

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 461**

51 Int. Cl.:

G01B 11/06 (2006.01)

G01N 21/41 (2006.01)

G01N 21/57 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.10.2010 PCT/FI2010/050778**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.04.2011 WO11042606**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2010 E 10821623 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2019 EP 2486392**

54 Título: **Instrumento de medida y método para determinación de las propiedades de un artículo y su superficie**

30 Prioridad:

08.10.2009 FI 20096035

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

19.02.2020

73 Titular/es:

**FOCALSPEC OY (100.0%)
Elektroniikkatie 13
90590 Oulu, FI**

72 Inventor/es:

**NIEMELÄ, KARRI y
KERÄNEN, HEIMO**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 743 461 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

Instrumento de medida y método para determinación de las propiedades de un artículo y su superficie

Campo técnico de la invención

5 La invención se relaciona con instrumentos de medida y métodos, en particular a aquellos, dirigidos a medir propiedades superficiales de un artículo, tales como brillo, índice de refracción y/o grosor.

Antecedentes de la invención

10 El control sobre propiedades de la superficie de un artículo, tales como, por ejemplo, monitorizar la calidad del papel, metal y diversas superficies de películas, así como el control sobre el grosor de la superficie, es una parte clave durante, por ejemplo, el control de procesos y el control de calidad del producto. Un parámetro bien conocido y utilizado comúnmente para la caracterización de la calidad superficial es un grado de brillo. La medida óptica del brillo superficial se usa comúnmente y está bien documentada, por ejemplo, en el estándar ISO 2813 *"Paints and Varnishes – Determination of specular gloss of non-metallic paint films at 20° 60° and 80°"*. En el presente, por ejemplo en la industria del acero, el grado de brillo se determina principalmente en los laboratorios en el modo denominado fuera de línea, usando un sensor en forma de punta separado. La determinación de parámetros de brillo usando el sensor en forma de punta es lenta y no permite el ajuste en tiempo real del proceso, por ejemplo.

15 También se conocen de la técnica anterior otros sistemas para determinar el brillo de la superficie. Por ejemplo en el documento de patente internacional WO 01/20308 se divulga una solución en donde una luz emitida por una fuente de luz es dirigida hacia la superficie medida de forma que la luz se refleje desde la superficie hasta un detector. El detector, a su vez, mide la intensidad de la luz reflejada y determina un brillo de la superficie sobre la base de la intensidad de la luz reflejada. En la solución divulgada, una sensibilidad del detector puede cambiarse. Un instrumento, a su vez, puede ser calibrado mediante un valor constante programable de forma que se den ciertas unidades de brillo como resultado de la medida.

20 Además, en el documento de patente europea EP 1 407 248 B1 se divulga una solución para medida de brillo superficial, en donde luz emitida por una fuente de luz es colimada y dividida en dos haces diferentes, de los cuales, el primer haz es dirigido por vía del primer espejo hacia la superficie medida y el segundo haz es dirigido a través de un prisma hasta el primer espejo y, más allá, hasta el segundo espejo. El primer haz es reflejado desde la superficie medida hasta el segundo espejo y, más allá, desde allí hasta el detector. El segundo haz se refleja, a través del prisma, hasta el segundo detector. Además, una solución implica el uso de un tercer detector con el fin de formar una señal de referencia.

25 Aún, como una técnica anterior para medir propiedades superficiales se conoce el documento de patente finlandesa FI 119259 B, en el cual se divulga una solución en donde luz emitida hacia la superficie es descentralizada, formado un espectro de forma que diferentes longitudes de onda del espectro enfocan sobre diferentes alturas en la dirección de la normal de la superficie que está siendo medida. En la solución divulgada, sobre la base de una señal del detector, se determina una longitud de onda de emisión en la cual la intensidad de la radiación óptica es la más elevada y la ubicación de la superficie se determina basándose en la longitud de onda medida. Además, de acuerdo con la solución, el grosor de un objeto se puede determinar midiendo la ubicación de planos de las superficies superior e inferior.

30 No obstante, las soluciones conocidas tienen algunos inconvenientes. Por ejemplo, si la superficie que está siendo medida se está moviendo o temblando, una intensidad de luz, reflejada desde la superficie, varía, independientemente del hecho de que el grado de brillo de la superficie sería constante. También podría ocurrir que la luz enfocada desde la fuente de radiación no golpeará el sitio apropiado sobre la superficie que está siendo medida con lo cual la intensidad de la luz reflejada podría cambiar. La razón para estos inconvenientes puede ser, por ejemplo, que la distancia y/o ángulo de la superficie temblante con respecto al detector estén cambiando. También, la forma de la superficie puede variar, afectando de este modo a la intensidad de radiación reflejada, independientemente del hecho de que el grado de brillo permanecería inalterado. Por lo tanto, las soluciones divulgadas en la técnica anterior no conducen necesariamente a resultados fiables durante las medidas de propiedades de superficies en movimiento, por ejemplo.

35 Las publicaciones de patentes, francesa FR 2848664, internacional WO 2008/046966 e internacional WO 2009/032094 divulgan soluciones conocidas de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Resumen de la invención

40 Es un objeto de la presente invención implementar una solución tal que los inconvenientes mencionados previamente de una técnica anterior puedan ser disminuidos. En particular, la invención está implicada en resolver cómo monitorizar propiedades tales como brillo, índice de refracción y/o grosor, de superficies en movimiento o temblantes.

55 El objetivo de la invención se satisface mediante las características divulgadas en las reivindicaciones de patente independientes.

El dispositivo de medida de acuerdo con la presente invención está caracterizado por las características de la porción de caracterización de la reivindicación 1 independiente.

El método de medida de acuerdo con la presente invención está caracterizado por las características de la porción de caracterización de la reivindicación 11 independiente.

5 De acuerdo con la invención, propiedades de un objeto y/o su superficie se determinan por medio de radiación óptica de forma que la radiación óptica es emitida hacia la superficie que está siendo medida por medio de al menos una fuente de radiación óptica y una intensidad de radiación reflejada desde la superficie es monitorizada mediante al menos un detector, el cual genera una señal eléctrica proporcional a la intensidad de radiación. De acuerdo con la
10 invención, la radiación, tal como luz blanca u otra, preferiblemente, de espectro continuo, emitida por una fuente óptica, se divide en diferentes longitudes de onda. Las longitudes de onda son enfocadas entonces sobre un objeto que está siendo medido en una dirección, que difiere de la normal de la superficie que está siendo medida, de forma que al menos las longitudes de onda más corta y más larga de dichas longitudes de onda enfocarían sobre diferentes lados y a diferentes alturas de la superficie del objeto medido, en la dirección de la normal de la superficie que está siendo medida. Por ejemplo, las longitudes de onda del espectro rojo pueden ser enfocadas sobre el plano
15 de la superficie superior y las longitudes de onda del espectro azul sobre el plano de la superficie inferior del objeto que está siendo medido.

De acuerdo con la invención, se puede siempre estar seguro de que al menos alguna de las longitudes de onda situadas entre la más larga y la más corta de un espectro enfocarán, sustancialmente, sobre la superficie de un objeto que está siendo medido, incluso si la forma de la superficie y, por lo tanto, la ubicación y la distancia con respecto al detector no fueran constantes sino que cambiaran debido al movimiento o temblor de la superficie. Aún,
20 de acuerdo con la invención, un valor de intensidad, el más fuerte, que corresponde a un rayo óptico reflejado desde una superficie de un objeto, siempre puede ser definido, porque los valores de intensidad de los rayos enfocados sobre otro sitio son esencialmente más pequeños que aquellos que son reflejados desde la superficie de un objeto. Además, de acuerdo con la invención, puede determinarse una longitud de onda de un rayo óptico que genera el
25 valor de intensidad más fuerte.

El brillo superficial afecta a una intensidad de un rayo óptico reflejado desde la superficie de forma que cuanto más brillante es la superficie mayor es el valor de la intensidad de un rayo reflejado desde la superficie y, en consecuencia, cuanto más borrosa es la superficie, menos brilla y, por lo tanto, más débil es la intensidad de un rayo reflejado desde la superficie. Además, también los rayos ópticos emitidos desde diferentes fuentes ópticas pueden
30 tener intensidades características diferentes; y, a través de las cuales, de acuerdo con una realización de la invención, se conoce una intensidad característica para cada longitud de onda o, al menos para una banda de longitudes de onda que comprende algunas longitudes de onda. De acuerdo con alguna realización de la invención, un grado de brillo de una superficie puede determinarse definiendo el valor de intensidad más elevado de luz reflejada hasta el detector (que corresponde al rayo enfocado sobre la superficie y reflejado desde ella) y la longitud
35 de onda de dicho rayo y comparando después, por ejemplo, con valores de intensidad característicos de dichas longitudes de onda.

De acuerdo con la invención, una radiación óptica reflejada desde la superficie medida hacia, sustancialmente, la dirección de la reflexión especular, es capturada por el detector, en donde la dirección de la reflexión especular difiere de la dirección de la normal de la una superficie que está siendo medida. La radiación reflejada representa,
40 sustancialmente, aquella longitud de onda cuyo punto de enfoque golpea la superficie de un objeto.

A partir de la señal eléctrica generada por el detector, cuya señal es proporcional a la intensidad de la radiación, se determina entonces un grado de brillo, el cual caracteriza el brillo de la superficie del objeto basándose en el valor de la intensidad de esa longitud de onda, cuyo el punto de enfoque estaba situado sobre la superficie que está siendo
45 medida y cuya la longitud de onda era la más fuerte reflejada desde ese punto hasta el detector en la geometría especular.

El detector, preferiblemente, está ensamblado de forma que pueda diferenciar valores de intensidad de la radiación óptica dirigida hasta él y, al menos, ciertas bandas de longitudes de onda. Los valores de intensidad pueden determinarse, por ejemplo, por medio de la tensión generada por el detector y la longitud de onda puede determinarse basándose en los datos sobre qué sitio del detector (por ejemplo, un detector multicanal en línea) es
50 golpeado por un rayo óptico correspondiente a una longitud de onda particular. El detector puede ser, por ejemplo, un detector basado en técnica CCD o CMOS.

De acuerdo con una realización de la invención, también pueden usarse dos detectores separados como dispositivo de monitorización para la radiación óptica reflejada desde la superficie de forma que la luz reflejada desde la superficie se divide para dos detectores diferentes por medio de un filtro óptico cuya capacidad de penetración
55 cambia, por ejemplo, aumenta o disminuye, como una función de una longitud de onda. En este caso, pueden separarse al menos dos longitudes de onda o bandas de longitudes de onda diferentes para dos detectores diferentes y el foco de la intensidad pico es proporcional a la razón:

$$\lambda_p \sim \frac{S_1 - S_2}{S_1 + S_2}$$

donde S_1 y S_2 son señales emitidas desde los detectores 1 y 2.

Un grado de brillo G_0 que caracteriza el brillo de la superficie de un objeto que está siendo medido puede determinarse a partir de la ecuación siguiente:

$$G_0 = \frac{G_B - G_A}{\varphi_B - \varphi_A} \varphi_0 + \frac{G_A \varphi_B - G_B \varphi_A}{\varphi_B - \varphi_A}$$

en donde φ_0 es una intensidad medida por un detector (valor en escala de grises de píxeles); G_A y G_B son el grado de brillo de primera y segunda referencias; y φ_A y φ_B son valores de intensidad correspondientes a estas últimas.

De acuerdo con una realización de la invención, mediante un conjunto de la presente invención, además del grado de brillo, puede determinarse la ubicación de la superficie de un objeto que está siendo medido en conexión con la medida de un grado de brillo. En este caso, se conoce una distancia hasta, o una ubicación de, puntos de enfoque para longitudes de onda, por ejemplo, con respecto a algún punto de referencia, por ejemplo hasta una distancia perpendicular hacia abajo medida desde la parte superior del detector. De acuerdo con la invención, la ubicación de la superficie de un objeto medido se define, entonces, determinando la longitud de onda a la cual el valor de la intensidad de una luz reflejada es el más fuerte. Cuando se determina la longitud de onda, y se conoce una distancia hasta el punto de enfoque en cada longitud de onda con respecto a un punto de referencia, entonces puede determinarse la ubicación de la superficie.

De acuerdo con algún ejemplo, por ejemplo, longitudes de onda de 450-650 nm visibles al ojo humano pueden extenderse hasta, por ejemplo, una zona z de 1 mm, es decir, con respecto a la dirección de la normal de la superficie. Cuando se usa como punto de consigna de medida, por ejemplo, un dispositivo de carga acoplada (CCD) con una matriz de 1000x1000 píxeles, correspondiendo 1 píxel a 0,2 mm, y cuando los 200 nm mencionados anteriormente se extienden hasta el área de 1000 píxeles, la resolución en píxeles es 1 micrómetro para una zona z de 1 mm. Entonces, definiendo la ubicación de una radiación óptica dirigida hasta el detector, por ejemplo, mediante cálculo de intensidad pico, es posible con ciertas soluciones alcanzar incluso una precisión de 0,1 píxel la cual corresponde a la precisión en altura de 0,1 μm con respecto a la dirección de la normal de la superficie.

En otras palabras, la ubicación de la superficie de un objeto se determina usando una longitud de onda de valor de intensidad más fuerte reflejada desde la superficie, comparándolo con una distancia de un punto de enfoque para dicha longitud de onda desde algún punto de referencia. De acuerdo con la invención, una ubicación de una superficie que está siendo medida puede definirse, usando un punto de consigna mencionado anteriormente, incluso con una tasa de precisión de 0,1 μm en algunos puntos de referencia. Debería puntualizarse, no obstante, que los valores numéricos mencionados anteriormente son sólo ejemplos y están insinuados para dar una idea promedio de una invención a los expertos en la técnica; pero estos valores no están insinuados para limitar la invención de ninguna manera y la invención puede ser adaptada para la utilización de otras longitudes de onda, mucho más cortas o más largas, tales como, por ejemplo, luz ultravioleta o infrarroja.

De acuerdo con alguna realización de la invención, además de la determinación del grado de brillo y la ubicación de la superficie, la invención puede también aplicarse para la medida del grosor de un objeto, en donde el objeto es, al menos parcialmente, transparente para una radiación óptica. Un objeto puede ser, por ejemplo, una película que comprenda al menos dos superficies sustancialmente paralelas entre sí, la superior y la inferior. De acuerdo con la realización, por ejemplo, pueden ser enfocadas al menos las longitudes de onda más corta y más larga del espectro de las longitudes de onda se extienden de forma que las superficies superior e inferior de un objeto permanezcan entre los puntos de enfoque para dichas longitudes de onda (por ejemplo entre los extremos azul y rojo del espectro).

De acuerdo con una cierta realización de la invención, un grosor de un objeto puede determinarse entonces de forma que sean recibidas las longitudes de onda reflejadas desde ambas superficies. Para un objeto muy delgado, tal como una película, las longitudes de onda reflejadas desde los planos de las superficies superior e inferior están tan cerca que no puede ser separados necesariamente como dos picos de intensidad diferente (depende de la resolución del detector) sino que en cambio se detectan como un único pico ancho. En este caso, el grosor de un objeto puede determinarse por medio de la función de anchura a media altura (DMA) de un pico de intensidad o señal, por ejemplo, calculando una varianza de la señal.

Una señal tiene una denominada "anchura característica", la cual es característica para medidas ópticas. La anchura característica es directamente proporcional a cuán ancha es la zona z dentro de la cual se extiende el espectro, así como directamente proporcional a cuán ancha es la ranura de entrada de las ópticas y, también, inversamente proporcional a la abertura numérica (NA) de iluminación. La anchura característica de una señal puede medirse mediante determinación, por ejemplo, de una anchura a media altura de una señal reflejada desde la superficie reflectante perfectamente brillante (tal como un espejo óptico). Cuando el rayo óptico penetra la película

transparente también dentro de la película, en principio, se obtienen en el detector dos señales, de las cuales una es causada por la luz reflejada desde el plano de la superficie superior y la otra por la luz reflejada desde el plano de la superficie inferior. Cuando la película es suficientemente delgada, los picos de intensidad causados por estos rayos se mezclan entre sí lo cual hace que un valor de anchura a media altura de una señal emergida se ensanche, en donde un valor DMA de una señal es directamente proporcional al grosor de la película.

De acuerdo con otra realización de la invención, si un objeto es suficientemente grueso o, como alternativa, una resolución de un detector es suficiente, entonces, los picos de intensidad elevados reflejados desde las superficies superior e inferior de un objeto pueden ser separados como individuales, con lo cual también las longitudes de onda correspondientes a dichas intensidades, y, después, por medio de dichas longitudes de onda, pueden determinarse las ubicaciones de una superficie del objeto, desde las cuales son reflejadas las longitudes de onda. Basándose en las ubicaciones de las superficies, puede determinarse un grosor de un objeto.

De acuerdo con otra realización de la invención, en particular en el caso de usar un detector con resolución suficiente, también pueden definirse los grosores de objetos multicapa y la distancia entre las capas de objetos multicapa, en donde el objeto multicapa es totalmente o, al menos parcialmente, transparente a la luz irradiada. En ese caso, el espectro de radiación de la fuente de la radiación óptica se divide de forma que un objeto entero y, por lo tanto, todas sus capas permanecen entre los extremos del espectro, como en realizaciones previas. Entonces, se espera que al menos una de las longitudes de onda sea enfocada sobre la superficie de cada una de las capas de un objeto y sea reflejada desde allí hasta el detector. Así, el grosor de la primera capa del objeto puede determinarse por medio de dos primeros picos de intensidad de acuerdo con la realización previa de la invención, el grosor de la segunda capa por medio del tercer y del cuarto picos de intensidad, etc. En consecuencia, los espacios entre capas pueden medirse de forma que, por ejemplo, el primer espacio puede determinarse por medio del segundo y del tercer picos de intensidad o, en otras palabras, por medio de las longitudes de onda reflejadas desde el plano de la superficie inferior de la primera capa y el plano de la superficie superior de la segunda capa.

De acuerdo con una realización de la invención, un grosor de capas diferentes puede determinarse, en circunstancias apropiadas, usando un detector con incluso resolución más grosera basándose en el ensanchamiento de picos de intensidad, como se discutió previamente. En este caso, no obstante, la distancia entre capas debería ser tal que un ensanchamiento del pico de intensidad generado por la primera capa no interfiera demasiado con la radiación reflejada desde la segunda capa y el pico de intensidad generado por ella.

Además, de acuerdo con una cierta realización de la invención, una idea presente puede aplicarse, además de medir un grado de brillo de la superficie de un objeto, a la determinación del perfil de la superficie de un objeto cuando el objeto que está siendo medido y el dispositivo de medida se mueven uno con respecto al otro. Aplicando realizaciones divulgadas previamente, pueden determinarse también más de un perfil de la superficie de un objeto, cuyo objeto es al menos parcialmente transparente, a condición de que o bien una distancia entre planos superficiales sea suficiente o, como alternativa, una resolución del detector usado sea suficientemente elevada.

De acuerdo con aún otra realización de la invención, pueden disponerse varios conjuntos de medida de acuerdo con la invención alrededor de un objeto que está siendo medido, por ejemplo el primer conjunto de medida por encima de la superficie superior del objeto y el segundo conjunto de medida por debajo de la superficie inferior de un objeto, en cuyo caso el primer conjunto de medida puede determinar, por ejemplo, una ubicación de la primera superficie (superior) y el segundo conjunto una ubicación de la segunda superficie (inferior) con respecto a algún punto de referencia. En tal caso, un grosor de un objeto puede calcularse basándose en la ubicación de las superficies. Dichas realizaciones pueden también adaptarse para la determinación del perfil de un objeto, en otras palabras, no sólo para la determinación del perfil de un objeto, combinando los datos de medida del primer y el segundo conjunto de manera apropiada.

Realizaciones de la invención se basan, por lo tanto, en una aberración cromática y una iluminación espectral de un objeto medido o, en otras palabras, en un fenómeno, en donde se hacen refractar diferentes longitudes de onda de luz y también se enfocan sobre diferentes puntos en el espacio. Por ejemplo, las longitudes de onda más cortas del espectro refractan en un grado mayor en una lente en comparación con las longitudes de onda más largas del espectro. La refracción de la luz depende del índice de refracción de una lente u otro objeto refractivo. El índice de refracción depende, por otro lado, de la longitud de onda de la luz; de lo cual se sigue que las diferentes longitudes de onda refractan en ángulos diferentes, en cuyo caso la aberración cromática se observa. Hablando en general, la luz azul refracta más que la roja.

La invención ofrece ventajas significativas en comparación con soluciones conocidas de la técnica anterior, concretamente, medir el grado de brillo de la superficie independientemente del movimiento o vibración de una superficie medida; o cambio en el ángulo de una superficie. Además, la invención posibilita medir el grado de brillo y el grosor y/o perfil de la superficie al mismo tiempo y usando la misma sonda, lo cual no era posible previamente. La invención no está limitada a medidas puntuales del grado de brillo sino que posibilita también medir el perfil de brillo, es decir, la denominada medida de brillo basada en imágenes.

La invención puede aplicarse muy ampliamente, por ejemplo, en los campos de las industrias del papel, el acero y los plásticos, donde la monitorización parámetros del brillo de la superficie es una parte esencial del control de calidad del proceso y el producto. Una ventaja particular es el hecho de que el grado de brillo y el grosor de un

objeto pueden medirse en tiempo real, en conexión, por ejemplo, con el proceso de producción sin ninguna necesidad adicional de realizar medias de laboratorio que consumen tiempo. Además, los resultados obtenidos por la invención pueden usarse para ajuste en tiempo real de los instrumentos de la línea de producción, con lo cual la calidad de un producto final puede ser afectada directamente, no después de medidas realizadas aparte del proceso de producción. Esto tiene un claro impacto tanto en el aseguramiento de calidad del proceso de producción como en la minimización de productos de baja calidad y en la velocidad para introducir medidas requeridas, puesto que los parámetros de control de la fabricación del producto pueden ajustarse en tiempo real.

Algunas realizaciones preferidas de la invención se divulgan en las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

10 A continuación, realizaciones preferidas de la invención se describirán en detalle con referencia a los dibujos que siguen y en donde

la figura 1 ilustra una geometría de medida de brillo de acuerdo con un estándar ISO determinado,

la figura 2a ilustra un ejemplo de conjunto de medida de acuerdo con una realización de la presente invención,

la figura 2b ilustra un ejemplo de dispositivo de medida de acuerdo con una realización de la presente invención,

15 la figura 2c ilustra otro ejemplo de dispositivo de medida de acuerdo con una realización de la presente invención,

la figura 2d ilustra el tercero de los ejemplos de dispositivos de medida de acuerdo con una realización de la presente invención,

la figura 3a ilustra un ejemplo de unidad de procesamiento de radiación óptica de acuerdo con una realización determinada de la presente invención,

20 la figura 3b ilustra otro ejemplo de unidad de procesamiento de radiación óptica de acuerdo con una realización determinada de la presente invención,

la figura 4 ilustra dos ejemplos de señales para la medida del grosor de una película delgada de acuerdo con una realización determinada de la presente invención,

25 la figura 5 ilustra un ejemplo de señal para la medida del grosor de una estructura multicapa transparente de acuerdo con una realización determinada de la presente invención,

la figura 6a ilustra los resultados de una medida de grado de brillo llevada a cabo tanto mediante un dispositivo de medida de acuerdo con la invención como mediante un instrumento comercial, y

la figura 6b ilustra los resultados de otra medida de grado de brillo llevada a cabo tanto mediante un dispositivo de medida de acuerdo con la invención como mediante un instrumento comercial.

30 **Descripción detallada de la invención**

La figura 1 ilustra una geometría 10 de medida de brillo de acuerdo con el estándar ISO 2813 para brillo, en donde el haz óptico 12, generado por una fuente óptica 11, es dirigido mediante un dispositivo 18a de convergencia, por ejemplo una lente, hasta la superficie 19 que está siendo medida. El rayo óptico se refleja desde la superficie 19 hacia la dirección de la geometría especular 16, donde es recogido mediante un dispositivo de convergencia 18b, por ejemplo una lente, hasta el detector 17 de radiación óptica. El detector 17 mide una intensidad del rayo óptico 16 reflejado y determina el grado de brillo de una superficie 19 que está siendo medida, sobre la base de la intensidad del rayo 16.

La figura 2a ilustra un ejemplo de conjunto 100 de medida de acuerdo con una realización determinada de la presente invención en donde un sistema comprende una fuente 101 de radiación óptica, para emitir una radiación óptica 102, tal como una luz espectral blanca u otra de espectro razonablemente continuo, hacia la unidad 108a de procesamiento de la radiación óptica. La unidad 108a de procesamiento de la radiación óptica se ajusta para dividir una luz emitida hasta ella en un espectro 103 de forma que, por ejemplo, la longitud de onda más corta (extremo azul) refracta la que más, de este modo su punto de enfoque, con respecto a la dirección de una normal de una superficie 110 medida, constituye, por ejemplo, el punto 104a; un punto de enfoque para una longitud de onda ligeramente más larga constituye el punto 104b; y de este modo la longitud de onda más larga (roja) refracta la que menos, en cuyo caso su punto de enfoque, con respecto a la dirección de una normal de una superficie 110 medida, constituye el punto 104c.

Una radiación óptica 105, reflejada desde la superficie 109 medida hasta la geometría especular, es recogida por la unidad 108b de procesamiento y es dirigida 106, más allá, hasta la unidad 107 de detección de radiación óptica la cual, a su vez, puede ser ajustada para producir como salida, por ejemplo, una señal eléctrica proporcional a la intensidad del choque del rayo óptico con el mismo. El detector 107 puede determinar también la longitud de onda de dicha intensidad de una manera divulgada en este documento.

Un conjunto de medida comprende, también, medios 111 para determinar el grado de brillo de una superficie del objeto medido sobre la base de una intensidad de un rayo reflejado. Los medios pueden, por ejemplo, conocer de antemano la intensidad característica de la longitud de onda del correspondiente rayo y, con respecto a ella, cómo afecta a la intensidad diferentes superficies, recubrimientos superficiales, geometrías usadas y/o grado de brillo superficial. Basándose en los datos mencionados anteriormente, el conjunto de medida se ajusta, preferiblemente, para determinar el grado de brillo de la superficie del objeto.

Los ángulos de incidencia de la radiación óptica con respecto a la superficie medida, por ejemplo a su normal, pueden cambiar desde unos pocos grados hasta decenas de grados dependiendo del escenario de medida. Un conjunto divulgado, por otro lado, posibilita la explotación de incidencia suficientemente grande y, en consecuencia, ángulos de salida, por ejemplo, iguales a unas pocas decenas de grados, en una medida. Por ejemplo, para una medida de grado de brillo se usan comúnmente muchos ángulos diferentes, también, dichos ángulos grandes. La geometría de medida, preferiblemente, es ajustable.

La figura 2b ilustra un ejemplo de dispositivo 100 de medida de acuerdo con una realización determinada de la presente invención, en donde una radiación óptica, producida por una fuente óptica 101, es dividida en su espectro y es enfocada mediante la unidad 108a de procesamiento de tal manera que, al menos, parte de las longitudes de onda enfoquen 104 por encima de la superficie 109a del objeto medido, la cual está más cerca al dispositivo 100 de medida, y parte por debajo de la superficie 109b.

En el caso representado por la figura 2b, una superficie medida puede ser, por ejemplo, un material sustancialmente transparente a la radiación óptica, en donde, de acuerdo con una de los principios de medida preferidos de la invención, al menos una longitud de onda enfoca sustancialmente al punto de la superficie superior 109a del objeto siendo reflejada desde allí hacia la unidad 108b de procesamiento y, al menos, otra longitud de onda penetra hasta una capa transparente situada entre las superficies 109a y 109b y enfoca a la superficie inferior 109b siendo reflejada desde allí hacia la unidad 108b de procesamiento.

Por medio de una unidad 108b de procesamiento de la radiación óptica diferentes longitudes de onda pueden ser dirigidas hasta los distintos puntos del detector 107a. El detector 107a está, preferiblemente, ajustado para detectar las intensidades más fuertes, las cuales se deben a, en el caso representado en la figura 2b, los rayos reflejados desde las superficies 109a y 109b. Sobre la base de las dos intensidades más fuertes, puede determinarse qué rayos chocan con las superficies 109a y 109b y, por medio de estos rayos, pueden definirse las correspondientes longitudes de onda sobre la base de a qué sitios sobre el detector 107a golpean dichos rayos. En consecuencia, basándose en las longitudes de onda, puede determinarse la distancia de las superficies 109a y 109b a un punto de referencia determinado puesto que la ubicación de un punto de enfoque o una distancia de dichas longitudes de onda con respecto a un punto de referencia se conoce o, al menos, puede calcularse matemáticamente. Además, basándose en el conocimiento de las ubicaciones superficiales, puede determinarse una capa intermedia que permanece entre las superficies, es decir, un grosor de un objeto. En el caso de los rayos reflejados desde las superficies 109a, 109b de objetos delgados tales como, por ejemplo, películas transparentes, son enfocados tan cerca uno del otro en el detector 107a que las señales se mezclan entre sí, de este modo el grosor de la película puede determinarse a partir de un valor de señal de anchura a media altura según se describió previamente en este documento, por ejemplo.

La figura 2c ilustra otro ejemplo de dispositivo de medida 150 de acuerdo con una realización de la presente invención, cuyo principio de medida es por lo demás el mismo que para el dispositivo 100 representado en la figura 2b, excepto en que, como unidad 107b de detección de radiación óptica del instrumento 150, se usan dos detectores separados 107b1 y 107b2 de forma que la luz, reflejada desde la superficie, es dividida para dos detectores separados por medio de, por ejemplo, un espejo semitransparente y usando, por ejemplo, un filtro óptico cuya penetración cambia (por ejemplo, aumenta o disminuye) como una función lineal de una longitud de onda, tal como se representa en el diagrama 152, en donde la filtración del rayo llegado, por ejemplo, al detector 107b1 se muestra por la curva 152a como una función de la longitud de onda y la filtración del rayo llegado al detector 107b2 se muestra por la curva 152b como una función de la longitud de onda. De esta manera, al menos dos longitudes de onda o bandas de longitudes de onda diferentes pueden ser separadas para dos detectores diferentes.

Cuando son detectados mediante ambos detectores en cada una de las longitudes de onda, la potencia (o intensidad) óptica se suman juntas y se divide por la diferencia en la potencia óptica detectada, de esta manera, a partir de la intensidad relativa en lugar de la intensidad relativa mayor se genera tal longitud de onda, la cual es reflejada desde la superficie de un objeto medido. Entonces, el foco de la intensidad pico es proporcional a la relación:

$$h \sim \lambda_p \sim \frac{S_1 - S_2}{S_1 + S_2}$$

en donde h es una distancia superficial desde algún punto de referencia, λ_p es una longitud de onda de rayo reflejado desde la superficie y S_1 y S_2 son señales generadas por los detectores 107b1 y 107b2. El diagrama 154 muestra que la longitud de onda correspondiente al punto de enfoque 104a produjo el valor más elevado, de este modo puede determinarse una ubicación de la superficie 109 por medio de la longitud de onda en cuestión de una manera

descrita previamente en este documento, por ejemplo.

La figura 2d lustra el tercer ejemplo de dispositivo de medida 180 de acuerdo con una realización de la presente invención, en donde una fuente 101 de radiación óptica comprende dos o más fuentes de luz 101a, 101b, ambas forman espectros separados 181, 182 hacia el mismo punto superficial pero a diferentes alturas. Dichas fuentes de luz pueden estar formadas por varias fuentes de luz separadas o estar formadas, por ejemplo, mediante la radiación desde un radiador óptico por medio de un divisor de haz 183, según se muestra en la figura 2d.

Además, un dispositivo de medida 180 de la figura 2d comprende una unidad 107 de detección de radiación óptica, la cual puede comprender unos pocos espectrógrafos 187a, 187b separados, para la detección de rayos emitidos por ambas fuentes de radiación y reflejados desde la superficie del objeto que está siendo medido o, como alternativa, rayos enfocados hacia varios lugares diferentes pueden combinarse mediante el divisor de haces hacia el mismo detector 107. Las unidades 107a, 107b de detección de radiación del dispositivo de medida 180 de la figura 2d están dispuestos, preferiblemente, de forma que midan sustancialmente sólo la intensidad de la radiación desde la denominada fuente de radiación propia, independientemente de las otras. En este caso, una radiación óptica, reflejada desde el mismo lugar de la superficie, es recibida sólo por aquél detector que está enfocado en la misma longitud de onda con su propio transmisor. Cada detector puede tener, por ejemplo, su longitud de onda separada propia a la cual está enfocado el transmisor sobre la superficie medida, de este modo el único par transmisor-receptor está enfocado uno con el otro a la misma longitud de onda.

También es posible que los pares transmisor-receptor tengan entre unos y otros diferentes niveles o direcciones de polarización (pueden disponerse componentes 184a, 184b que cambian el nivel de polarización, por ejemplo, de la manera que se representa en la figura 2d), en cuyo caso el dispositivo de medida 180 puede estar dispuesto para medir dos señales de reflexión que provienen de exactamente el mismo lugar pero las cuales tendrían una relación de polarización diferente entre transmisor y receptor. Por ejemplo:

- transmisor 101a y receptor 107a, en donde la radiación óptica saliente es, por ejemplo, polarizada S y la recepción también es polarizada S; y
- transmisor 101b y receptor 107b, en donde la radiación óptica saliente es, por ejemplo, polarizada P y la recepción también es polarizada P;

También es posible usar variaciones de otro tipo, como por ejemplo:

- transmisor 101a y receptor 107a: radiación óptica saliente es polarizada S y la recepción es polarizada P (o, por ejemplo, polarizada circular, etc.)

Explotando estas diversas combinaciones, es posible medir propiedades de la superficie tales como, por ejemplo, grosor, grado de brillo y/o índice de refracción de una película mediante elipsometría. En particular, debe notarse que el dispositivo de medida de la figura 2d está dispuesto, preferiblemente, para determinar propiedades de la superficie del objeto en dos o más zonas de longitudes de onda, en cuyo caso una salida del detector y detectores está representada por la curva de acuerdo con el diagrama 190. Allí, dos primeros picos 191, 192 son causados por la radiación emitida por la primera fuente óptica, donde el pico 191 es un pico de los rayos reflejados desde la superficie superior del objeto y el pico 192 es un pico de los rayos reflejados desde la superficie inferior del objeto. Además, otros dos picos 193, 194 están causados por la radiación emitida por la segunda fuente óptica, donde el pico 193 es un pico de los rayos reflejados desde la superficie superior del objeto y el pico 194 es un pico de los rayos reflejados desde la superficie inferior del objeto. De esta manera, es posible determinar simultáneamente una altura de la interfaz (superficies superior e inferior) del objeto a dos longitudes de onda diferentes y, si fuera necesario, también con diferente polarización. Una distancia entre las superficies y, en consecuencia, también un grosor de un objeto pueden determinarse a partir de la distancia entre los picos 195, 196.

La figura 3a ilustra un ejemplo de unidad 300a de procesamiento de radiación óptica de acuerdo con una realización determinada de la presente invención, para enfocar diversas longitudes de onda de radiación óptica que vienen de la fuente óptica 101 hasta el objeto medido de otra manera. Una unidad 300a de procesamiento de radiación óptica puede comprender un componente 302 cromáticamente dispersivo el cual está ajustado para dispersar la radiación óptica dirigida hacia la superficie medida no axialmente. De tal manera, una radiación óptica es dispersada por el componente dispersivo 302 en una dirección que se desvía de un eje óptico 301 de la unidad 300a de procesamiento de radiación óptica; de este modo una dispersión, o distribución de longitudes de onda, es dirigida, al menos parcialmente, hacia la dirección de la normal de la superficie medida.

Debería, no obstante, notarse que una dirección de punto de enfoque no necesariamente necesita ser paralela a la dirección de la normal de la superficie, sino que, esas direcciones tengan un componente vectorial común (es decir, los puntos de enfoque no están alineados ni horizontalmente ni a lo largo del eje óptico).

De acuerdo con la solución de la figura 3a, un componente dispersivo 302 está situado entre dos lentes 304, 306 de enfoque. Las lentes 304, 306 forman un componente de enfoque 308.

Una radiación que viene de la fuente óptica entre las lentes puede ser colimada. El componente dispersivo 302 junto con el componente de enfoque 308 pueden enfocar radiación óptica de diferentes longitudes de onda de la fuente

óptica hacia diferentes alturas en la dirección de la normal de la superficie medida. Como componente dispersivo 302 puede estar un prisma o una rejilla o en vez de una lente, o añadidos a ella, pueden usarse espejos de enfoque. Cualquiera de las lentes 304, 306 puede ser sustituida también por combinaciones de lentes, espejos, combinación de espejos o por combinación de éstos.

5 La figura 3b ilustra otro ejemplo de unidad 300b de procesamiento de radiación óptica de acuerdo con una realización de la presente invención, para enfocar radiación óptica, reflejada desde el objeto medido, hasta el detector mediante un componente de enfoque 308, el cual comprende lentes 304 y 306. En este caso, un punto de enfoque de una unidad 300b de procesamiento de radiación óptica puede estar sobre la superficie medida o cerca de ella. Sin un componente dispersivo 302, la profundidad de campo será suficientemente buena en los alrededores de un punto de enfoque.

10 Una unidad 300b de procesamiento de radiación óptica puede comprender, también, un componente dispersivo 500 que elimine la dispersión y posibilite la fusión de las longitudes de onda, desplazadas por diferentes caminos ópticos, dentro del mismo foco. En tal caso, puntos de enfoque situados enfrente de la unidad 300b de procesamiento de radiación óptica, pueden estar en el mismo lugar, a donde una unidad 300a de procesamiento de radiación óptica enfoca diferentes longitudes de onda (véase, por ejemplo, la figura 3a). En tal caso, una reflexión desde la superficie medida prosigue intensamente. Usando un componente dispersivo 302 longitudes de onda separadas por dispersión enfocan detrás de la unidad 300b de procesamiento de radiación óptica hasta el mismo punto de enfoque, por ejemplo hacia el detector, y la detección puede realizarse mediante, por ejemplo, un único elemento detector.

15 Debe notarse que las unidades 300a, 300b de procesamiento de radiación óptica pueden ser idénticas pero los valores de intensidad de las lentes, que aquellas comprenden, y los componentes dispersivos pueden también ser diferentes.

20 La figura 4 ilustra dos ejemplos de señales para la medida del grosor de una película delgada de acuerdo con una realización de la presente invención, en donde la señal 401 representa una anchura de señal característica causada por una longitud de onda única hacia el dispositivo de medida, por ejemplo, durante la medida de una radiación óptica reflejada desde una superficie especular. La otra señal 402 representa el ensanchamiento de longitudes de onda causado por dos longitudes de onda diferentes, cuyo ensanchamiento de longitudes de onda resulta, así, a partir de rayos ópticos diferentes reflejados desde las superficies superior e inferior del objeto, los cuales tienen longitudes de onda diferentes. El grosor del objeto (es decir, la distancia entre sus superficies superior e inferior) puede determinarse, de acuerdo con una realización de la invención, directamente proporcionales al valor de anchura a media altura de la señal 402, según se describe en otro sitio en este documento.

25 La figura 5 ilustra un ejemplo de señal 500 para la medida del grosor de una estructura multicapa transparente de acuerdo con una realización de la presente invención. Aquí, una distancia entre las capas es tal que rayos reflejados desde cualquier interfaz óptica, o al menos desde la superficie entre las capas, se muestran como picos de señal 501, 502, 503, en cuyo caso puede determinarse una ubicación y/o grosor de capas de una manera, de acuerdo con la invención, como la descrita en otro sitio en este documento.

30 La figura 6a ilustra el resultado de una medida de grado de brillo para una muestra de acero pintado llevada a cabo tanto mediante un dispositivo de medida basado en aberración cromática de acuerdo con la invención (diagrama 601) como mediante un instrumento comercial (diagrama 602). Además, la figura 6b ilustra los resultados de la otra medida de grado de brillo para una muestra de acero inoxidable llevada a cabo tanto mediante un dispositivo de medida basado en aberración cromática de acuerdo con la invención (diagrama 603) como mediante un instrumento comercial (diagrama 604). A partir de los diagramas, puede verse que ambos métodos dan resultados muy similares.

35 Hasta aquí se representan sólo alguna de las realizaciones de la solución de acuerdo con la invención. Naturalmente, pueden hacerse modificaciones dentro del alcance definido por las reivindicaciones de patente anexas, por ejemplo, para detalles de implementación y alcance operacional.

45

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de medida (100, 150, 180) para la determinación de una o más propiedades de un objeto medido por medio de una radiación óptica, en donde el dispositivo de medida comprende:

- al menos una fuente de radiación óptica (101) para emitir radiación óptica (102) hacia el objeto medido, y

5 - al menos un detector (107) para recibir la radiación reflejada desde el objeto medido y para generar una señal eléctrica proporcional a su intensidad,

en donde, el dispositivo comprende, además

10 - una unidad (108a) de procesamiento de radiación óptica, la cual está ajustada para dividir la radiación óptica (102) emitida por la fuente óptica en longitudes de onda (103, 104a, 104b, 104c) separadas y para dirigir dichas longitudes de onda separadas (103) hacia el objeto medido (109) en una dirección que difiere de la normal (110) de la superficie que está siendo medida de forma que al menos las longitudes de onda más corta y más larga (104a, 104b, 104c) de dichas longitudes de onda sean enfocadas sobre lados diferentes (109a, 109b) de la superficie del objeto medido y hacia diferentes alturas (109a, 109b) en la dirección de la normal (110) de la superficie (109) que está siendo medida,

15 - una unidad (108b) de procesamiento de radiación óptica reflejada la cual está ajustada para recibir una radiación óptica (106) reflejada desde el objeto medido (109) al menos en la dirección de una reflexión especular (105), la cual difiere de la normal (110) de la superficie que está siendo medida (109) y para dirigir la radiación óptica recibida hacia dicho detector (107), en donde el dispositivo de medida (100, 150, 180) está ajustado para analizar una señal eléctrica producida por el detector y proporcional a la intensidad de la radiación enfocada hacia el mismo, caracterizado por que el dispositivo de medida está ajustado, además, para determinar al menos una característica que describe el brillo de la superficie del objeto medido, tal como grado de brillo, basándose en la intensidad de aquella longitud de onda cuyo punto de enfoque estaba situado (104a, 104b, 104c) sobre la superficie medida (109) y, así, es reflejada desde ese punto hacia el detector (107) como la longitud de onda más fuerte en la geometría especular.

25 2. Un dispositivo de medida según la reivindicación 1, en el que:

- la fuente de radiación óptica comprende dos o más fuentes de luz, cada una de las cuales genera espectros separados hacia la misma superficie del objeto, pero a alturas diferentes, en el que dichas fuentes de luz están formadas o bien por varias fuentes de luz separadas o bien mediante la radiación de un radiador óptico con un divisor de haz, y/o

30 - una unidad de detección de radiación óptica está ajustada para detectar rayos, reflejados desde la superficie y enfocados a varios lugares diferentes, de forma que dichos rayos, enfocados a diferentes lugares, se combinen con un divisor de haz, o una unidad de detección de radiación óptica comprende dos o más unidades de detección con el fin de detectar rayos emitidos por cada una de las fuentes de radiación y reflejados desde la superficie del objeto medido.

35 3. Un dispositivo de medida según la reivindicación 2, en el que dos o más fuentes de radiación y la unidad de detección de radiación están organizadas en pares transmisor-receptor de forma que las unidades de detección están dispuestas para medir sustancialmente intensidades sólo desde su respectiva fuente de radiación propia, independientemente de otros pares, en el que los pares transmisor-receptor tienen diferentes niveles de polarización o direcciones entre unos y otros, en donde el dispositivo de medida está dispuesto para medir dos o más señales de reflexión que vienen exactamente del mismo lugar, cuyas señales de reflexión pueden tener una relación de polarización diferente entre el transmisor y el receptor.

4. Un dispositivo de medida según cualquier reivindicación precedente, en el que una propiedad mensurable que caracteriza el objeto que está siendo medido es el índice de refracción y/o el grosor.

45 5. Un dispositivo de medida según cualquier reivindicación precedente, en el que el dispositivo de medida está ajustado para determinar un grado de brillo G_0 que caracteriza el brillo de la superficie que está siendo medida de la manera siguiente:

$$G_0 = \frac{G_B - G_A}{\varphi_B - \varphi_A} \varphi_0 + \frac{G_A \varphi_B - G_B \varphi_A}{\varphi_B - \varphi_A}$$

50 donde φ_0 es una intensidad medida por el detector, tal como un valor en escala de grises de píxeles; G_A y G_B son el grado de brillo de primera y segunda referencias; y φ_A y φ_B son los valores de intensidad correspondientes a estas últimas.

6. Un dispositivo de medida según cualquier reivindicación precedente, en el que se conoce una distancia hasta el punto de enfoque de las longitudes de onda con respecto a un punto de referencia; en donde el dispositivo de

medida está ajustado para definir la ubicación de la superficie del objeto determinando una longitud de onda de la intensidad más fuerte reflejada desde la superficie y comparándola con una distancia del punto de enfoque de dicha longitud de onda desde dicho punto de referencia.

5 7. Un dispositivo de medida según cualquier reivindicación precedente, en el que el objeto medido es, al menos parcialmente, transparente a la radiación óptica utilizada y en el que el objeto comprende al menos dos superficies sustancialmente paralelas, concretamente las superficies superior e inferior, y en el que al menos las longitudes de onda más corta y más larga de dichas longitudes de onda se ajustan para enfocar de forma que dichas superficies del objeto permanezcan entre los puntos de enfoque de dichas longitudes de onda, en el que el dispositivo de medida se ajusta para recibir las longitudes de onda reflejadas desde ambas superficies y para determinar el grosor del objeto basándose en el cambio de anchura de pico causado por estos picos de intensidad más fuertes.

15 8. Un dispositivo de medida según cualquier reivindicación precedente 1-6, en el que el objeto medido es, al menos parcialmente, transparente a la radiación óptica utilizada y en el que el objeto comprende al menos dos superficies sustancialmente paralelas, concretamente las superficies superior e inferior, y en el que al menos las longitudes de onda más corta y más larga de dichas longitudes de onda se ajustan para enfocar de forma que dichas superficies del objeto permanezcan entre los puntos de enfoque de dichas longitudes de onda, en el que el dispositivo de medida se ajusta para determinar las longitudes de onda correspondientes a las dos intensidades más fuertes y basándose en los datos de ubicación de sus puntos de enfoque, determinar una distancia entre dichas superficies superior e inferior y, por lo tanto, el grosor del objeto.

20 9. Un dispositivo de medida según la reivindicación 6 o la reivindicación 8, en el que el dispositivo de medida se ajusta para determinar el perfil de al menos una superficie del objeto cuando el objeto que está siendo medido y el dispositivo de medida se mueven uno con respecto al otro.

25 10. Un dispositivo de medida según cualquiera de las reivindicaciones precedentes 6-9, en el que el dispositivo de medida comprende dos equipos de medida, en el que un primer equipo de medida de dicho dispositivo de medida está dispuesto a un primer lado del objeto y un segundo equipo de medida de dicho dispositivo de medida está dispuesto a un segundo lado del objeto, en el que el dispositivo de medida se ajusta para determinar el grosor del objeto medido basándose en los datos de ubicación de la primera superficie (109a), medida por el primer equipo de medida, y los datos de ubicación de la segunda superficie (109b), medida por el segundo equipo de medida.

30 11. Un método para determinar una o más características de un objeto por medio de radiación óptica, en el que.
 - la radiación óptica es emitida (101,102) mediante al menos una fuente de la radiación óptica hacia el objeto que está siendo medido, y
 - la radiación reflejada desde el objeto que está siendo medido es recibida (107) por al menos un detector y se genera una señal eléctrica proporcional a la intensidad de la radiación,

en donde, en el método, adicionalmente

35 - una radiación óptica emitida por la fuente óptica es dividida (108a) en diversas longitudes de onda y dichas diversas longitudes de onda son dirigidas hacia un objeto medido en una dirección que difiere de la normal de la superficie medida de forma que, al menos las longitudes de onda más corta y más larga de dichas longitudes de onda son enfocadas sobre diferentes lados de la superficie del objeto medido y hacia diferentes alturas en la dirección de la normal de la superficie que está siendo medida,

40 - una radiación óptica, reflejada desde el objeto medido, es recibida (108b) al menos desde una dirección de una reflexión especular que difiere de la dirección de la normal de la superficie medida y dicha radiación óptica es dirigida hasta el detector, y se analiza (111) una señal eléctrica producida por el detector y proporcional a la intensidad de la radiación enfocada hacia el mismo, caracterizado por que, además, una o más características que describen el objeto medido, al menos una característica que describe el brillo superficial del objeto medido, tal como el grado de brillo, se determinan basándose en la intensidad de esa longitud de onda, el punto de enfoque de la cual estaba situado sobre la superficie medida y es reflejada desde ese punto hasta el detector como la longitud de onda más fuerte en la geometría especular.

45

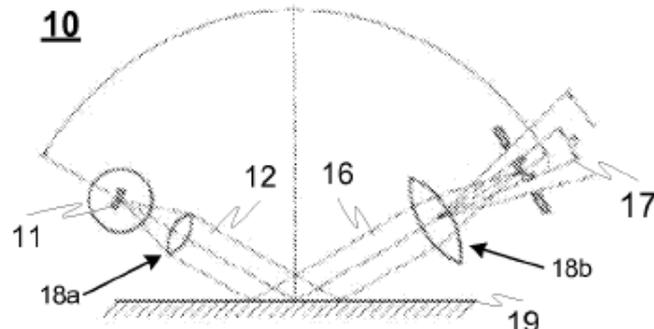


FIG. 1

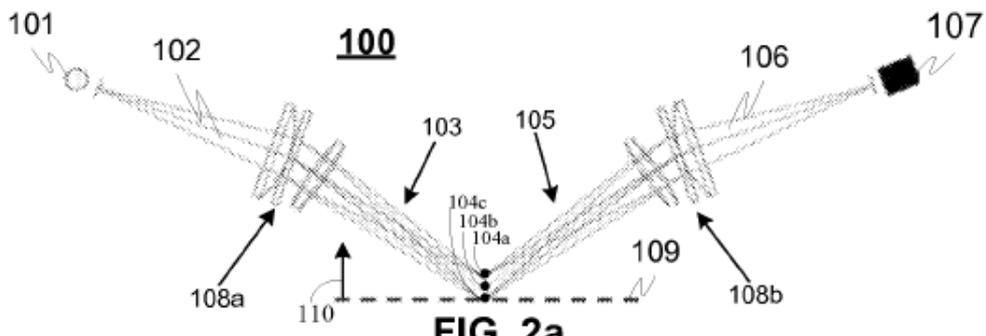


FIG. 2a

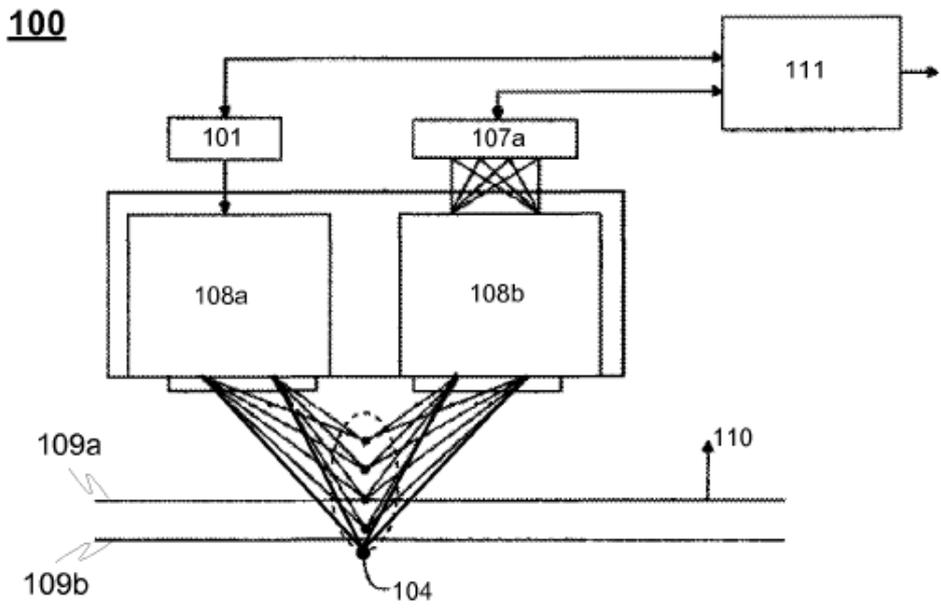


FIG. 2b

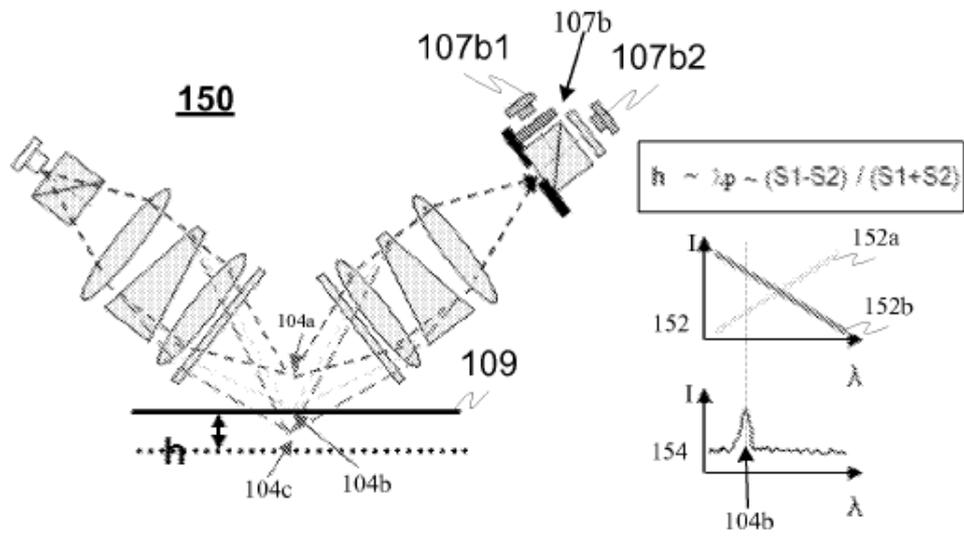


FIG. 2c

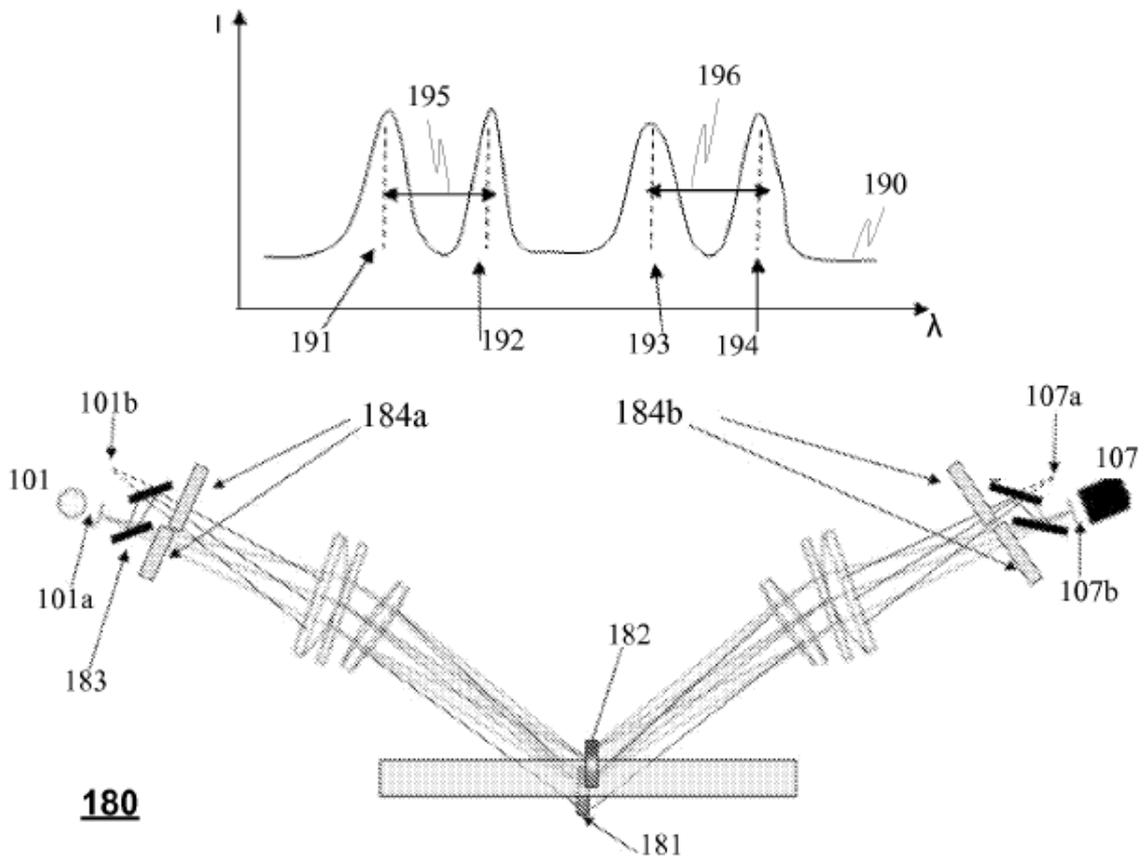


FIG. 2d

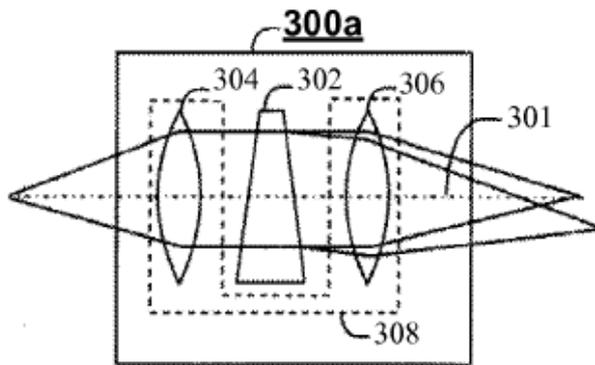


FIG. 3a

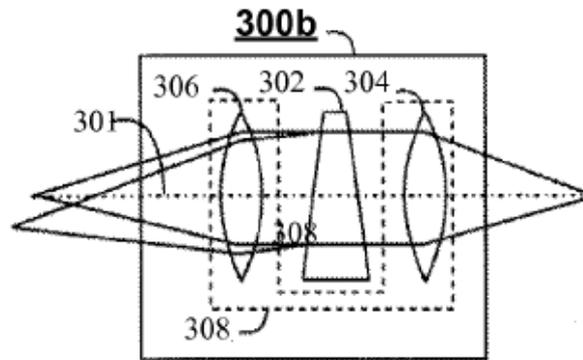


FIG. 3b

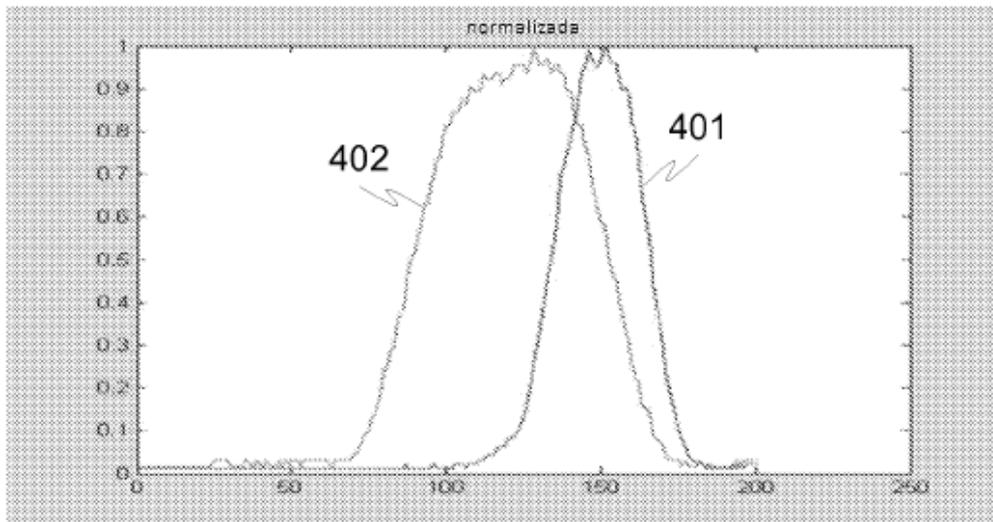


FIG. 4

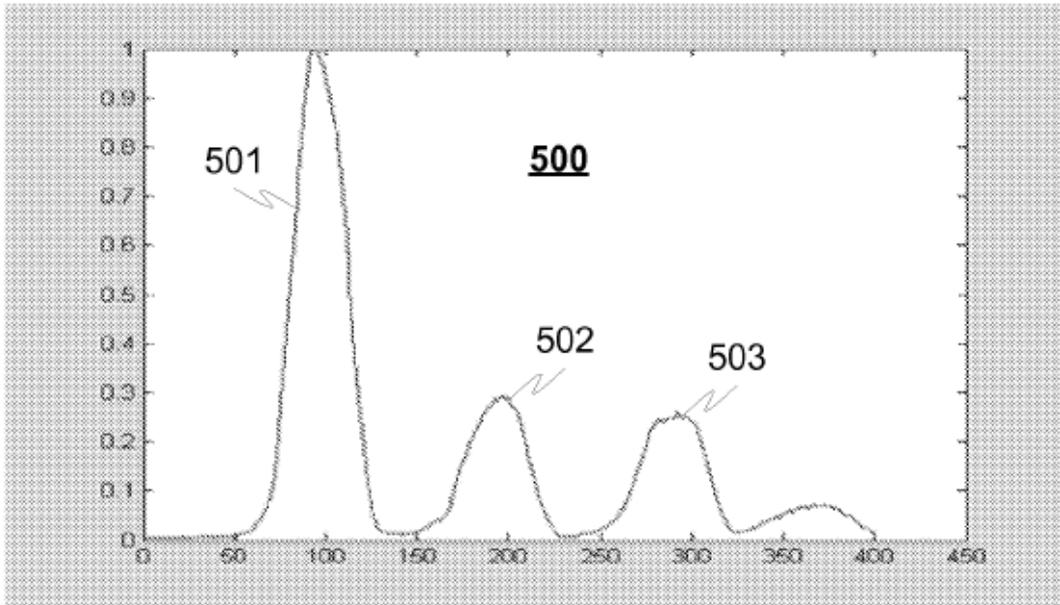


FIG. 5

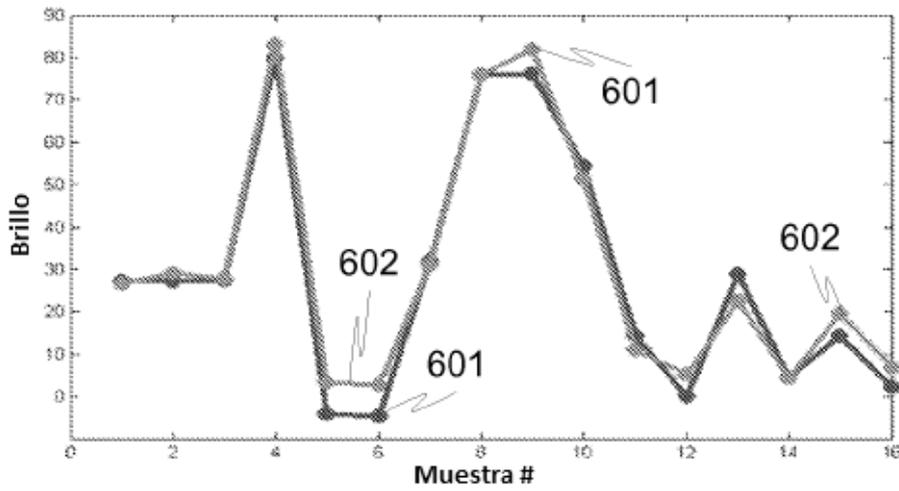


FIG. 6a

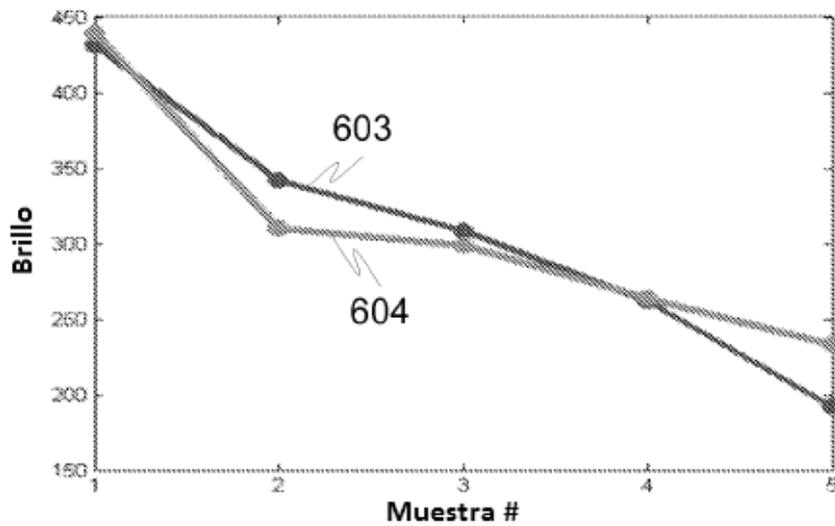


FIG. 6b