. Una unidad óptica 604 puede dirigir la radiación óptica producida por la fuente 104 en una forma no dispersa al objeto 114 que se está midiendo, y la radiación óptica reflejada del mismo puede ser recibida con otra unidad óptica 606 que comprende un detector. La unidad óptica 606 puede formar un espectro de la radiación reflejada que la unidad de tratamiento de señales 124 puede medir. La unidad óptica 606 puede alimentar una señal eléctrica de la medición a la unidad de tratamiento de señales 124 y la unidad 124 puede normalizar el resultado de la medición obtenida con el detector 108 con al menos uno de los siguientes: el resultado de la medición del detector de referencia 124, el resultado de la medición de la unidad óptica 606.

55 La figura 7 muestra una realización en la que ambas superficies 116, 116B del objeto que se está midiendo 114 son medidas en la forma que se ha descrito más arriba. La fuente óptica dirige entonces la radiación óptica a través de la primera parte de tratamiento de la radiación óptica 106 al objeto que se está midiendo 114, de tal manera que las diferentes longitudes de onda se enfocan en diferentes distancias en la dirección de la normal 118 de la superficie que se está midiendo 116. La radiación óptica es reflejada desde el objeto que se está midiendo 114 a la segunda parte de tratamiento de la radiación óptica 110 a través del polarizador 120, por ejemplo. También es posible utilizar ambos polarizadores 120, 122. La segunda parte de tratamiento de la radiación óptica 110 dirige la radiación óptica reflejada al detector 108. El detector 108 alimenta la señal de medición a la unidad de tratamiento de señales 124 para determinar la superficie. La distribución de la intensidad de la fuente óptica 104 en relación con las longitudes

de onda se puede medir usando el divisor de haz 600, el detector de referencia 602, y la unidad de tratamiento de señales 124. En lugar del uno o más polarizadores 120, 122, o además de ellos, el divisor de haz 600 puede ser un polarizador.

5 De manera correspondiente, la segunda superficie 116B del objeto que se está midiendo 114 puede ser determinada enfocando diferentes longitudes de onda generados por la fuente óptica 104B y la primera unidad de tratamiento de la radiación óptica 106B a diferentes distancias en la dirección de la normal 118B de la superficie que se está midiendo 116B. La radiación óptica es reflejada desde el objeto que se está midiendo 114 a la segunda parte de tratamiento de la radiación óptica 110B a través del polarizador 120B, por ejemplo. También es posible utilizar ambos polarizadores 120B, 122B. La segunda parte de tratamiento de la radiación óptica 110B dirige la radiación
10 óptica reflejada al detector 108B. El detector 108B alimenta la señal de medición a la unidad de tratamiento de señales 124 para determinar la superficie. La distribución de la intensidad de la fuente óptica 104B en relación con las longitudes de onda se puede medir usando el divisor de haz 600B, el detector de referencia 602B, y la unidad de tratamiento de señales 124. En lugar del uno o más polarizadores 120B, 122B, o además de ellos, el divisor de haz 600B puede ser un polarizador. Cada bloque 104B a 110B, 120B, 122B, 600B, 602B por debajo del objeto que se
15 está midiendo es el mismo que los bloques representados por los números de referencia 104 a 110, 120, 122, 600, 602 en las figuras 1 a 6. Naturalmente, los bloques 104 a 110, 120, 122, 600, 602 en la figura 7 también son similares a los de las figuras anteriores, pero la parte superior de medición en la figura 7 no tiene que ser la misma que la parte inferior de medición. Por ejemplo, es posible utilizar ambos polarizadores por encima del objeto que se está midiendo, pero por debajo del objeto sólo puede ser utilizado un polarizador 120B. La figura 7 muestra que
20 tanto por encima como por debajo del objeto que se está midiendo hay un principio de medición que se corresponde a la figura 2. Naturalmente, también es posible utilizar, ya sea por encima o por debajo o en ambos lugares, un principio de medición que corresponde a la figura 3, en la que se utiliza un reflector 300.

25 Cuando la localización h_1 de la superficie superior ha sido determinada en relación con la parte de medición superior, y la localización h_2 de la superficie inferior ha sido determinada en relación con la parte de medición inferior, y cuando la distancia predeterminada H entre las partes de medición superior e inferior es conocida, es posible determinar el grosor T del objeto que se está midiendo 114, por ejemplo, restando del H distancia los valores de las localizaciones de superficie h_1 y h_2 , es decir $T = H - (h_1 + h_2)$.

30 La figura 8 muestra la detección por medio de dos partes de detector. El detector 108 puede comprender un divisor de haz detector 800 que distribuye con una relación conocida la radiación óptica que recibe del objeto que se está midiendo 114 a dos partes de detector 802 y 804. Los filtros 806, 808 se encuentran situados delante de las partes de detector 800, 802 para filtrar la radiación que llega a los detectores como se muestra en la figura 9. La solución también se puede aplicar al detector de referencia 602.

35 La figura 9 muestra las curvas de paso de los filtros en relación con la longitud de onda. El eje vertical muestra la intensidad I y el eje horizontal muestra la longitud de onda λ . La curva 900 muestra la respuesta del filtro 806 en relación con la longitud de onda y la curva 902 la respuesta del filtro 808 en relación con la longitud de onda. El filtro 806 puede pasar menos en una longitud de onda corta que en una longitud de onda larga y por el contrario, el filtro 808 puede pasar menos en una longitud de onda larga que en una corta, y las curvas pueden ser lineales. La respuesta del filtro 806 es en general diferente de la de filtro 808 en la banda utilizada en la medición. Cuando la potencia óptica (o intensidad) detecta por ambos detectores en cada longitud de onda se suman y se dividen por la
40 diferencia de potencias ópticas detectadas, la longitud de onda que es reflejada desde la superficie del objeto que se está midiendo 116 se encuentra en la mayor intensidad relativa entre las intensidades relativas formadas de esta manera. Matemáticamente se pueden crear, por ejemplo, la siguiente fórmula, $P_{rel} = P_{detA} - P_{detB} : P_{detA} + P_{detB}$, en la que P_{rel} se refiere a la intensidad relativa (o potencia), P_{detA} se refiere a la potencia detectada por el detector 800, y P_{detB} se refiere a la potencia detectada por el detector 802. De una manera más simple, las intensidades relativas se
45 pueden formar dividiendo las potencias detectadas por cada detector, es decir, $P_{rel} = P_{detA} : P_{detB}$.

La figura 10 muestra un espectro medido que muestra la intensidad I como una función de longitud de onda. Cuando la unidad de tratamiento de señales 124 encuentra la longitud de onda λ_{max} con la intensidad más alta, es posible determinar la distancia de la superficie que se está midiendo 116 (o 116B) desde un punto predefinido usando, por ejemplo, un cálculo lineal $h_1 = k \cdot \lambda_{max}$, en la que k es una constante predefinida. La dependencia de la
50 longitud de onda λ_{max} de la intensidad más alta también puede ser no lineal, pero para determinar la localización de la superficie, es suficiente que la dependencia sea conocida.

La figura 11 muestra un ejemplo de la radiación óptica modulante. La radiación óptica emitida por la fuente 104 puede ser modulada. La modulación puede ser realizada con un dispositivo interruptor / modulador mecánico, electro - óptico, magneto - óptico o acústico - ópticos, o la modulación se puede realizar electrónicamente (en un diodo, por ejemplo). La modulación puede ser dividida en tiempo, por lo que la fuente óptica 104 emite impulsos
55 ópticos regularmente, pseudo - aleatoriamente o aleatoriamente. La pulsación regular puede significar una transmisión repetitiva y regular de un modelo de impulso predefinido 1100, o en su forma más sencilla la transmisión de impulsos a una frecuencia deseada. El intervalo entre los impulsos de un modelo de impulso predefinido puede ser regular o irregular. Entre los impulsos, la fuente óptica 104 no emite radiación óptica en absoluto, o la potencia óptica entre los impulsos ópticos es menor que durante el impulso. La unidad de tratamiento de señales 124 puede
60 controlar la modulación y, correspondientemente, y demodular de una manera sincronizada la señal que llega desde

el detector 108. Cuando se utiliza la modulación, el impacto de la interferencia a la medición se reduce. El uso de la modulación puede ser beneficioso cuando se mide un objeto 114 en ambos lados. Es posible dirigir entonces la radiación óptica a diferentes lados del objeto que se está midiendo 114 en momentos diferentes o utilizar una modulación diferente. De esta manera, la radiación óptica desde el lado opuesto no perturba la medición.

5 La figura 12 muestra una realización en la que la primera parte de tratamiento de la radiación óptica 106 junto con los componentes ópticos de focalización 404, 406 y el componente dispersivo 400 pueden formar, en lugar de puntos focales, un sistema de línea de punto focal 1200 en el que se enfoca cada longitud de onda en su propio línea. La fuente es entonces una fuente de puntos o lineal. Es posible utilizar como componentes de focalización 404, 406 lentes con superficies esféricas o en algunos casos incluso lentes cilíndricas. De manera correspondiente, 10 la segunda parte de tratamiento de la radiación óptica 110 puede comprender componentes ópticos 504, 506, y un componente dispersivo 500 que divide el sistema de línea de punto focal 1200 en la dirección de la normal de la superficie 116 que se está midiendo.

Cada longitud de onda utilizada en la medición puede ser dirigida al objeto que se está midiendo 114 simultáneamente o en momentos diferentes. Las longitudes de onda pueden ser dirigidas al objeto que se está 15 midiendo 114 en pequeños grupos (o bandas) o una longitud de onda cada vez. Cada longitud de onda o banda de longitud de onda se pueden formar usando filtros, reemplazables o ajustables adecuados, o la banda de la fuente óptica puede ser barrida sobre la banda de medición. Por ejemplo, una banda de LED puede ser de 20 nm y puede ser barrida sobre la banda de medición que puede ser de 500 a 650 nm. La longitud de onda monocromática de un láser también puede ser barrida sobre docenas o cientos de nanómetros, por ejemplo.

20 La fuente óptica 104 puede comprender una lámpara incandescente, una lámpara de descarga de gas, una lámpara halógena, un LED, o un láser con longitud de onda ajustable, etc. La fuente óptica 104 puede comprender también una fibra óptica, en cuyo caso la unidad real que genera la radiación óptica puede estar lejos de la primera unidad de tratamiento de la radiación óptica 106 y del objeto que se está midiendo 114.

El detector 108 puede comprender a su vez cualquier dispositivo de formación de un espectro, por ejemplo, un 25 espectrógrafo. En la solución de la figura 8, el detector también puede comprender un diodo PIN, un APD (fotodiodo de avalancha), una LDR (resistencia dependiente de la luz), un tubo fotomultiplicador, una célula de CCD (dispositivo de carga acoplada), una célula de CMOS (semiconductor complementario de óxido metálico), un pirodetector u otros dispositivos similares. El detector 108 puede comprender también una fibra con la que se puede transferir la radiación óptica a la unidad de detección real.

30 La figura 13 muestra un diagrama de flujo de un método para determinar la superficie de un objeto que se está midiendo. En la etapa 1300, diferentes longitudes de onda de radiación óptica son dirigidas a un objeto que se está midiendo 114 desde una dirección que difiere de la normal 118 de una superficie que se está midiendo 116, de tal manera que las diferentes longitudes de onda se enfocan en diferentes alturas en la dirección de la normal 118 de la superficie que se está midiendo 116. En la etapa 1302, la radiación óptica reflejada por el objeto que se está 35 midiendo 114 puede ser polarizada en una dirección perpendicular a la normal 118 de la superficie que se está midiendo 116. En la etapa 1304, la radiación óptica con luz polarizada es recibida al menos desde la dirección de la reflexión especular que difiere de la normal 118 de la superficie que se está midiendo 116. En la etapa 1306, la longitud de onda en la que la intensidad de la radiación óptica recibida es la más alta se determina a partir de la radiación óptica recibida. En la etapa 1308, la localización de la superficie 116 del objeto que se está midiendo 114 40 es determinada por medio de la longitud de onda determinada.

La figura 14 muestra un diagrama de flujo de un método para determinar el grosor de un objeto que se está midiendo. En la etapa 1400, diferentes longitudes de onda de radiación óptica son dirigidas a un objeto que se está midiendo 114 desde una dirección que difiere de la normal 118 de una primera superficie que se está midiendo 116, 45 de tal manera que las diferentes longitudes de onda se enfocan en diferentes alturas en la dirección de la normal 118 de la superficie que se está midiendo 116. En la etapa 1402, la radiación óptica reflejada por el objeto que se está midiendo 114 puede ser polarizada en una dirección perpendicular a la normal 118 de la primera superficie 116 que se está midiendo. En la etapa 1304, la radiación óptica polarizada es recibida al menos desde la dirección de la reflexión especular que difiere de la normal 118 de la primera superficie 116 que se está midiendo. En la etapa 1406, la longitud de onda en la que la intensidad de la radiación óptica recibida es la más alta, es determinada a partir de la radiación óptica recibida. En la etapa 1408, la localización de la superficie que se está midiendo 116 es determinada por medio de la longitud de onda determinada. En la etapa 1410, las diferentes longitudes de onda de radiación óptica son dirigidas al objeto que se está midiendo 14 desde una dirección que difiere de la normal 118B de una segunda superficie que se está midiendo 116B, de tal manera que las longitudes de onda diferentes son dirigidas a diferentes alturas en la dirección de la normal 118B de la segunda superficie que se está midiendo 116B. 55 En la etapa 1412, la radiación óptica reflejada por el objeto que se está midiendo 114 puede ser polarizada en una dirección perpendicular a la normal 118B de la segunda superficie que se está midiendo 116B. En la etapa 1414, la radiación óptica polarizada es recibida al menos desde la dirección de la reflexión especular que difiere de la normal 118B de la segunda superficie que se está midiendo 116B. En la etapa 1416, la longitud de onda en la que la intensidad de la radiación óptica recibida es la más alta es determinada a partir de la radiación óptica recibida. En la 60 etapa 1418, la localización de la segunda superficie que se está midiendo 116B es determinada por medio de la

longitud de onda determinada. En la etapa 1420, el grosor del objeto que se está midiendo 114 es determinado por medio de las localizaciones determinadas de las superficies 116, 116B.

Aunque la invención se ha descrito más arriba con referencia a los ejemplos de acuerdo con los dibujos adjuntos, es evidente que la invención no se limita a los mismos, sino que se puede modificar de muchas maneras dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

5

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de medición para determinar la superficie de un objeto que se está midiendo (116) utilizando radiación óptica, comprendiendo el dispositivo de medición una parte de transmisor (100) y una parte de receptor (102) que están separadas una de la otra, y
 - 5 la parte de transmisor (100) comprende una fuente óptica (104); una primera parte de tratamiento de la radiación óptica (106) en una unidad de tratamiento de la radiación óptica (112);
 - 10 estando dispuesta la primera parte de tratamiento de la radiación óptica (106) para dirigir la radiación óptica al objeto que se está midiendo (114); comprendiendo la primera parte de tratamiento de la radiación óptica (106) un componente dispersivo (400) que está dispuesto para dispersar cromáticamente la radiación óptica dirigida al objeto que se está midiendo (114) en una dirección no axial;
 - 15 comprendiendo la primera parte de tratamiento de la radiación óptica (106) un primer componente de focalización (408) que está dispuesto para enfocar las diferentes longitudes de onda de la radiación óptica no dispersa axialmente en diferentes alturas en la dirección de la normal (118) de la superficie (116) del objeto que se está midiendo (114); y
 - 20 comprendiendo la parte de receptor (102) una segunda parte de tratamiento de la radiación óptica (110) en la unidad de tratamiento de la radiación óptica (112), estando configurada la segunda parte de tratamiento de la radiación óptica (110) para combinar distintas longitudes de onda de la radiación óptica que se puede reflejar del objeto que se está midiendo (114); un detector (108) para el cual la segunda parte de tratamiento de la radiación óptica (110) de la unidad de tratamiento de la radiación óptica (112) se encuentra dispuesta para dirigir la radiación óptica que puede ser recibida desde el objeto que se está midiendo (114) por lo menos desde la dirección de reflexión especular diferente de la dirección de la normal (118) de la superficie que se está midiendo (116);
 - 25 una unidad de tratamiento de señales (124) dispuesta para determinar a partir de la radiación óptica detectada en base a la señal proporcionada por el detector (108), la longitud de onda en la que la intensidad de la radiación óptica es la más alta y para determinar la localización de la superficie que se está midiendo (116) utilizando la longitud de onda determinada.
 - 30 2. Un dispositivo de medición de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el dispositivo de medición comprende al menos un polarizador (120, 122, 302), y el al menos un polarizador (120, 122, 302) está dispuesto para polarizar la radiación óptica reflejada por el objeto que se está midiendo (114) en una dirección perpendicular a la normal (118) de la superficie que se está midiendo (116).
 - 35 3. Un dispositivo de medición de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unidad de tratamiento de la radiación óptica (112) comprende, además, un reflector (300) y un divisor de haz direccional (302);
 - 40 la segunda parte de tratamiento de la radiación óptica (110) está dispuesta para dirigir la radiación óptica reflejada por el objeto que se está midiendo (114) al reflector (300) que está dispuesto para reflejar la radiación óptica reflejada por el objeto que se está midiendo (114) de retorno al objeto que se está midiendo (114) a través de la segunda parte de tratamiento de la radiación óptica (110) que está dispuesta para dirigir diferentes longitudes de onda de radiación óptica al objeto que se está midiendo (114) desde una dirección que difiere de la normal (118) de la superficie que se está midiendo (116), de tal manera que las diferentes longitudes de onda se enfoquen en diferentes alturas en la dirección de la normal (118) de la superficie que se está midiendo (116), mientras que una longitud de onda se enfoca en la superficie que se está midiendo (116);
 - 45 la primera parte de tratamiento de la radiación óptica (106) está dispuesta para dirigir la radiación óptica reflejada por el objeto que se está midiendo (114) hacia la fuente óptica (104); y el divisor de haz direccional (302) está dispuesto para dirigir al menos parte de la radiación óptica dirigida hacia la fuente óptica (104) al detector (108).
 4. Un dispositivo de medición de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el divisor de haz (302) está dispuesto para actuar como un polarizador.
 - 50 5. Un dispositivo de medición de acuerdo con la reivindicación 1, en el que

la segunda parte de tratamiento de la radiación óptica (110) comprende un segundo componente dispersivo (500) que está dispuesto para combinar las longitudes de onda propagadas a lo largo de diferentes trayectorias ópticas del objeto que se está midiendo (114); y

5 la segunda parte de tratamiento de la radiación óptica (110) comprende un segundo componente de focalización (508) que está dispuesto para enfocar la radiación óptica.

6. Un dispositivo de medición de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el segundo componente de focalización (508) está dispuesto para enfocar la radiación óptica dispersa no axialmente reflejada por el reflector (300) en diferentes alturas en la dirección de la normal (118) de la superficie que se está midiendo (116).

10 7. Un dispositivo de medición de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el detector (108) es un detector de línea con una longitud de onda diferente de la radiación óptica no dispersa dirigida a cada uno de sus elementos.

8. Un dispositivo de medición de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unidad de tratamiento de señales (124) está dispuesta para modular la fuente óptica (104) y demodular la señal procedente del detector (108), que corresponde a la radiación óptica detectada.

15 9. Un dispositivo de medición de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el detector (108) comprende una primera parte de detector (802), una segunda parte de detector (804), un divisor de haz del detector (800), un primer filtro (806), y un segundo filtro (808);

la respuesta del primer filtro (806) se dispone para que sea diferente de la del segundo filtro (808) en la banda de medición;

20 el divisor de haz del detector (800) está dispuesto para distribuir la radiación óptica reflejada por el objeto que se está midiendo (114) de tal manera que parte de la radiación óptica se dirija a la primera parte de detector (802) a través del primer filtro (806) y parte de la misma se dirija a la segunda parte de detector (804) a través del segundo filtro (808); y

25 la unidad de tratamiento de señales (124) está dispuesta para determinar a partir de la relación de las radiaciones ópticas detectadas por la primera (802) y segunda (804) partes de detector, la longitud de onda con la intensidad más alta.

30 10. Un dispositivo de medición para medir el grosor de un objeto que se está midiendo (114), comprendiendo el dispositivo de medición el dispositivo de medición de la reivindicación 1 con el propósito de medir una primera superficie del objeto que se está midiendo (116) y comprende el dispositivo de medición de la reivindicación 1 con el propósito de medir un segundo lado del objeto que se está midiendo (116B).

35 11. Un dispositivo de medición de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el dispositivo de medición comprende al menos un polarizador (120, 122, 302), y el al menos un polarizador (120, 122, 302) está dispuesto para polarizar la radiación óptica reflejada por el objeto que se está midiendo (114) en una dirección perpendicular a la normal (118) de la superficie que se está midiendo (116), y el dispositivo de medición comprende al menos un polarizador del segundo lado (120B, 122B, 302B), y el al menos un polarizador del segundo lado (120, 122, 302) está dispuesto para polarizar la radiación óptica reflejada por el objeto que se está midiendo (114) en una dirección perpendicular a la normal (118) de la segunda superficie que se está midiendo.

40 12. Un método para determinar la superficie de un objeto que se está midiendo (116) por medio de radiación óptica, comprendiendo el método

dispersar por medio de un componente dispersivo (400) de una primera parte de tratamiento de la radiación óptica (106), la radiación óptica dirigida al objeto que se está midiendo (114), cromáticamente en una dirección no axial;

45 enfocar por medio de un primer componente de focalización (408) de una primera parte de tratamiento de la radiación óptica (106), las diferentes longitudes de onda de la radiación óptica dispersa no axialmente en diferentes alturas en la dirección de la normal (118) de la superficie (116) del objeto que se está midiendo (114);

recibir (1304) la radiación óptica al menos desde la dirección de la reflexión especular que difiere de la normal (118) de la superficie que se está midiendo (116);

50 combinar por medio de una segunda parte de tratamiento de la radiación óptica (110) en una unidad de tratamiento de la radiación óptica (112), diferentes longitudes de onda de la radiación óptica reflejada por el objeto que se está midiendo (114);

dirigir por medio de la segunda parte de tratamiento de la radiación óptica (110) de la unidad de tratamiento de la radiación óptica (112), la radiación óptica a un detector (108) que puede ser recibida desde el objeto que se

está midiendo (114) por lo menos desde la dirección de la reflexión especular diferente de la dirección de la normal (118) de la superficie que se está midiendo (116);

5 determinar (1306) por medio de una unidad de tratamiento de señales (124), a partir de la radiación óptica detectada en base a la señal proporcionada por el detector (108), la longitud de onda en la que la intensidad de la radiación óptica es la más alta y determinar la localización de la superficie que se está midiendo (116) utilizando la longitud de onda determinada.

13. Un método como se ha reivindicado en la reivindicación 12, comprendiendo el método, además, polarizar (1302) la radiación óptica reflejada por el objeto que se está midiendo (114) en una dirección perpendicular a la normal (118) de la superficie que se está midiendo (116).

10

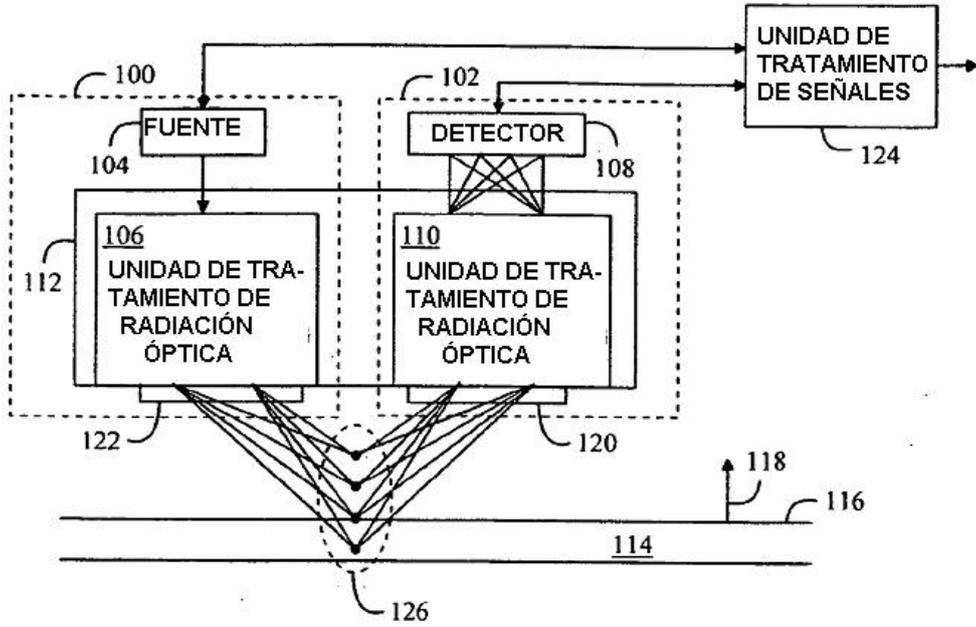


FIG. 1

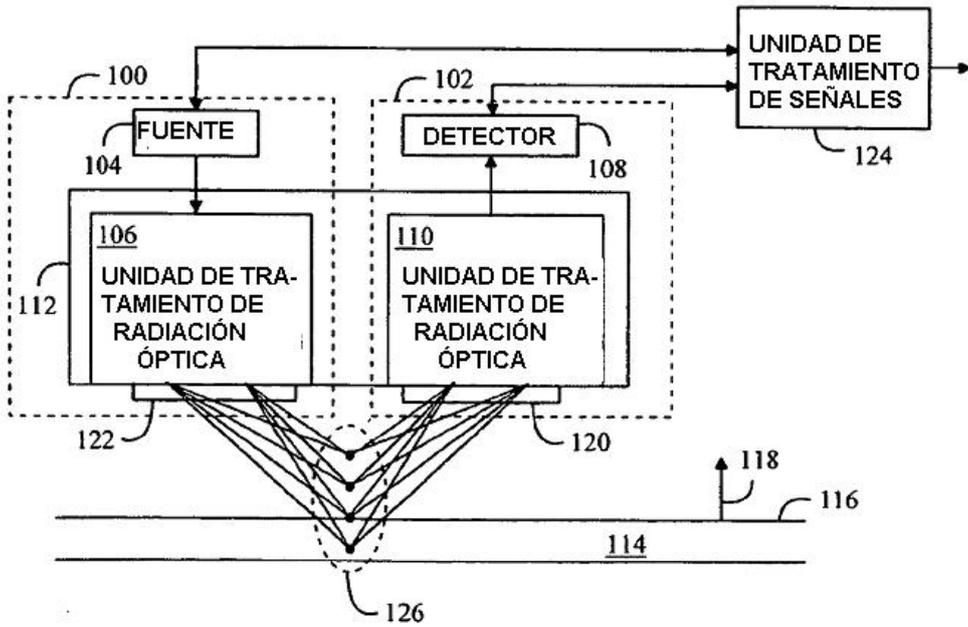


FIG. 2

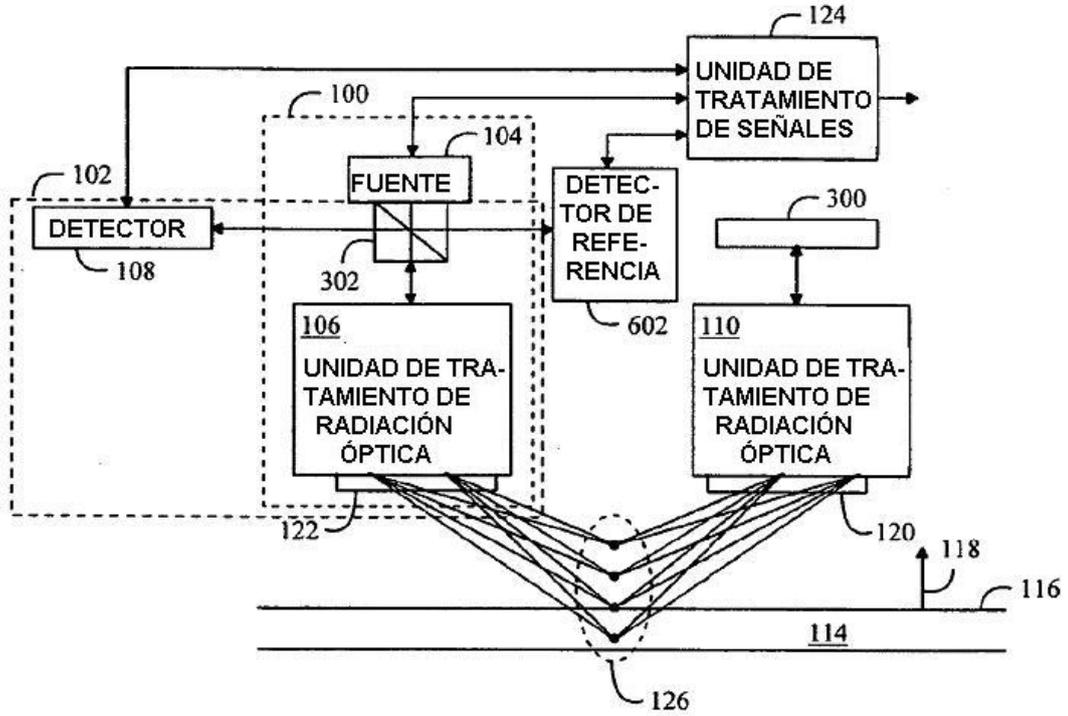


FIG. 3

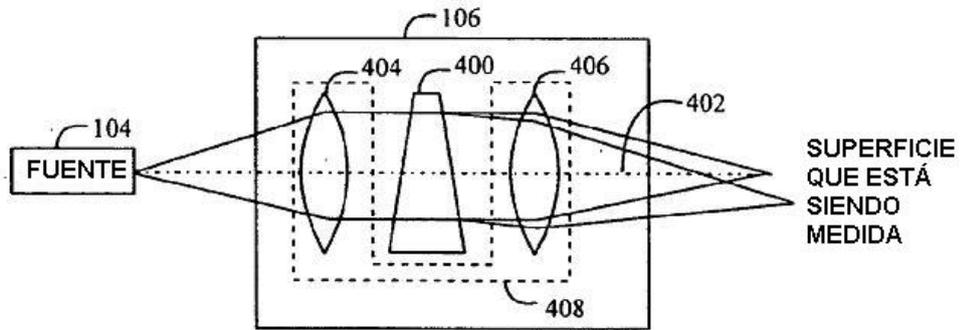


FIG. 4

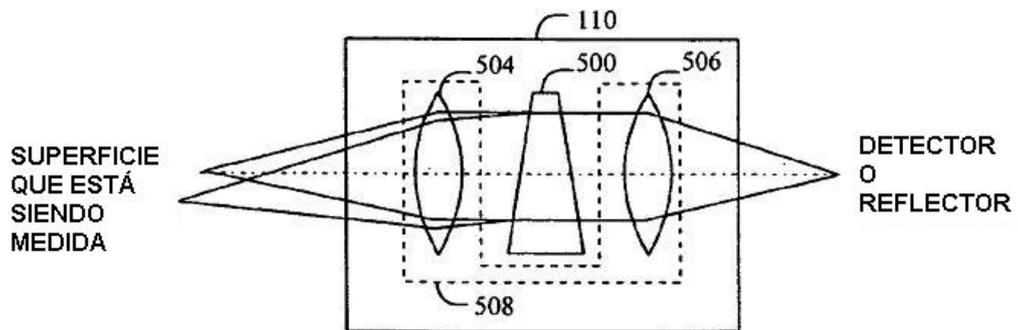


FIG. 5

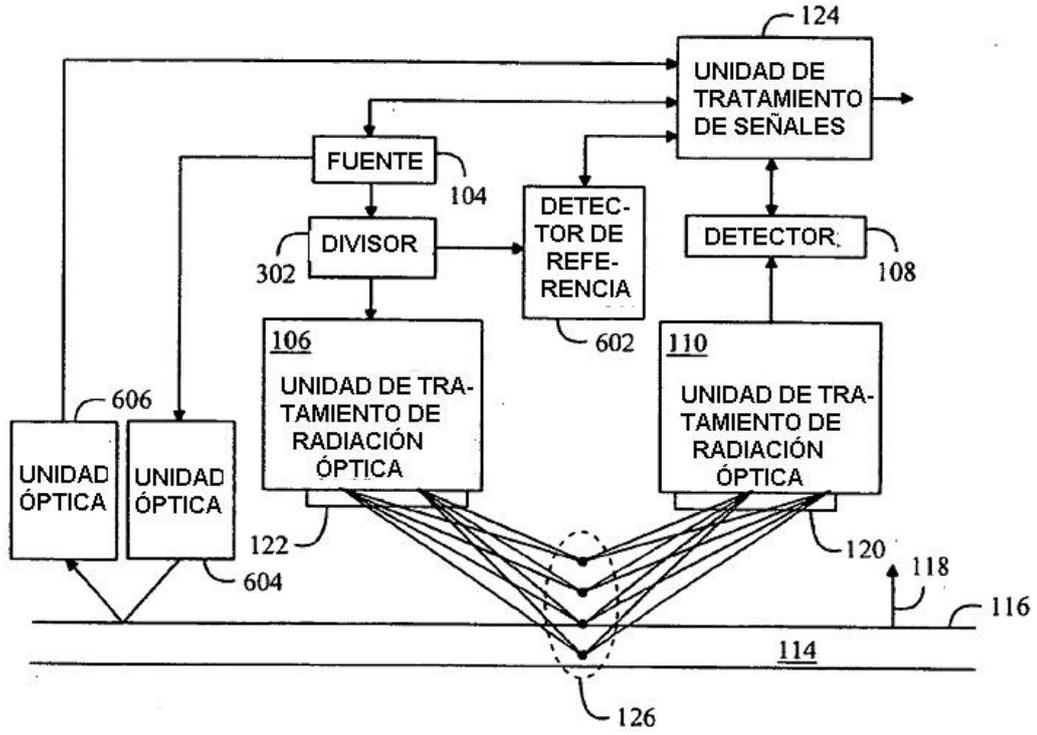


FIG. 6

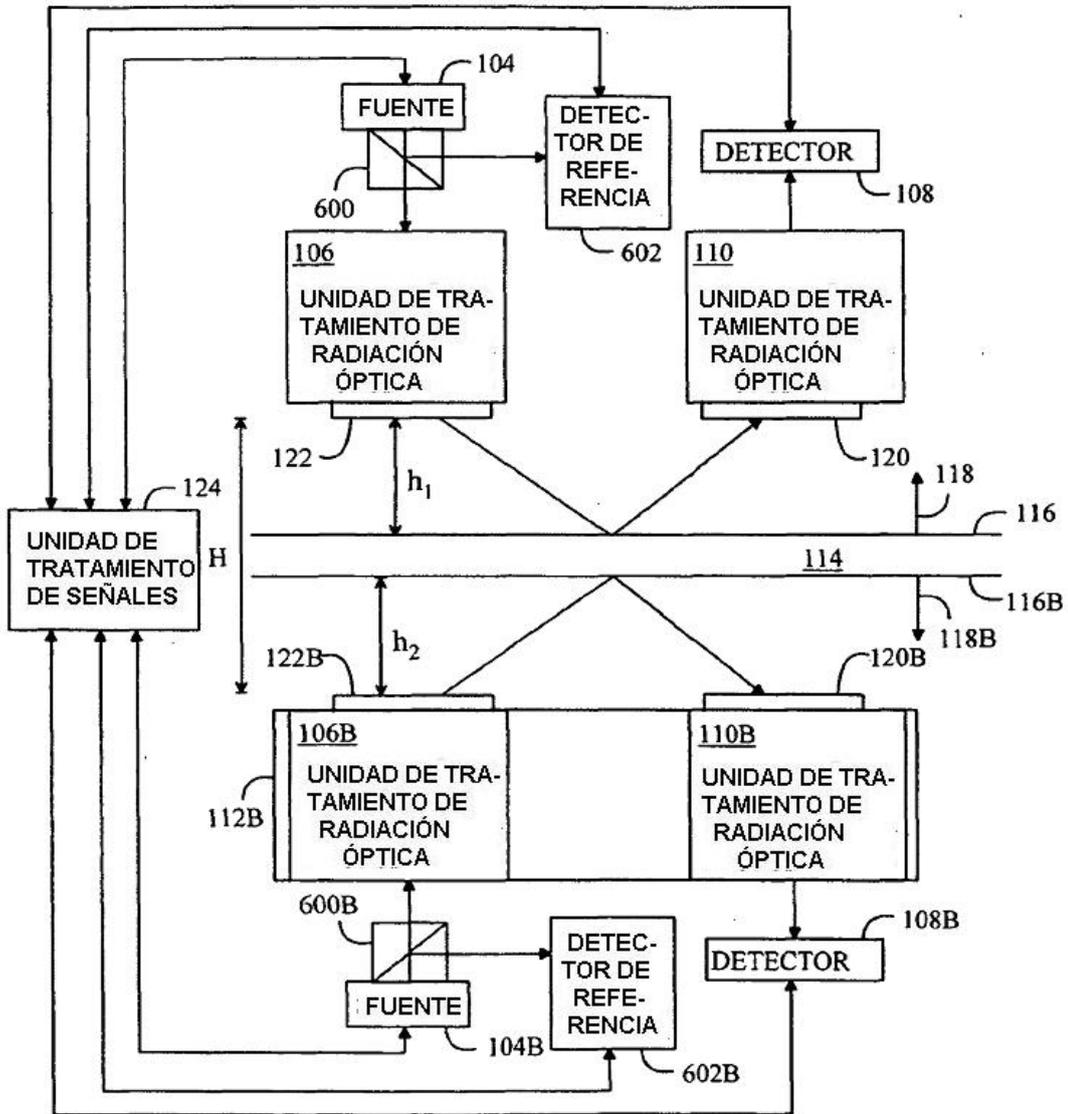


FIG. 7

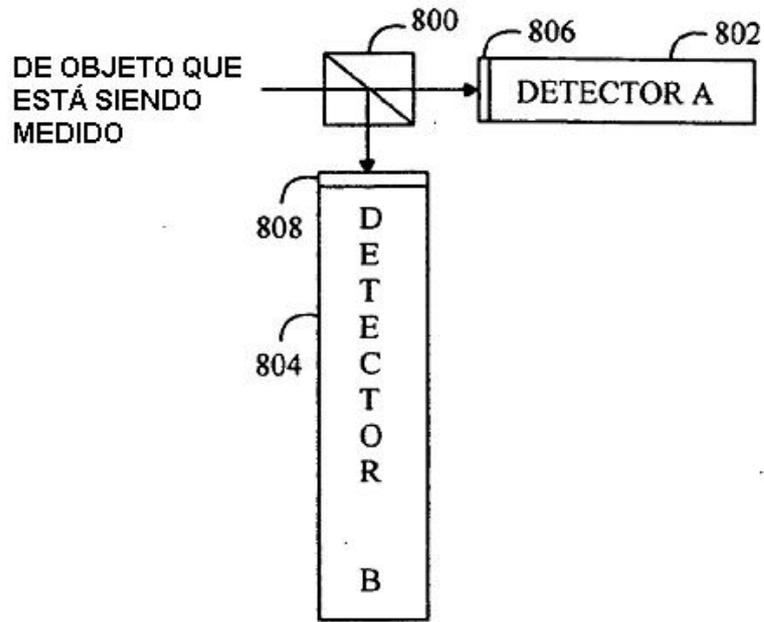


FIG. 8

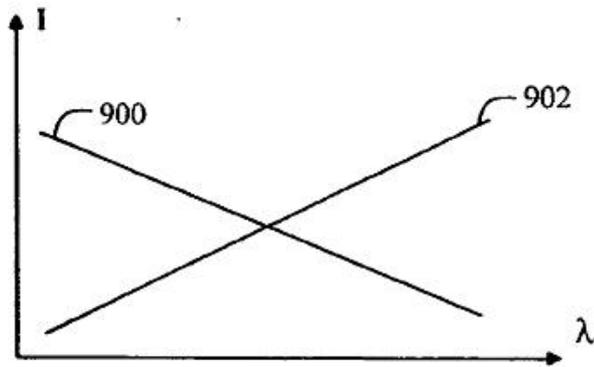


FIG. 9

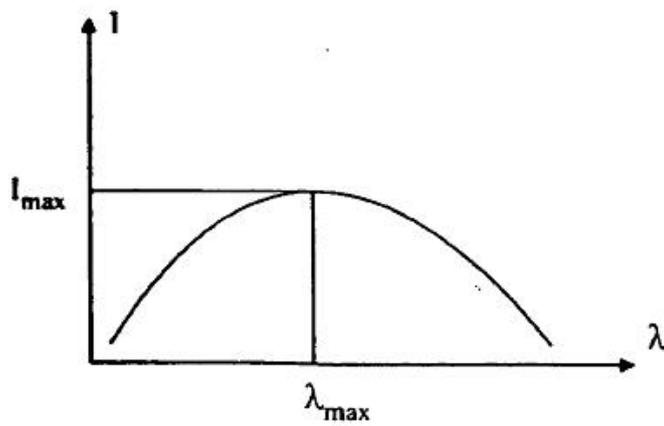


FIG. 10

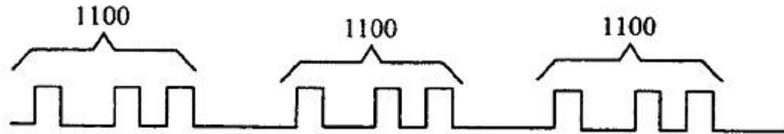


FIG. 11

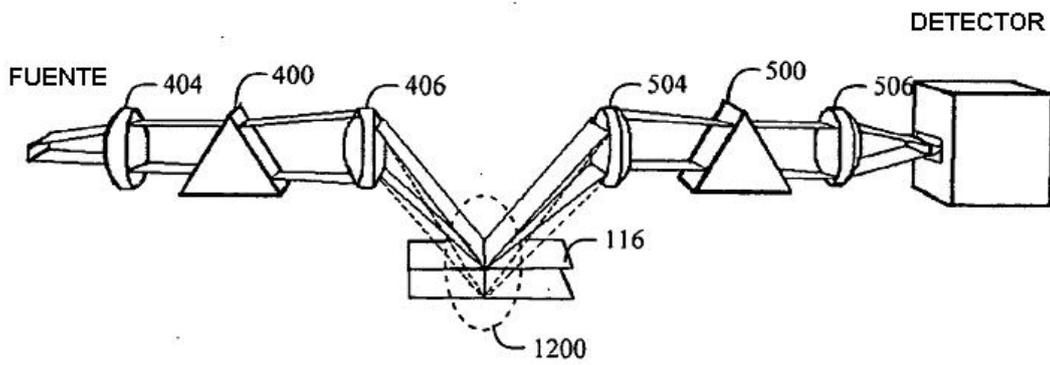


FIG. 12

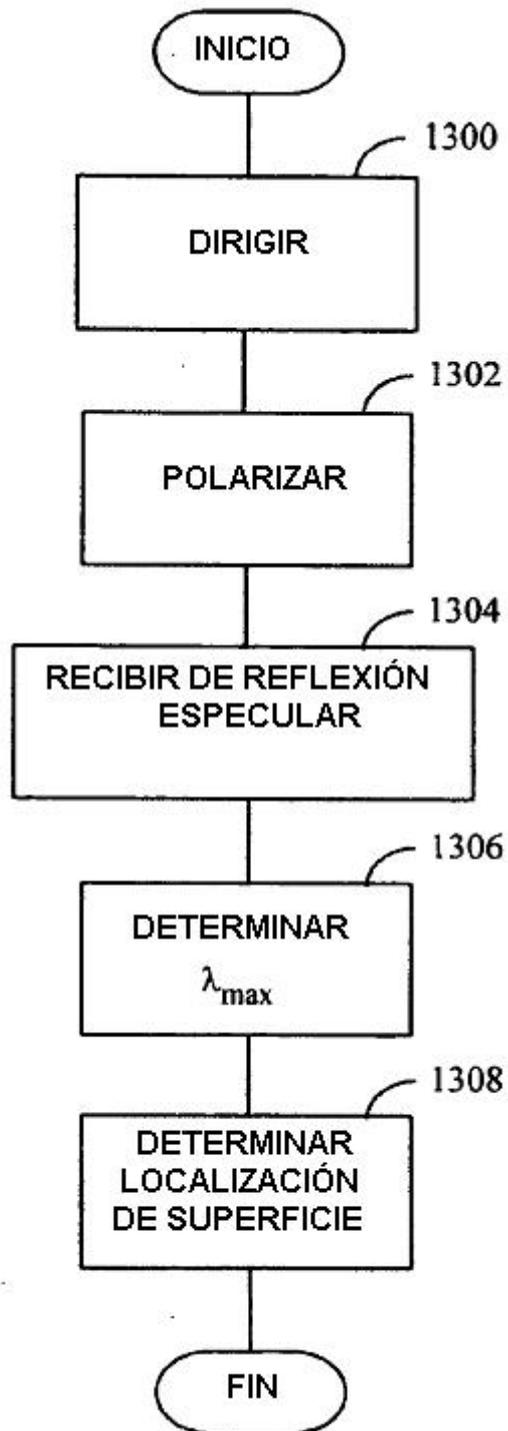


FIG. 13

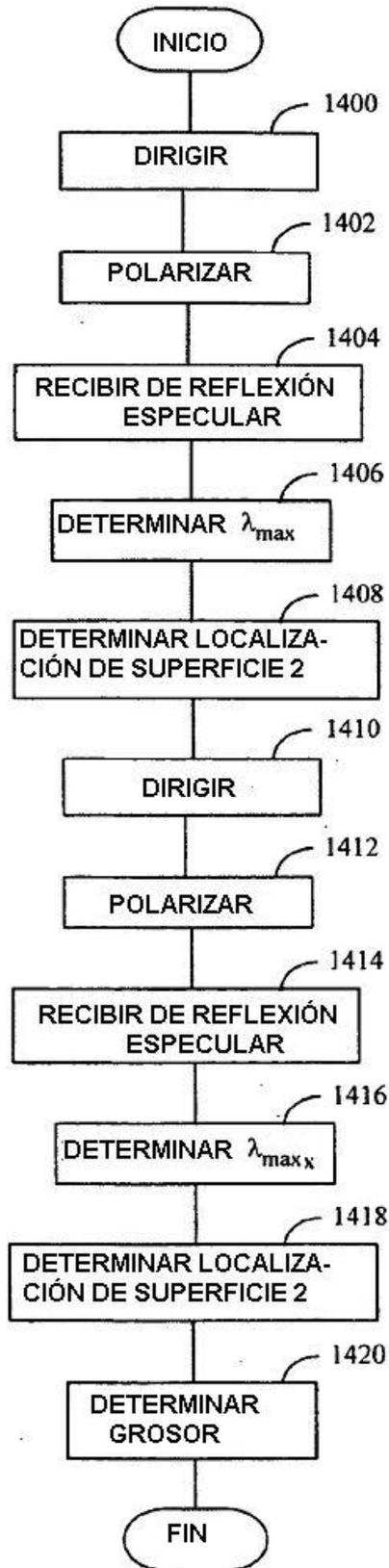


FIG. 14