

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 665 428**

51 Int. Cl.:

C25D 11/02 (2006.01)

C25D 21/12 (2006.01)

G01B 11/06 (2006.01)

G01B 15/02 (2006.01)

G01B 17/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.03.2007 PCT/US2007/005577**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.09.2007 WO07103304**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.03.2007 E 07752291 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.02.2018 EP 2002035**

54 Título: **Aparato móvil capaz de medidas superficiales del espesor de un revestimiento**

30 Prioridad:

07.03.2006 US 780103 P

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

25.04.2018

73 Titular/es:

**SENSORY ANALYTICS (100.0%)
4413C WEST MARKET STREET
GREENSBORO, NC 27407, US**

72 Inventor/es:

**PRICE, JOSEPH K. y
PAVELKA, JEFF**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 665 428 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

Aparato móvil capaz de medidas superficiales del espesor de un revestimiento

Campo de la invención

5 La presente invención se relaciona, en general, con un aparato y/o sistema móvil que mide el espesor de una superficie sobre al menos una parte de un sustrato y métodos de usar dicho aparato y/o sistema. El aparato y/o sistema móvil, en una realización, incluye sistemas de anodizado que tienen una monitorización de espesor de revestimiento y, opcionalmente, tiene un sistema para regular un espesor de revestimiento anodizado sobre un sustrato cuando está siendo formado así como medir el espesor de revestimiento durante y/o a continuación de su formación. En una realización, el aparato y/o sistema móvil también es un aparato y/o sistema portátil.

10 Antecedentes de la invención

Los revestimientos de sustratos con diferentes superficies son conocidos. Por ejemplo, se conoce el aplicar revestimientos anodizados sobre sustratos de metal tales como aluminio, titanio, niobio, tantalio, tungsteno, circonio y cinc. Oxidocarburos metálicos tales como oxidocarburos de cromo, molibdeno o tungsteno son materiales que pueden usarse para revestimiento superficial duro. Otros revestimientos se usan sobre una pluralidad de sustratos, tales como polímeros sobre una pluralidad de sustratos (por ejemplo, un poliisocianato o un prepolímero de poliuretano con grupos funcionales isocianato mezclado con un polioliol puede formar un polímero para ser aplicado sobre un sustrato), diferentes compuestos de nitruros y carburos sobre semiconductores, películas o revestimientos de cromo hexavalente (al que se hace referencia también como cromato) sobre metales, otros revestimiento de imprimación o acabado los cuales pueden ser colocados sobre sustratos metálicos para inhibir o ayudar a prevenir la corrosión, tratamientos con nitrato de plata amoniacal sobre vidrio para formar espejos, pinturas sobre una pluralidad de sustratos, por ejemplo electrorrevestimiento sobre cualquiera de una pluralidad de sustratos, compuestos de revestimiento de flúor termoestable conteniendo resina en polvo pueden aplicarse a sustratos metálicos para su protección, películas de revestimiento de base sílice pueden aplicarse a una pluralidad de sustratos y superficies anodizadas pueden crearse sobre metales.

25 El anodizado se hace por razones prácticas y estéticas. Desde una perspectiva práctica, la creación de un revestimiento sobre una superficie de un sustrato metálico contribuye a una resistencia al desgaste, resistencia a la corrosión y resistencia a la oxidación del producto anodizado. Desde una perspectiva estética, la creación de un revestimiento que incluye un colorante para la coloración sobre la superficie de un sustrato metálico contribuye a un atractivo para el consumidor de un producto anodizado. Tanto en aplicaciones industriales como estéticas, es deseable controlar el espesor del revestimiento anodizado así como la regularidad sobre un área superficial dada.

En las industrias militar, aeroespacial, de telecomunicaciones, médica, de construcción industrial y automovilística es común usar metal anodizado. El aluminio anodizado es útil para prevenir la corrosión y/o herrumbre en atmósferas salinas y/o corrosivas. En consecuencia, anodizando los metales usados en aviones y coches en las industrias aeroespacial y automovilística y stents u otros objetos metálicos en las industrias médicas, pueden generarse productos mejores que duran más. Más recientemente, los fabricantes han sido capaces de ofrecer anodizado duro en diferentes colores incorporando colorantes u otros productos químicos que proporcionan color en el proceso de anodizado. Tonalidades de color comunes incluyen negro, azul, rojo y verde y otros colores.

Muchas de estas industrias sufren el inconveniente de no ser capaces de medir de manera eficiente y exacta las superficies anodizadas. Con una incapacidad para medir de manera eficiente y exacta superficies anodizadas, algunos industriales han tenido que recurrir a anodizar superficies con una capa anodizada gruesa (con el fin de asegurar que la superficie entera está anodizada). Esto añade peso a los sustratos que son anodizados. En todas las industrias mencionadas arriba, hay desventajas por tener una capa anodizada gruesa. Por ejemplo, en las industrias aeroespacial y automovilística, esto puede añadir un peso considerable al sustrato que está siendo anodizado. Esto dará como resultado una reducción en la eficiencia de combustible en los productos fabricados en ambas industrias. En la industria aeroespacial de aviones más pequeños, el peso añadido puede hacer los aviones más peligrosos y permite a los aviones transportar menos peso de carga o pasajeros (porque el propio avión es más pesado).

Si se usa una capa de anodizado más delgada, una incapacidad para medir de manera exacta en una pluralidad de puntos de muestra puede conducir a un revestimiento irregular en el que porciones del sustrato tengan una capa anodizada muy delgada. Si estas porciones delgadas experimentan alguna tensión física que dé como resultado la eliminación de esta capa delgada, hay la posibilidad de que puedan ocurrir corrosión o herrumbre con el sustrato subyacente, dando como resultado un producto inferior con una vida útil más corta y, potencialmente, un producto peligroso. Así, es deseable ser capaz de medir de manera exacta y eficiente espesores de la capa superficial en una pluralidad de ubicaciones sobre un sustrato (por ejemplo, con revestimiento anodizados).

55 Comúnmente, las medidas de espesor de revestimiento se determinan mediante métodos destructivos. Por ejemplo, en un sistema de anodizado por lotes, probetas de control hechas del mismo material que un producto a ser anodizado se incluyen en el baño de anodizado. En tiempos intermedios durante el proceso de anodizado, se extrae del baño una probeta de control y se destruye de una manera que permita determinar el espesor de revestimiento.

Un método destructivo incluye montar una probeta de control en una sección transversal sobre bakelita, pulir la probeta montada hasta un acabado de espejo y examinar la sección transversal pulida utilizando un microscopio óptico para determinar el espesor del revestimiento. Un segundo método destructivo incluye cortar o romper una probeta de control para exponer una sección transversal y examinar la sección transversal usando microscopía electrónica de barrido para determinar el espesor del revestimiento. Estos métodos destructivos son engorrosos en producción.

Ambos métodos destructivos retardan la producción debido al tiempo que lleva extraer y preparar las probetas de control para determinar el espesor del revestimiento. Durante el retardo, el baño que se usa para el anodizado está sin uso. Una alternativa es extraer el producto del baño de anodizado mientras se está determinando un espesor de revestimiento y reemplazarlo con un segundo producto y las correspondientes probetas de control. En este caso, se requeriría en el lugar de producción un área de almacenamiento para el producto extraído del baño durante una determinación del espesor de revestimiento.

Aunque usar un baño de anodizado alternativamente con múltiples productos proporciona una solución al retardo en la producción, pueden introducirse defectos de revestimiento por cambios en la composición química del baño y contagio superficial durante el almacenamiento. Esto es, la diferente composición química del baño cuando el producto es reintroducido después de la determinación del espesor de revestimiento para más anodizado puede crear una interfase dispereja perceptible con el revestimiento original.

Durante el almacenamiento, el revestimiento original sobre el producto puede también dañarse durante la extracción de y el reemplazamiento en el baño de anodizado. Materia particulada tal como polvo, también puede pegarse a la superficie para introducir más defectos interfaciales entre el revestimiento original y el revestimiento posterior. Este polvo puede acrecentar contactos friccionales con la atmósfera presentando una pluralidad de problemas.

Los métodos destructivos anteriores tienen otros defectos serios. Por ejemplo, un defecto es que el espesor de revestimiento determinado es el de una probeta de control y no del producto. Así, el espesor de revestimiento del producto es sólo una estimación y la regularidad del espesor de revestimiento sobre la superficie entera del producto es desconocida. Debido a que los sistemas enumerados arriba describen una preparación de muestras destructiva, no hay necesidad en estos sistemas de tener un aparato y/o sistema que sea capaz de moverse desde un lugar en el que puede tomarse una muestra hasta otro lugar en el que puede ser tomarse otra muestra para su espesor. En consecuencia, si se fuera a emplear unos medios no destructivos de muestrear espesores superficiales, sería ventajoso tener un aparato y/o sistema que fuera móvil de forma que el muestreo pueda tener lugar en una pluralidad de ubicaciones.

A partir de la descripción anterior, debería quedar patente que permanece una necesidad de nuevos aparatos, métodos y/o sistemas mejorados que determinen de manera no destructiva el espesor de revestimiento sobre uno o más productos, en donde los aparatos, métodos y/o sistemas empleen un aparato y/o sistema móvil para muestrear en una pluralidad de ubicaciones.

El documento de patente de EE.UU. número 6674533 describe el implementar un monitor óptico para medir espesores superficiales dentro de un baño usando una sonda. En el documento de patente de EE.UU. número 6674533, la sonda se posiciona durante un proceso de anodizado durante medidas in situ. El sustrato de aluminio también se posiciona durante el baño de anodizado para asegurar un anodizado apropiado. El documento de patente de EE.UU. US2004/0155190 se refiere a un sistema portátil para medir la cantidad de revestimiento sobre un sustrato, usando una unidad de medida de mano la cual es mantenida en una base para carga/descarga de datos cuando no está en uso. El documento de patente de EE.UU. US612081 divulga un sistema y método de medida de espesor de película basado en ultrasonidos, el cual usa fuentes de luz láser pulsado y sustancialmente continuo separadas. El documento de patente de EE.UU. US5481631 se refiere a un conmutador óptico para un instrumento fotométrico tal como para un espectrofotómetro. El documento de patente de EE.UU. US2002/0149360 se relaciona con un método de medir un revestimiento metálico de película delgada sobre productos muy delgados usando tecnologías de corrientes de eddy. El documento de patente de EE.UU. US4190770 divulga una sonda de retrodispersión montada en una rueda de medida para desplazarse a la misma velocidad tangencial que una bobina revestida adyacente. El documento de patente de EE.UU. US6387184 se relaciona con un sistema y método para poner en contacto superficial modularmente componentes mojados de un aparato de revestimiento con una estación base de revestimiento en la cual está situado un sustrato de exposición de panel plano. Los componentes mojados están alojados en un carro de fluido intercambiable con carros de fluido similares en la estación base y, opcionalmente, en comunicación inalámbrica con la estación base. El documento de patente de EE.UU. US4883578 se refiere a un aparato de electrorrevestimiento a alta velocidad para latas. El aparato tiene una mesa giratoria que gira con un número de celdas dentro de las cuales se colocan respectivas latas. Las celdas se llenan de fluido de electrorrevestimiento y son alimentadas con una cantidad predeterminada de carga eléctrica.

Breve resumen de la invención

La presente invención se relaciona con aparato móvil para medir el espesor de un revestimiento sobre una superficie de un sustrato según se define en la reivindicación 1. La presente invención proporciona por consecuencia un método para medir el espesor de un sustrato revestido, según se define en la reivindicación 7.

Breve descripción de las varias vistas de los dibujos

La figura 1 muestra un ejemplo de realización de la presente invención la cual es un aparato y/o sistema que comprende un controlador de bastidor que tiene un enlace de comunicación inalámbrica, un sistema de conmutación óptica, sondas, contactos y conmutadores electrónicos.

5 La figura 2 muestra un ejemplo de realización de una sonda de la invención actual.

La figura 3 muestra una imagen en sección transversal de una hojalata.

La figura 4 muestra una ilustración esquemática de una punta de sonda mientras está midiendo un área en sección transversal de una superficie.

La figura 5 muestra espectros de interferencia de una capa de 1 μm y una de 2 μm .

10 La figura 6 muestra lo principal que se usa para determinar un espesor superficial usando un modelo de interferencia de una reflexión de la luz en dos superficies.

La figura 7 muestra un diagrama de bloques de la operación esquemática de la presente invención.

La figura 8 muestra un Sistema de Calibrado de Espesores bilateral autónomo en el que pueden usarse múltiples sondas para determinar espesores sobre cualquiera de los dos lados de un sustrato a ser medido.

15 La figura 9 muestra una vista en perspectiva de una punta de sonda transmitiendo luz hacia una superficie y midiendo un espesor superficial.

La figura 10 muestra otra vista de luz siendo transmitida desde una sonda hasta una superficie sobre un sustrato y la refracción y la reflexión de la luz.

20 La figura 11 muestra un espectro de reflectancia compuesta de una señal coherente de luz que es deconvolucionado para dar en último término una medida de espesor superficial.

Descripción detallada de la invención

La presente invención se relaciona con un aparato y/o sistema móvil que mide el espesor en una o más ubicaciones de una superficie sobre al menos una parte de un sustrato y métodos de usar dicho aparato y/o sistema. La presente invención puede, también, tener los medios de aplicar una superficie sobre un sustrato al mismo tiempo o sustancialmente al mismo tiempo con el proceso de medida. De acuerdo con la invención, el aparato y/o sistema móvil incluye sistemas de anodizado que tienen un monitor de espesor de revestimiento y tiene un sistema para aplicar y regular un revestimiento anodizado sobre un sustrato cuando está siendo formado. El aparato y sistema tiene la capacidad para medir el espesor de revestimiento antes de, al mismo tiempo que y/o subsiguiente a la formación del revestimiento.

30 En una realización, los aparatos y/o sistemas móviles de la presente invención son un sistema de medida transportable (o portátil) que es fijado o bien permanentemente o temporalmente a un bastidor de anodizado. En esta realización, el sistema de medida emplea una o más sondas, las cuales pueden estar hechas de una o más sondas de fibra óptica que son posicionadas en una o una pluralidad de ubicaciones a lo largo del bastidor durante el tiempo en el que el bastidor es cargado. En una realización, esta pluralidad de ubicaciones puede estar fijada o, como alternativa, un operador del aparato y/o sistema puede escoger dónde situar la una o más sondas antes de o durante el proceso de medida.

40 En una realización, las sondas de la invención actual pueden tolerar la transmisión de una amplia variedad de sectores del espectro electromagnético de forma que una o una pluralidad de sondas son capaces de transmitir y recibir longitudes de onda desde longitudes de onda muy cortas (es decir, en el intervalo ultravioleta corto) hasta longitudes de onda muy largas (es decir, en la región de ondas de radio cortas). En una realización alternativa, la una o pluralidad de sondas son intercambiables y/o desmontables de forma que una sonda puede ser extraída de las conexiones de fibra óptica y otra sonda puede ser insertada en su lugar. El intercambio de sondas se hace, por ejemplo, si una sonda está diseñada para transmisión y recepción de longitudes de onda en una región del espectro electromagnético y una segunda sonda diferente está diseñada y optimizada para transmisión y recepción de longitudes de onda en otra región del espectro electromagnético. La una y/o una pluralidad de sondas desmontables pueden todas tener valores de resistencia diferentes, pueden tener diferentes tamaños de punta y pueden estar diseñadas de una manera que la extracción y la inserción de la sonda sean fáciles. Por ejemplo, las sondas pueden estar diseñadas de forma que puedan colocarse en su lugar por salto elástico con conectores a un aparato de procesamiento.

50 La una o una pluralidad de sondas de la presente invención puede ser de muchos tipos. En una realización, la sonda puede tener una punta pequeña, lo cual facilita medidas de alta resolución a través de ópticas enfocadas. Como alternativa, la sonda puede tener una punta más grande que permita que se integre una medida de área superficial mayor. En una realización, estas puntas pueden ser intercambiables de forma que una sonda pueda admitir diferentes puntas (es decir, una punta grande y una punta pequeña).

La presente invención se relaciona con un sistema de medida transportable (o portátil) que puede medir una superficie anodizada sobre un sustrato. La presente solicitud puede usarse para medir cualquiera de una pluralidad de superficies diferentes sobre un sustrato y puede emplear cualquiera de una pluralidad de métodos de ser capaz de medir los espesores de estas superficies en cualquiera de una pluralidad de ubicaciones sobre el sustrato. En consecuencia, aunque mucho de lo que sigue describe la medida de superficies sobre sustratos con respecto a superficies anodizadas sobre un sustrato, debería entenderse que se contemplan otras superficies sobre sustratos. Por ejemplo, superficies que pueden ser medidas sobre cualquiera de una pluralidad de sustratos incluyen, pero no están limitadas a, oxocarburos (es decir, revestimientos superficiales duros) tales como oxocarburos de cromo, molibdeno o tungsteno sobre cualquiera de una pluralidad de sustratos, polímeros sobre una pluralidad de sustratos (por ejemplo, un poliisocianato o un prepolímero de poliuretano con grupos funcionales isocianato mezclado con un poliálcool puede formar un polímero para ser aplicado sobre un sustrato), diferentes compuestos de nitruro y carburo sobre semiconductores, películas o revestimientos de cromo hexavalente (al que se hace referencia también como cromato) sobre metales, otros revestimientos de acabado o imprimaciones sobre sustratos metálicos, tratamientos con nitrato de plata amoniacal sobre vidrio (espejos), pinturas sobre una pluralidad de sustratos, compuestos de revestimiento de flúor termoestable que contiene resina en polvo sobre sustratos metálicos, películas de revestimiento de base sílice sobre cualquiera de una pluralidad de sustratos, polímeros orgánicos o inorgánicos sobre una pluralidad de sustratos, revestimientos electrónicos (por ejemplo, e-revestimiento) sobre cualquiera de una pluralidad de sustratos, revestimientos en polvo sobre cualquiera de una pluralidad de sustratos y superficies anodizadas sobre metales.

Sustratos posibles (que contienen un revestimiento que puede ser medido) incluyen, pero no se limitan a, madera, maderas artificiales y/o sintéticas, metales, cerámicos, polímeros, materiales compuestos, aleaciones, vidrios, laminados, fibras, adhesivos, plásticos, mallas de alambre, sustratos semiconductores, cauchos y similares. Ejemplos de los sustratos anteriores y/o superficies sobre sustratos pueden ser, pero no están limitados a, titanio, aluminio, cinc, hierro, acero, algodón, lana, papeles, otros materiales de embalaje, películas de poliéster, colas, resinas epoxi y/o adhesivos sobre fibra, metales sobre plástico, aluminio, cobre y/o papel de aluminio y aleaciones de los mismos, TYVEC® sobre una pluralidad de sustratos, y/o GORETEX® sobre fibras, nitruros (incluyendo nitruros de galio, nitruros de aluminio, nitruros de indio y mezclas de los mismos) sobre carburos de sílice, NITINOL® sobre una pluralidad de sustratos, W, Ru, Ag, Au, Zn, TiN, Pt, cromo sobre una pluralidad de sustratos y superficies anodizadas sobre una pluralidad de sustratos.

Así, en una realización de la presente invención, el aparato móvil o portátil puede usarse para medir cualquiera de una pluralidad de diferentes tipos de superficies sobre un sustrato.

En una realización, el aparato y/o sistema móvil de la presente invención es capaz de discernir espesores para cualquiera de una serie de superficies sobre un sustrato en donde los espesores están del orden de 10 nm a 0,8 cm. En una realización alternativa, el aparato y/o sistema es capaz de discernir espesores entre unos 50 nm y unos 0,1 cm. En una realización alternativa, el aparato y/o sistema de la presente invención es capaz de discernir espesores del orden de unos 50 nm hasta 0,5 mm. En una realización alternativa, el aparato y/o sistema es capaz de discernir espesores la región de unos 300 nm hasta 1.100 nm, como alternativa, 730-1.150 nm.

En una realización, el aparato y/o sistema de la presente invención es capaz de tomar una pluralidad de medidas por segundo. En general, según decrece la ventana espectral, el número de medidas que pueden hacerse aumenta. Por ejemplo, si está siendo medida una ventana espectral en la que los espesores están entre uno 300 nm hasta 1.150 nm, pueden hacerse unas 200-500 medidas por segundo. Por el contrario si la ventana espectral es unos 730-1.150 nm, pueden hacerse unas 200 hasta unas 1.000 medidas por segundo.

La precisión del aparato y/o sistema es dependiente de una serie de factores. Estos factores incluyen la dispersión de la superficie que está siendo medida, la exactitud con la cual se estima el índice de refracción, el intervalo de longitudes de onda que está siendo medido y el espesor geométrico de la superficie.

En una realización alternativa, el aparato y/o sistema de medida, mientras se desplaza desde el principio hasta el final de un proceso de medida de espesores, puede usarse también para medir otras propiedades. Estas propiedades incluyen, pero no se limitan a, ser capaces de medir concentración, turbiedad, reflectividad, transmisividad y/o color. La incorporación los medios para medir estas propiedades se facilita por la implementación de algoritmos de software analíticos adicionales que son capaces de medir concentración, turbiedad, reflectividad, transmisividad y/o color. Así, un software que emplea un algoritmo FFT (Transformada Rápida de Fourier) para medir el espesor de sustratos se usa en conjunto con un software para medir otras propiedades físicas (tales como las descritas arriba).

Además, en una realización, puede obtenerse mediante el aparato y/o sistema información del proceso adicional. El aparato y/o sistema puede tener una o más de las siguientes piezas de equipamiento asociadas con él: un monitor de pH integrado y/o un controlador de pH, un monitor de temperatura integrado y/o un controlador de temperatura, un monitor de espesor de revestimiento que se usa para controlar el punto final de una proceso por lotes, un monitor de espesor de revestimiento que se usa para controlar el punto de consigna de un proceso en continuo, un enlace de comunicación inalámbrica que facilita la comunicación con un procesador alojado remoto, una fuente de alimentación recargable operada con baterías y/o un servidor de red que se usa para comunicar con cada sistema de bastidor.

En una realización, la presente invención también se relaciona con pinzas construidas de polímeros no conductores o de otro material no conductor, las cuales son capaces de ser posicionadas con la mano cuando los operadores cargan un bastidor con sondas de fibra óptica integradas. En una realización, las pinzas son fijadas a un bastidor y las pinzas contienen una o una pluralidad de sondas que pueden usarse para medir espesores en cualquiera de una pluralidad de ubicaciones de una superficie sobre un sustrato. Las pinzas facilitan el posicionamiento de la una o una pluralidad de sondas en una o una pluralidad de ubicaciones permitiendo una o una pluralidad de medidas usando esas una o una pluralidad de sondas.

En una realización, el aparato es fijado a al menos un bastidor de anodizado y puede usarse para medir propiedades del proceso en cada tanque de anodizado. Las sondas de medida se acoplan opcionalmente a través de pinzas para minimizar el recorrido óptico entre las sondas y las muestras a ser medidas. El uso de una o más sondas asociadas con pinzas simplifica la medida de muestras con formas abstractas porque las sondas pueden montarse de una manera que las permita alcanzar una proximidad cercana a las muestras.

Haciendo referencia ahora a los dibujos en general, y a la figura 1 en particular, se entenderá que las ilustraciones son para el propósito de comprender una realización de la invención y describir una realización de la invención. Esta figura no debe ser considerada como que limita la invención a ella. Los expertos en la técnica se darán cuenta de que pueden hacerse modificaciones a la realización mostrada actualmente sin salir del alcance y espíritu de la presente invención. Las modificaciones incluyen, por ejemplo, usar el aparato y/o sistema de la presente invención para medir cualquiera de una pluralidad de superficies sobre cualquiera de una pluralidad de sustratos en uno o en cualquiera de una pluralidad de ubicaciones. Con este alcance en mente, los solicitantes describen en esta memoria la presente invención con respecto a la figura 1, la cual muestra un aparato y/o sistema de anodizado.

Como puede verse en la figura 1, un sistema de medida superficial de anodizado incluye un baño en el cual, un sustrato puede ser anodizado, una pluralidad de sondas y una pluralidad de sustratos (por ejemplo, muestras) que pueden ser muestreados para medidas superficiales. Los componentes electrónicos del sistema incluyen uno o más conmutadores que incluyen un conmutador óptico y/o unos conmutadores electrónicos para muestrear y/o anodizar la superficie sobre el sustrato en cualquiera de una pluralidad de ubicaciones.

Además, la figura 1 muestra un aparato bastidor que incluye un controlador de bastidor y un enlace de comunicaciones (COM) inalámbricas. El sistema de anodizado, opcionalmente, contiene también una o más fuentes de radiación, uno o más algoritmos, uno o más detectores, una o más interfaces de control, una o más interfaces de usuario (tal como una computadora), una o más guías de radiación, otros componentes electrónicos y otros mecanismos mecánicos.

El sistema es capaz de medir un espesor de revestimiento del sustrato en una pluralidad de ubicaciones antes de, al mismo tiempo que o después de que se aplique una superficie anodizada a un sustrato. En otras palabras, la presente invención contempla un aparato que no sólo es capaz de medir un espesor superficial sino que también es capaz de aplicar esa superficie al mismo tiempo, inmediatamente antes o inmediatamente después de que se haga una medida. La figura 1 se muestra como que es capaz de medir un sustrato anodizado pero debería entenderse que esta superficie podría igual de fácilmente ser cualquier otra superficie, por ejemplo, una superficie pintada.

Según se muestra en la figura 1, las sondas son fibras ópticas que están fijadas (con respecto a la posición del controlador de bastidor) cuando están midiendo un espesor superficial de una muestra. El controlador de bastidor mueve el bastidor que contiene el controlador de bastidor, el sistema de conmutación óptica y las sondas mediante un enlace COM inalámbrico. Cualquiera de una pluralidad de sistemas controlados de forma remota puede usarse como un sistema controlado inalámbricamente incluyendo el uso de luz, microondas, señales IR y/o señales RF. Aunque el bastidor se muestra empleando un enlace COM inalámbrico, debería entenderse que el bastidor podría también emplear un sistema no inalámbrico tal como un sistema cableado que une el controlador de bastidor con un controlador situado remotamente que transmite información con respecto a dónde debería estar posicionado el bastidor para permitir que la una o una pluralidad de sondas tomen medidas. El controlador de bastidor puede o bien estar preprogramado o puede recibir señales iterativamente de un operador quien da instrucciones al bastidor donde ir con el fin de tener las sondas posicionadas correctamente para tomar medidas. En consecuencia, debería estar claro que el operador puede decir al bastidor donde ir interactivamente después de procesar datos (es decir, un operador puede decir iterativamente al bastidor que vaya hasta una posición nueva para tomar una medida). Por ejemplo, si una medida de espesor se toma en una ubicación, el operador puede evaluar el espesor en esa ubicación antes de dar instrucciones al aparato para tomar otra medida usando una sonda diferente en una ubicación alternativa o, como alternativa, antes de dar instrucciones al bastidor (con las sondas sujetas fijamente) que se mueva hasta una nueva posición. Si el espesor no es satisfactorio, el operador puede dar instrucciones al aparato que aplique una superficie más gruesa en la ubicación donde se hizo la medida inicial.

En la figura 1, se muestra una realización en la que las sondas están fijadas con respecto al controlador de bastidor. Debido a que las sondas son fibras ópticas, pueden ser movidas a diferentes posiciones fijadas con respecto al controlador de bastidor. Así, un operador puede posicionar las sondas en cualquiera de una pluralidad de posiciones, antes de tomar la primera medida, que permitan que se tomen medidas en una pluralidad de ubicaciones. Una vez que las sondas son posicionadas, el controlador de bastidor al mover el bastidor permite que las sondas muestreen un espesor de sustrato en cualquiera de una pluralidad de puntos de muestreo. Por ejemplo, el bastidor puede moverse vertical u horizontalmente hasta cualquiera de una pluralidad de posiciones, lo cual, a su

vez, mueve las sondas permitiendo que las sondas encuentren una muestra en cualquiera de un número infinito de posiciones. Una vez que se obtiene una posición deseada, una fuente de radiación envía radiación al sistema de conmutación óptica, el cual, opcionalmente, modula la señal para medir cualquiera de una propiedad deseada usando cualquier sonda deseada. Esta señal de radiación modulada es enviada a la sonda deseada permitiendo que
 5 tenga lugar la medida deseada. La sonda detecta la señal reflejada y/o refractada la cual es enviada de vuelta a un detector (no mostrado) conectado a un procesador (no mostrado) el cual dará una salida con la medida deseada.

El sistema de conmutación óptica, opcionalmente, puede ser empleado en el sistema o aparato que permita que se tome cualquiera de una pluralidad de medidas diferentes. Por ejemplo, en una realización, la conmutación óptica transmitirá radiación hasta una sonda que puede medir el espesor anodizado en una ubicación particular usando la
 10 sonda A. Subsiguientemente, la conmutación óptica transmitirá radiación hasta una segunda sonda (por ejemplo, sonda B) para medir el espesor en otra ubicación. El sistema de conmutación óptica puede tener atenuadores o amplificadores asociados con él (y otros componentes electrónicos conocidos para los expertos en la técnica) para reducir el ruido. Además, el sistema de conmutación óptica puede tener asociada con él la capacidad para transmitir diferentes longitudes de onda de radiación del espectro electromagnético hasta la sonda, permitiendo que el sistema
 15 se use para medir cualquiera de una pluralidad de diferentes transiciones electrónicas (por ejemplo, UV, Visible, IR, etc.). Así, debería estar claro que el aparato y/o sistema portátil o móvil de la presente invención podría medir, por ejemplo, el espesor de una capa anodizada en un punto de muestreo usando la sonda A, luego subsiguientemente, medir el color de ese punto de muestreo usando la sonda A conmutando longitudes de onda (usando el sistema de conmutación óptica). Además, debería entenderse que los dispositivos mecánicos y/o electrónicos apropiados están
 20 presentes en el sistema y/o aparato de la presente invención para medir las diferentes longitudes de onda deseadas, por ejemplo, se usan las rejillas y/o los prismas deseados para transmitir luz monocroma y pueden usarse los tubos multiplicadores fotodiodos apropiados para amplificar la señal detectada.

Aunque la figura 1 se muestra con respecto a un sistema anodizado, debería entenderse fácilmente que este aparato y/o sistema podría ser cualquiera de una pluralidad de aparatos y/o sistemas. Por ejemplo, el baño puede no
 25 ser realmente un baño sino más bien una cámara de revestimiento que permita que se coloquen cualquiera de una pluralidad de superficies sobre un sustrato, tal como, por ejemplo, un e-revestimiento (es decir, pintura) que es colocado sobre cualquiera de una pluralidad de sustancias. En dicho aparato y/o sistema, la aplicación de pintura es depositada y regulada por voltaje. Las sondas de la figura 1 estarían adaptadas apropiadamente para medir la deposición de pintura sobre el sustrato y todos los componentes correspondientes estarían adaptados
 30 apropiadamente para medir estos espesores superficiales. Por ejemplo, el sistema de conmutación óptica puede estar adaptado apropiadamente para permitir la transmisión de regiones del espectro electromagnético que no están en la región óptica.

La figura 2 muestra una sonda de la presente invención. La figura 2 muestra un cable de conmutador el cual está conectado a conectores que puede ser de hasta 6 metros de longitud, el cual está a su vez conectado a los
 35 componentes electrónicos de la sonda la cual está, a su vez, conectada a la punta de la sonda la cual puede tener una contera, la cual es un anillo o tapón con un conector que asegura que las fibras que están siendo conectadas son alineadas exactamente de forma que éstas transmitan luz correctamente hasta la superficie a ser medida.

La figura 4 muestra una realización en sección transversal de una sonda mostrando la luz iluminada chocando con la superficie con difusión de algo de luz y la refracción y reflexión de la luz las cuales, a su vez, son recogidas por la
 40 sonda y enviadas a un procesador para su procesamiento para determinar un espesor superficial. El patrón de interferencia generado por la luz reflejada y recogida se muestra por la porción superior de la ilustración a la izquierda de la figura 4.

Los espectros superior e inferior de la figura 5 muestran ejemplos de espectros de interferencia vistos en una superficie de 1 μm y 2 μm , respectivamente. La deconvolución de la señal desde un dominio de tiempo a un dominio
 45 de frecuencia (según se muestra aquí) usando un algoritmo matemático tal como una FFT (transformada rápida de Fourier) permite determinar el espesor de la superficie que está siendo medida.

La figura 6 muestra un modelo de interferencia que muestra la luz incidente que está siendo reflejada en la superficie de una capa transparente y en la superficie, en la que la luz reflejada es capturada por la sonda y procesada para
 determinar el espesor de la capa transparente.

El sustrato que contiene un espesor superficial a ser medido es iluminado en una realización con luz blanca. El aparato y/o sistema de medida captura la luz reflejada desde la superficie. Pueden detectarse múltiples reflexiones desde la(s) capa(s) conduciendo a una diferencia de tiempo de reflexión desde una primera capa y una segunda
 50 capa. Pueden ocurrir condiciones de coherencia las cuales conducirán a espectro(s) de interferencia que son recogidos en el dominio del tiempo. Una superposición inalterada de rayos de luz reflejada, según se muestra en la figura 6, puede conducir a la amplificación y extinción periódicas del espectro de un continuo blanco. La superposición de los dos rayos de luz reflejados, debido a que no son puramente aditivos, dará como resultado un espectro de interferencia. Estos espectros de interferencia son entonces deconvolucionados usando un algoritmo matemático (por ejemplo, una FFT) que permite generar un espectro en el dominio de frecuencias el cual, a su vez,
 55 puede ser deconvolucionado para dar un espesor superficial. La exactitud global de las medidas de espesores superficiales es dependiente de una serie de factores tales como valores conocidos de los índices de refracción de cada una de las superficies a ser medidas. Generalmente, las capas deberían ser relativamente transparentes en la

región del espectro electromagnético en donde ocurre la medida, con mínima interferencia de las partículas superficiales.

5 Las técnicas de medida de interferencia de la presente invención pueden ser ejecutadas independientemente del color y pueden ser optimizadas en una región dada del espectro electromagnético para adaptarse a las características de dispersión de la(s) capa(s) a ser medida(s). Se usan guías de luz en la presente invención para entregar y recibir luz desde las una o más sondas de medida para su análisis. Además, controles internos se usan para garantizar la integridad del sistema de medida para reducir errores graves introducidos a través de la operación diaria.

10 La figura 7 muestra un diagrama de bloques de la operación esquemática de una realización de la presente invención. La figura 7 muestra las diferentes interconexiones entre los pasos de luz transmitida y recibida hacia y desde la muestra con la detección de dicha luz con los componentes electrónicos del sistema y la interfaz de control. Debería entenderse que parte de los componentes electrónicos del sistema pueden incluir los componentes electrónicos que dan instrucciones al aparato y/o sistema de la presente invención para movilizarse hasta una nueva posición que permita medida(s) de espesor en una nueva posición.

15 La figura 8 muestra un Sistema de Calibrado de Espesor bilateral autónomo en el que pueden usarse múltiples sondas para determinar espesores sobre cualquiera de los dos lados de un sustrato a ser medido. Esta realización muestra que el sistema de calibrado de espesor puede estar en ambos lados de un sustrato y puede determinar un espesor sobre dos superficies sobre cualquiera de los dos lados de un sustrato. Debería entenderse que, aunque la figura 8 muestra sólo una sonda en ambos lados, se contempla más de una sonda en cada lado y, por lo tanto, está dentro del alcance de la presente invención. En la realización mostrada, los puentes de barrido pueden ser posicionados en diferentes posiciones mediante instrucciones del controlador de posición (es decir, controles de posición en la figura 8). Se contempla que los puentes de barrido puedan moverse sincronizados uno con el otro de forma que estén tomando medidas sobre cada lado de la superficie en ubicaciones idénticas (pero en lados opuestos del sustrato). Como alternativa, los puentes de barrido pueden moverse independientemente uno del otro de forma que cada una de las respectivas sondas en cada uno de los dos lados del sustrato tome medidas en posiciones diferentes del sustrato. También se contempla y, por lo tanto, está dentro del alcance de la invención, que las sondas se muevan sincronizadas una con la otra de forma que una sonda en un lado pueda transmitir radiación electromagnética a través del sustrato y esta radiación electromagnética transmitida sea recibida por la otra sonda de forma que pueda medirse un espesor por comunicación entre las dos sondas.

30 La figura 9 muestra una punta de sonda que ilumina una superficie con radiación electromagnética. Los números en la figura 9 se refieren a lo siguiente:

- | | |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 – Luz de iluminación | 5 –Luz refractada dentro de la capa |
| 2 – Reflexión en la primera frontera | 6 – Coherencia |
| 3 – Destrucción causada por difusión | 7 Señal compuesta está compuesta de espectros difuso, especular y de interferencia. |
| 4 – Luz refractada devuelta a la superficie | |

35 La figura 9 se usa para ilustrar algunos de los parámetros principales usados en conceptos de medida de espesor. Un cono de luz 7 se usa para ilustrar la fuente de luz. La fuente de luz 7 envía luz 1 para iluminar el sustrato y en la superficie algo de la luz es reflejada inmediatamente al chocar con la superficie 2 y algo de luz pasa a través de la superficie y es refractada 5. Ocurre difusión en casi todas las medidas superficiales hasta al menos un cierto punto pequeño. Difusión, dispersión y/o absorción ocurrirán en la misma longitud de onda pero, en último término, la longitud de onda en la cual ocurre esto depende principalmente de la composición de la capa. La refracción de la luz ocurre en la frontera de cualesquiera dos medios. Al chocar con el sustrato, algo, la mayoría o toda de la luz es reflejada. El elipsoide 4 representa luz refractada volviendo a la superficie. La forma elíptica real obtenida depende del índice de refracción de la capa. La difusión (que incluye dispersión y absorción) está representada por el cilindro 3 y es realmente un efecto lateral destructivo de la rugosidad superficial de la primera capa. El patrón de coherencia de luz está representado por 6. Una difusión excesiva puede, eventualmente, destruir el parámetro de interferencia de la señal compuesta, la cual incluirá sólo reflexión difusa.

45 La figura 10 muestra otra vista de luz que es transmitida desde una sonda hasta una superficie sobre un sustrato y la refracción y reflexión de la luz. La refracción ocurre en la superficie de dos medios diferentes. En la figura 10, cuando la, luz es transmitida desde la sonda hasta una superficie sobre un sustrato, la refracción ocurre en la primera interfase 3 entre el aire (o cualquier líquido en el que pueda estar sumergido el sustrato que contiene la superficie) y la superficie sobre el sustrato. Algo de la luz refractada pasa a través de la superficie sobre el sustrato hasta que se encuentra con la segunda frontera 4 en el sustrato. Algo de la luz es reflejada y se dirige de vuelta hacia la primera interfase tras lo cual encuentra una tercera interfase 3', la cual es la interfase entre la superficie sobre el sustrato y el aire (o el líquido en el cual está sumergido el sustrato que contiene la superficie). La luz que pasa a través de esta interfase es recogida por la sonda y enviada hasta un procesador para su procesamiento para determinar el espesor de la superficie sobre el sustrato. Luz, la cual no es reflejada de vuelta en la segunda interfase (hasta la primera interfase) es refractada en el sustrato 2.

El índice de refracción en la primera interfase es un parámetro que, cuando es estimado y/o medido exactamente, dará datos de medida de espesor exactos. Si se conoce el tipo del material de la superficie, el índice de refracción usualmente puede ser introducido exactamente dando como resultado medidas de espesor superficial exactas. Si se conoce el índice de refracción, la medida puede ser hecha en una única longitud de onda calibrada particular que de como resultado medidas de espesor superficial exactas. Si el índice de refracción no se conoce, generalmente la superficie se mide en la línea D de Sodio para la medida (es decir, 589 nm).

Aunque pueden usarse longitudes de onda únicas, se contempla y, por lo tanto se debería entender también que diferentes interferómetros (por ejemplo, interferómetros Mickelson) y otros sistemas mecánicos y electrónicos pueden usarse en el aparato y/o sistema de la presente invención que permitan aprovecharse de algoritmos de Transformada de Fourier y otros algoritmos para procesar simultáneamente una pluralidad de longitudes de onda permitiendo la adquisición de datos y deconvolución rápidas. El sistema de conmutación (por ejemplo, un sistema de conmutación óptica) puede usarse para permitir que se transmita una pluralidad de longitudes de onda hasta las sondas y los datos recogidos por la sondas sean enviados de vuelta al sistema de conmutación y transmitidos a un procesador (no mostrado en ninguna figura, pero el procesador es usualmente una computadora programada con algoritmos matemáticos) para la medida. Además, se contempla y, por lo tanto está dentro del alcance de la presente invención, que pueda ocurrir el promediado de señal (usando una pluralidad de medidas) en el aparato y/o sistema de la presente invención para dar mejores relaciones señal a ruido así como datos más exactos.

La figura 11 muestra un espectro de reflectancia compuesto de una señal coherente de luz que es deconvolucionado para dar en último término una medida de espesor superficial. La coherencia generalmente ocurre cuando una señal adecuada es devuelta a la primera interfase (véase la figura 10) desde el interior de la capa. La mayor parte de la señal medida está compuesta de luz incidente reflejada desde la primera superficie. Señales simultáneas o armónicas se generan debido a la diferencia de tiempo que ocurre desde la luz reflejada y la luz que se desplaza a través de la capa superficial hasta el sustrato y de vuelta a la primera superficie. Una señal resultante se muestra en la figura 11. Técnicas de calibrado de espesor de precisión pueden emplearse a través de la evaluación cuidadosa de este espectro de reflexión compuesto que permite determinaciones de espesor. En una realización, la señal de interferencia es superpuesta sobre el espectro de reflexión superficial. La señal puede ser medida simultáneamente en una pluralidad de longitudes de onda usando, por ejemplo, los interferómetros discutidos arriba y/o un espectrómetro de matriz de diodos simultáneos de alta velocidad. Pueden emplearse, entonces, algoritmos matemáticos para deconvolucionar esta pluralidad de longitudes de onda para generar la(s) determinación(es) de espesor deseada(s).

Como una ilustración, puede ocurrir coherencia a través de la iluminación de una muestra con una fuente de luz policroma. Una ecuación simplificada que puede usarse para aproximar el espesor de una superficie está dada por la fórmula siguiente.

$$Y = A \cos(4\pi nd)$$

En la que A es la amplitud de la señal; Y es el espectro de interferencia; π es aproximadamente 3,1416; n es el índice de refracción en una primera interfase; y d es el espesor geométrico.

Generalmente, todos los valores son conocidos o pueden ser aproximados (por ejemplo, en el caso del índice de refracción) excepto para el espesor d, el cual puede ser deducido porque los otros valores son conocidos.

Las exactitudes relativas de las medidas serán dependientes de la exactitud con la cual pueda ser determinado el índice de refracción. Las exactitudes relativas y velocidades de medida con las cuales el aparato y/o sistema móvil de la presente invención ha determinado espesores se muestran en la tabla 1 inmediatamente debajo.

Tabla 1

Intervalo de longitud de onda	Espesor superficial medio	Barra de error	Velocidad de medida
300-1.100 nm	0,5-4,0 μm	+/- 0,002 μm	200-500 medidas/segundo
300-1.100 nm	5-10 μm	+/- 0,06 μm	200-500 medidas/segundo
300-1.100 nm	15-35 μm	+/- 0,002 μm	200-500 medidas/segundo
730-1.150	2,0-35 μm	+/- 0,1 μm	200-1.000 medidas/segundo

En otra realización, la presente invención se relaciona con una pinza construida de un polímero no conductor, o de algún otro material no conductor, la cual es susceptible de ser posicionada con la mano cuando los operadores cargan un bastidor con sondas de fibra óptica integradas. En una realización, este dispositivo contiene una pluralidad de sondas que pueden usarse para medir espesores en cualquiera de una pluralidad de ubicaciones y facilita un posicionamiento mejorado de la sonda en cualquier ubicación deseada.

En una realización, la presente invención se relaciona con uno más conmutadores ópticos direccionables los cuales facilitan conmutar señales espectrométricas desde diferentes sondas permitiendo con ello la regulación de rendimiento de forma que el sistema de medida es mantenido dentro de condiciones de contorno, permitiendo en consecuencia que sean medidas una pluralidad de señales de una muestra diferentes.

5 En otra realización, la presente invención se relaciona con emplear algoritmos de software los cuales facilitan el control del al menos un conmutador óptico, permitiendo direccionar apropiadamente las diferentes ubicaciones de medida mediante ser capaz de transmitir la radiación apropiada a la sonda deseada. Los algoritmos de software también permiten, opcionalmente, que la radiación que es detectada por la sonda enfocada envíe datos a un procesador apropiado permitiendo que los datos sean procesados para dar una medida de espesor o alguna otra información apropiada.

10 En otra realización, la presente invención se relaciona con una rutina de software, la cual facilita el muestreo de cada sonda y registrar datos en una base de datos. Los datos que son introducidos en una base de datos pueden ser usados para una pluralidad de propósitos. Un ejemplo es que los datos de la base de datos pueden usarse para mantener registros, por ejemplo, cuando se está anodizando, mirar la eficiencia del proceso de anodizado durante un período de tiempo dado. Además, puede emplearse un algoritmo de software que facilite una comparación de resultados medidos obtenidos desde cualquier una o más sonda(s) y/o ubicación(es) de la una o más sonda(s) con respecto a una tabla de datos de proceso permitiendo referenciar cada sonda con un conjunto de controles de proceso. Esto permite mecanismos de retroalimentación en los que los datos que se obtienen de una o más sondas pueden usarse iterativamente para modificar un proceso en curso. Por ejemplo, si la sonda A toma una medida de un espesor superficial en una ubicación dada y se encuentra que el espesor superficial no es suficientemente grueso, el proceso que está agregando la superficie a un sustrato puede ser modificado iterativamente para hacer la superficie agregada en esa parte del sustrato más gruesa. Una medida subsiguiente permitirá entonces a un operador (o al algoritmo preprogramado) determinar si es necesario hacer más modificaciones.

15 El aparato y/o sistema de anodizado de la presente invención es capaz de determinar un espesor de revestimiento de un sustrato (por ejemplo, una superficie anodizada) en una pluralidad de ubicaciones. Esto es ventajoso sobre el ser capaz de monitorizar un espesor de revestimiento en sólo un punto porque cuando se monitoriza en un solo punto, la media no representa completamente la revestimiento en diferentes zonas del baño de anodizado. Midiendo en una pluralidad de puntos, el sistema anodizado puede ser medido más eficientemente y más exactamente, conduciendo a una superficie revestida más uniformemente (porque los revestimientos pueden ser aplicados iterativamente con las medidas). Además, teniendo una pluralidad de sondas situadas en diferentes posiciones, esto supera la necesidad de posicionar una sonda de medida dada en cualquier lugar específico antes de la medida (conduciendo a medidas más rápidas). Esto sería ventajoso, por ejemplo, en una industria en la que las superficies anodizadas son creadas en grandes cantidades (por ejemplo, en industrias de envasado de bebidas).

25 En las industrias de envasado de bebidas y, en particular, la industria de envasado en latas de aluminio, el proceso de determinar el espesor de diferentes superficies puede conducir a ahorros monetarios potencialmente grandes en la industria. La figura 3 muestra un área en sección transversal de una hojalata. En esta hojalata, el interior de la capa de metal (por ejemplo, aluminio) puede estar cubierto con una capa de óxido y/o una capa de barrera y/o una capa de revestimiento de conversión. La capa de óxido es añadida a menudo a la capa de metal para mejorar las propiedades de adhesión de los revestimientos de conversión. La(s) capa(s) de barrera se aplican para aislar la contención desde el interior de la lata acabada. La figura 3 también muestra capas en el exterior de la hojalata. Estas capas son a menudo capas de protección que se añaden al exterior de la lata, las cuales protegen el metal del ambiente y pueden mejorar la capacidad para imprimir sobre la lata por el usuario final. Ser capaz de medir cada una de estas capas mientras que las latas están siendo fabricadas, puede proporcionar retroalimentación automática al operador que fabrica las latas que permitirá que el proceso de fabricación de latas sea ajustado iterativamente de forma que se apliquen a la lata los espesores de capa correctos. Por ejemplo, ser capaz de medir in situ el espesor de la hojalata puede, también, permitir la optimización de la capa de óxido lo cual facilitaría una mejora en la eficiencia de la línea de espiral. La productividad puede también ser mejorada eliminando costosos ensayos de laboratorio y validación de los espesores de capa del a hojalata. Además, ensayos in situ también pueden eliminar problemas de seguridad y salud causados por los métodos de ensayos destructivos.

30 La pluralidad de sondas en el apto y/o sistema de la presente invención también tiene la ventaja de permitir el posicionamiento de las sondas antes de la medida. Una vez que las sondas están en su lugar, pueden tomarse una pluralidad de medidas sin tener que reposicionar una sonda. En un aparato y/o sistema que tenga sólo una sonda, un operador puede tener que reposicionar una sonda después de una medida. El posicionamiento incorrecto o irregular de las sondas con respecto a la muestra causa una variación sustancial en el rendimiento óptico dentro del sistema de medida que conduce a la posibilidad de errores.

35 En una realización, la presente invención se relaciona con tener, opcionalmente, una pluralidad de conductores de bastidor individuales asociados con el sistema de medida de espesores. Los conductores facilitan la regulación de potencia en diferentes zonas del baño de anodizado permitiendo regular exactamente el control de la densidad de corriente en todo el baño de anodizado. Un sistema de conmutación con control electrónico capaz de controlar fuentes de alimentación tanto en a.c. como en c.c. se emplea para aplicar y retirar potencia a cada zona de anodizado, permitiendo una regulación cuidadosa de zonas diferentes en el baño de anodizado, lo cual en último término conduce a una superficie anodizada aplicada más uniformemente.

5 El aparato y/o sistema emplea, además, un monitor de espesor de revestimiento multizona (por ejemplo, que incluye, al menos, una pluralidad de guías de luz de fibra óptica para transmitir luz hasta y desde el sustrato), que permite una pluralidad de medidas las cuales también conducen en último término a una superficie anodizada aplicada más uniformemente. El aparato y/o sistema también usa, opcionalmente, un modulador óptico controlado electrónicamente que facilitará un rendimiento óptimo.

10 En una realización, la presente invención contiene también un algoritmo auto-optimizador el cual superpone una señal de modulación de luz, la cual es inducida mediante un efecto de interferencia, a un algoritmo autosintonizadores óptimamente usado para determinar espesores. Como ejemplo, el algoritmo autosintonizador puede ser un algoritmo FFT. La utilización de este algoritmo remedia el problema de una capa de anodizado que es semitransparente en ciertas regiones del espectro electromagnético medido (es decir, las regiones que constituyen las regiones UV, VIS, IR cercano e IR desde 180-2.500 nm). Este algoritmo autooptimizador optimizará automáticamente el algoritmo (por ejemplo, un algoritmo FFT) para intervalos de espesor de capa específicos en la región que comprende intervalos de espesor desde 0,1 micras hasta 150 micras. En aplicaciones de capa más delgada, donde la capa de anodizado comienza a formarse, otros algoritmos están disponibles para el análisis hasta 15 que la capa película alcanza condiciones de contorno óptimas del algoritmo (por ejemplo, algoritmo FFT).

En consecuencia, debería estar claro a los expertos normales en la técnica que la presente invención tiene las ventajas siguientes:

20 1. La integración de un sistema de medida y control a un aparato y/o sistema móvil o portátil que permite la aplicación de una superficie y la medida del espesor de esa superficie, simultáneas. En una realización, el aparato y/o sistema móvil o portátil está dirigido a un aparato móvil o portátil que tiene un bastidor de anodizado que permite el anodizado y la medida simultáneas de la superficie anodizada del sustrato.

2. El uso de un espectrómetro o fotodiodo como detector.

3. El uso de emisión acústica, electromagnética o de radiofrecuencia.

25 4. El empleo de algoritmos matemáticos adicionales para su uso en diferentes fases del proceso que incluyen, pero no están limitados a, algoritmos diseñados para medir transmisión, reflectancia, color, densidad óptica, dispersión y absorción.

5. El empleo de un conmutador/atenuador óptico programable para acomodar diferentes sondas de medida que permite medidas desde una pluralidad de ubicaciones.

30 6. El empleo de una pluralidad de pinzas novedosas para montar directamente las sondas para posicionar las sondas hacia las muestras.

7. El empleo de un bastidor de anodizado multizona para controlar de manera exacta la densidad de corriente en cada una de las zonas que permite la aplicación eficiente y exacta de una superficie anodizada.

8. Un sistema de conmutación controlado electrónicamente e integrado y un regulador a.c./c.c. para ajustar la potencia a diferentes zonas en el bastidor que permite la aplicación eficiente y exacta de una superficie anodizada.

35 9. Un enlace de comunicaciones inalámbrico que incluye controlador alojado para comunicar con los controladores que se desplazan permitiendo que un aparato y/o sistema móvil o portátil se mueva tanto vertical como horizontalmente para adquirir datos en las sondas desde una pluralidad de posiciones.

40 Se contempla, y por lo tanto está dentro del alcance de la presente invención, que el sistema y/o aparato de la presente invención tiene, opcionalmente, equipamiento que permite medir diferentes propiedades ópticas de luz reflejada desde la superficie de una superficie anodizada (además de ser capaz de medir el espesor de la capa anodizada). Además, la presente invención también se relaciona con ser capaz de medir una superficie antes de una fase de anodizado del proceso.

45 La presente invención, en una realización, también está dirigida a un sistema de anodizado con monitorización de color y reflectividad integral para control de apariencia de un producto anodizado. Las instalaciones descritas en esta memoria acomodarán tal medida. Algoritmos que pueden usarse incluyen, por ejemplo, ASTM standard E 308 para medida de color y un controlador de punto final de color integrado o controlador de punto de consigna integrado mediante el cual cada proporciona unos medios para controlar color o bien en un punto final deseado o para mantener un control de color en continuo. Generalmente, la fase de adición de colorante ocurre después del anodizado y puede incluir controles de proceso que faciliten la variación de tamaño de poro para acomodar 50 colorantes de tipo de interferencia.

55 Si el aparato está diseñado para dar instrucciones para que un sustrato sea anodizado en su superficie, el baño asociado con el aparato puede, opcionalmente, incluir un electrodo, un baño de tratamiento y una fuente de alimentación, la cual puede ser una fuente de alimentación en corriente continua. También, el baño puede incluir un depósito para almacenar un electrolito y una bomba para circular la solución electrolítica. El electrolito puede ser suministrado al baño de tratamiento a través de un tubo de alimentación y una entrada de electrolito en el baño de

tratamiento. Una porción del electrolito puede ser devuelta a un depósito a través de una salida de electrolito y un tubo de retorno. Otra porción del electrolito puede ser devuelta al depósito a través de un rebosadero y un tubo de rebose. El electrolito en el depósito es controlado mediante una temperatura predeterminada y por medio de un controlador.

5 Puede ocurrir el anodizado mediante el suministro de corriente eléctrica desde una fuente de alimentación en c.c. que fluye a través del electrodo y el electrolito. La corriente eléctrica fluye hasta el sustrato a través de una película de anodizado. Subsecuentemente, la corriente eléctrica fluye de vuelta a la fuente de alimentación en c.c.. Más detalles concernientes a baños y sistemas de anodizado se discuten en, por ejemplo, los documentos de patentes de EE.UU. números 5851373; 5693208; 4894127; 4537664; 4478689; 4251330; 4014758 y 3959091.

10 Después de suministrar la una o más sondas con radiación para medir espesores superficiales, la una o más sondas (las cuales pueden incluir un producto de papel, lamina o rejilla) del presente aparato y/o sistema capturan la radiación reflejada y/o refractada desde el sustrato (es decir, la muestra).

15 Antes de anodizar, las superficies de sustrato pueden ser limpiadas sumergiendo el sustrato en un detergente para eliminar materiales extraños tales como grasa y polvo que interfieren con la adhesión del revestimiento. Una limpieza más a fondo del sustrato puede incluir el proceso de eliminar escamas u otros compuestos superficiales por inmersión en un líquido agresivo adecuado; (algunas veces, asistido electroquímicamente para limpiar la superficie) seguido por un paso de eliminación de ácido que puede implicar la inmersión del sustrato en agua desionizada. Entonces, puede seguir el anodizado en continuo del sustrato.

20 La fuente de radiación de la presente invención puede ser policroma, por ejemplo, cualquiera de una combinación de ultravioleta (UV), visible, infrarrojo cercano o infrarrojo (IR), o monocroma. Una fuente de radiación que es policroma puede ser un subconjunto de cualquiera de UV (que tiene longitudes de onda en el intervalo de unos 4 hasta unos 350 nanómetros), visible (que tiene longitudes de ondas de radiación las cuales reaccionan los órganos de visión, que varía desde unos 350 hasta unos 700 nanómetros) e IR (que tienen longitudes de onda entre 750 nanómetros y 1 milímetro). Ejemplos de tales subconjuntos incluyen radiación ultravioleta en el vacío (radiación UV que tiene longitudes de onda menores de unos 200 nanómetros; denominadas así porque a longitudes de onda más cortas la radiación es absorbida fuertemente por la mayoría de los gases), radiación ultravioleta lejana (la región de longitud de onda corta del intervalo UV: unos 50 a unos 200 nanómetros), radiación ultravioleta cercana (radiación ultravioleta que tiene longitudes de onda en el intervalo de unos 300 a 400 nanómetros), radiación infrarroja lejana (región de longitud de onda larga del intervalo infrarrojo: unos 50 a unos 1.000 micrómetros) y radiación infrarrojo cercano (radiación que tiene longitudes de onda en el intervalo de unos 0,75 a unos 2,5 micrómetros).

30 El aparato de espesor de revestimiento puede incluir, opcionalmente, una fuente de radiación adicional. La fuente de radiación y la fuente de radiación adicional pueden ser cualquiera de policroma y monocroma y se seleccionan para complementarse una a otra, por ejemplo, para mejorar la intensidad y amplitud de la radiación reflejada disponible para determinar el espesor de un revestimiento sobre un sustrato. Típicamente, una fuente de radiación única tiene una intensidad que es la mayor en un intervalo central pero decrece en ambos extremos. Complementando la una fuente de radiación con una fuente de radiación adicional, puede haber un solape de las intensidades decrecientes para eliminarlas. De esta manera, pueden realizarse varias ventajas. Por ejemplo, puede haber un aumento de la relación señal a ruido con respecto a la radiación reflejada. También, puede haber un aumento en el intervalo de radiación reflejada que puede ser capturada.

40 La una o más sondas del aparato y/o sistema pueden, opcionalmente, incluir también una guía para entregar la radiación de vuelta a un detector y pueden incluir, también opcionalmente, un colimador. El colimador, si está presente, puede usarse para dirigir la radiación reflejada capturada en un acoplador que dirija la radiación a un detector.

45 El uno o más detectores pueden, opcionalmente, ser de un tipo que demodula el espectro reflejado una vez que es recibido. Ejemplos de equipos que podrían usarse con detectores se incluyen, por ejemplo, en los documentos de patentes de EE.UU. números 6052191; 5999262; 5289266; 4748329; 4756619; 4802763; 4872755 y 4919535. Parte de determinar el espesor de revestimiento es a través de demodular el espectro reflejado. Se conocen diferentes técnicas para medir esto incluyendo un método de interferencia de color, un método de absorción, una relación de la intensidad de la longitud de onda máxima a la intensidad de la longitud de onda mínima y un método por transformada rápida de Fourier (FFT) (por ejemplo, el procesamiento de una señal generada mediante ondas que golpea un detector, por medio de lo cual la señal es transformada en una serie temporal digital para análisis del espectro). Más detalles concernientes a determinación de espesor de revestimiento simple y múltiple se discuten en, por ejemplo, los documentos de patentes de EE.UU. números 6128081; 6052191; 5452953; 5365340; 5337150; 5291269; 5042949; 4984894; 4645349; 4555767 y 4014758.

55 En una realización, el uno o más detectores de espesor de revestimiento incluyen, opcionalmente, uno o más sistemas de guía. El uno o más sistemas de guía actúan como un acoplador para dirigir la radiación reflejada desde la una o más sondas hasta el uno o más detectores. El uno o más sistemas de guía pueden, también opcionalmente, actuar para suministrar una radiación fuente a la superficie de sustrato a través de la sonda. Como alternativa, una fuente de radiación puede ser integrada a la una o más sondas para proporcionar una radiación fuente para capturar la radiación reflejada desde un sustrato revestido.

60

En una realización preferida, el uno o más sistemas de guía están compuestos, opcionalmente, de guías de fibra óptica que pueden incluir una pluralidad de fibras dispuestas de manera que capturen la radiación óptimamente, teniendo una composición que transmita la radiación reflejada sin atenuación. El uno o más sistemas de guía pueden incluir múltiples componentes. El uno o más sistemas de guía pueden estar, opcionalmente, acoplados con una fuente de radiación para dirigir la radiación hasta ala superficie del sustrato, así como estar acoplados al uno o más detectores para dirigir la radiación reflejada y/o refractada hasta el uno o más detectores para su análisis. Los sistemas de guía pueden, opcionalmente, incluir múltiples conjuntos de fibras cuando el monitor de espesor de revestimiento incluye múltiples fuentes de radiación y múltiples detectores. La configuración y composición de los haces de fibra óptica se seleccionan para transmitir óptimamente la radiación de interés.

El aparato y/o sistema de anodizado puede incluir, además, un controlador que puede incluir, por ejemplo, una computadora. El sistema de anodizado puede operar sin la computadora o una caja intermedia para comunicar con el controlador.

El sistema controlador puede ser capaz de operar in situ dando medidas en tiempo real del espesor de revestimiento teniendo las una o más sondas dentro del baño.

En una realización, el voltaje de anodizado proporcionado por la fuente de alimentación puede ser ajustado durante el proceso para dar el revestimiento deseado sobre el sustrato. Se encuentran zonas que permiten que cada una de las zonas sea regulada individualmente permitiendo que una corriente definida entre en la zona, lo cual permitirá que ocurra un anodizado bien controlado. De la misma manera, la temperatura del baño y el tiempo de anodizado pueden controlarse. Más detalles concernientes a controladores que pueden usarse en sistemas de anodizado están discutidos en, por ejemplo, los documentos de patentes de EE.UU. números 5980078; 5726912; 5689415; 5579218; 5351200; 4916600; 4646223; 4344127 y 4396976.

El aparato móvil o portátil de la presente invención es, opcionalmente, un aparato móvil que tiene una o más de las características siguientes: el aparato móvil tiene una o más ruedas, el aparato móvil está sobre un bastidor, el aparato móvil puede ser posicionado remotamente, el aparato móvil puede ser llevado a mano, el aparato móvil es robótico, el aparato móvil tiene una máquina de medida en coordenadas (CMM) y/o el aparato móvil tiene una pluralidad de sondas. Más detalles concernientes a control de movimiento y robótica están discutidos en, por ejemplo, los documentos de patentes de EE.UU. números 5872892; 4979093; 4835710; 4417845; 4352620 y 4068156.

Los sistemas CMM emplean crear un origen arbitrario en el que todas las medidas subsiguientes son tomadas con respecto a ese origen. A partir del origen, o bien dos o tres tablas de coordenadas dimensionales pueden ser programadas a partir del origen para dar instrucciones a las sondas dónde ir a continuación para medidas subsiguientes. El sistema CMM, en una realización, puede ser anulado mediante comandos de un operador. Por ejemplo, un operador puede dar instrucciones a las sondas para detener la(s) medida(s) en una ubicación, proceder hasta una segunda ubicación y tomar medidas en esa segunda ubicación.

En una realización, el aparato móvil de la presente invención puede, opcionalmente, ser posicionado remotamente mediante un enlace COM inalámbrico. En el método de la presente invención, el aparato de espesor de revestimiento es movido, opcionalmente, sobre un bastidor por vía de una vía que permite movimiento horizontal y vertical del bastidor. Un operador puede mover iterativamente el aparato de espesor de revestimiento o, alternativamente, el aparato de espesor de revestimiento puede ser, opcionalmente, movido por vía de un algoritmo preprogramado.

La invención anterior ha sido descrita principalmente con referencia a un aparato y/o sistema que se usa para medir y/o aplicar una superficie anodizada sobre un sustrato. Como se describió previamente, debería entenderse que el aparato y/o sistema es un sistema genérico que puede medir igual de fácilmente cualquiera de una pluralidad de superficies sobre un sustrato. Como se aludió arriba, el aparato y/o sistema puede tener cualquiera de una pluralidad de sistemas que permiten la medida de otras propiedades físicas asociadas con el(los) sustrato(s) y/o el proceso. Se contempla y, por lo tanto, está dentro del alcance de la invención, que una cualquiera o más características de cualquier realización descrita previamente pueden combinarse con una cualquiera o más características de cualquier otra realización. En cualquier momento en que se menciona un intervalo en la descripción anterior, se contempla, y por lo tanto está dentro del alcance de la invención, que cualquier número real en ese intervalo es un punto extremo contemplado para un intervalo. Por ejemplo, si un intervalo de medida de espesor de 10 nm a 0,8 cm se describe, se contempla, y por lo tanto está dentro del alcance de la invención, que cualquier intervalo que caiga dentro de este intervalo se contempla. Por ejemplo, un intervalo de 12,52 nm a 0,41 cm se contempla incluso aunque ambos de estos puntos extremos no se mencionan explícitamente. Finalmente, el alcance de la presente invención no es para estar limitado por la descripción que va arriba sino más bien para ser definido por las reivindicaciones que van abajo.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato móvil para medir el espesor de un revestimiento sobre una superficie de un sustrato que comprende:
- 5 un monitor de espesor de revestimiento para medir el espesor de al menos una porción del revestimiento sobre el sustrato, incluyendo dicho monitor de espesor de revestimiento:
- (i) al menos una fuente de radiación para suministrar radiación (1) para ser dirigida hacia al menos una porción del sustrato revestido,
- (ii) al menos una sonda para dirigir dicha radiación (1) en dicha al menos una porción del sustrato revestido y para capturar al menos una porción de la radiación reflejada (2) y refractada (4) por el revestimiento sobre el sustrato revestido, siendo la radiación capturada (7) al menos una porción de la radiación dirigida hacia el sustrato revestido (1) desde dicha fuente de radiación;
- 10 (iii) al menos un detector en comunicación con dicha al menos una sonda, siendo capaz dicho al menos un detector de procesar la radiación capturada (7) para permitir una determinación de al menos el espesor del revestimiento sobre el sustrato; y
- 15 (iv) unos medios de anodizar el sustrato para formar el revestimiento sobre el sustrato;
- caracterizado por que:
- el monitor comprende, adicionalmente, un sistema de conmutación óptica capaz de transmitir dicha radiación suministrada (1) a dicha al menos una sonda y dicha radiación capturada (7) desde dicha al menos una sonda hasta dicho al menos un detector; permitiendo el monitor la determinación del espesor del revestimiento sobre el sustrato en una pluralidad de ubicaciones;
- 20 y los medios de anodizado comprenden un volumen continuo de electrolito que comprende diferentes zonas en donde pueden aplicarse diferentes niveles de corriente a cada una de dichas zonas diferentes.
2. El aparato móvil de la reivindicación 1, en el que el monitor de espesor de revestimiento está diseñado para medir uno o más miembros seleccionados del grupo que consiste en un revestimiento anodizado.
- 25 3. El aparato móvil de la reivindicación 1 o 2, en el que aparato móvil tiene una o más de las características siguientes: el aparato móvil tiene una o más ruedas, el aparato móvil está sobre un bastidor, el aparato móvil puede ser posicionado remotamente, el aparato móvil puede ser llevado a mano, el aparato móvil es robótico, el aparato móvil tiene una máquina de medida en coordenadas (CMM) y/o el aparato móvil tiene una pluralidad de sondas.
- 30 4. El aparato móvil de cualquier reivindicación precedente, que comprende un bastidor que se puede posicionar remotamente.
5. El aparato móvil de cualquier reivindicación precedente, en el que el aparato móvil es posicionado remotamente mediante un enlace COM inalámbrico.
6. El aparato móvil de cualquier reivindicación precedente, en el que los diferentes niveles de corriente se aplican por vía de conmutadores electrónicos.
- 35 7. Un método para medir un espesor de un sustrato revestido que comprende los pasos:
- (i) proveer un aparato de espesor de revestimiento para medir el espesor de al menos una porción de un revestimiento sobre un sustrato, teniendo dicho aparato de espesor de revestimiento al menos una fuente de radiación, al menos una sonda y al menos un detector;
- (ii) proporcionar radiación (1) por vía de la al menos una fuente de radiación y dirigir dicha radiación hacia la al menos una sonda,
- 40 (iii) dirigir dicha radiación (1) desde dicha al menos una sonda hasta al menos una porción del sustrato revestido,
- (iv) capturar al menos una porción de la radiación reflejada (2) y refractada (4) por el sustrato revestido en la al menos una sonda y transmitir dicha radiación reflejada y refractada (7) hasta dicho al menos un detector,
- (v) procesar dicha radiación reflejada y refractada (7) para determinar un espesor del sustrato revestido;
- 45 (vi) mover dicho aparato de espesor de revestimiento hasta una nueva ubicación;
- (vii) repetir uno o más de los pasos (ii)-(vi), y
- (viii) anodizar el sustrato para formar el revestimiento sobre el sustrato;

caracterizado por que:

el aparato de espesor de revestimiento comprende un sistema de conmutación óptica capaz de transmitir dicha radiación suministrada (1) hasta dicha al menos una sonda y dicha radiación capturada (7) desde dicha al menos una sonda hasta dicho al menos un detector;

5 el método comprende, además, determinar el espesor del revestimiento sobre el sustrato en una pluralidad de ubicaciones; y

el anodizado del sustrato se lleva a cabo en diferentes zonas en un volumen continuo de electrolito, en donde pueden aplicarse niveles de corriente diferentes a cada una de dichas zonas diferentes.

8. El método de la reivindicación 7, en el que la al menos una sonda comprende fibras ópticas.

10 9. El método de la reivindicación 7 u 8, en el que el sustrato revestido es revestido con una capa anodizada.

10. El método de la reivindicación 7, 8 o 9, en el que el aparato de espesor de revestimiento es movido por vía de una vía.

11. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7-10, en el que un operador puede mover iterativamente dicho aparato de espesor de revestimiento.

15 12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7-11, en el que el aparato de espesor de revestimiento es movido por vía de un algoritmo preprogramado.

13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7-12, que comprende, además, mover dicho aparato de espesor de revestimiento mediante un enlace de comunicaciones inalámbrico.

20

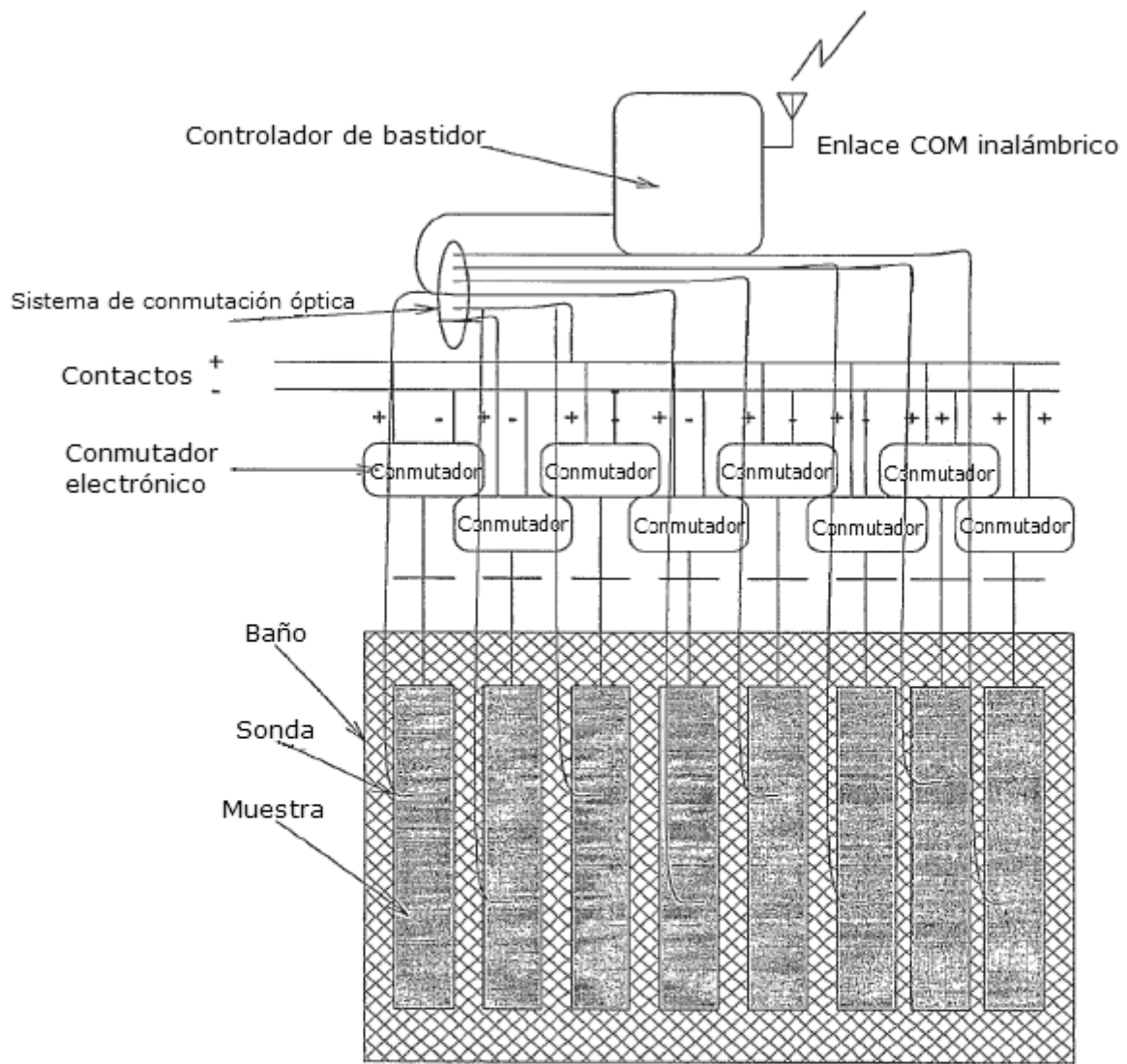


Figura 1

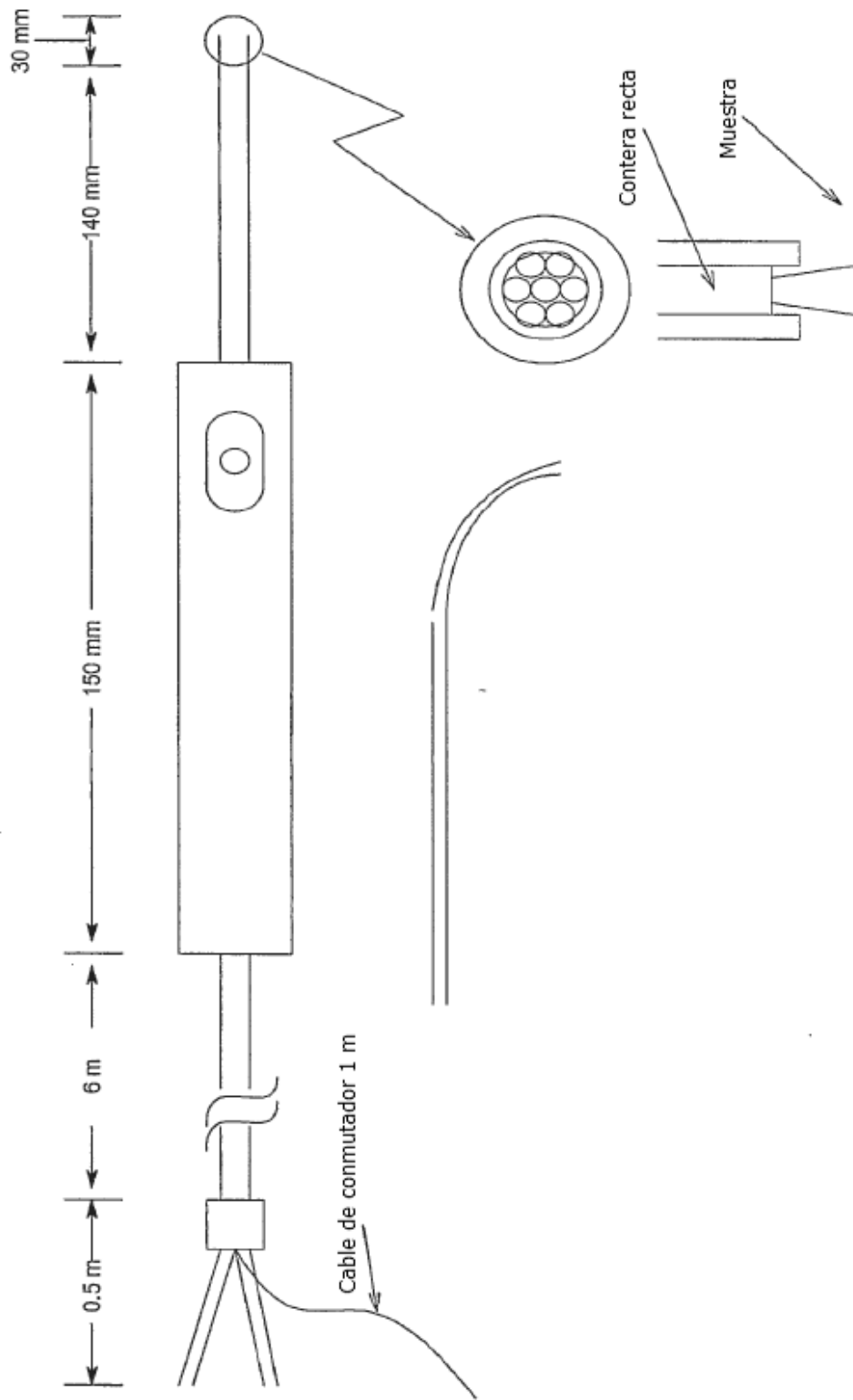


Figura 2

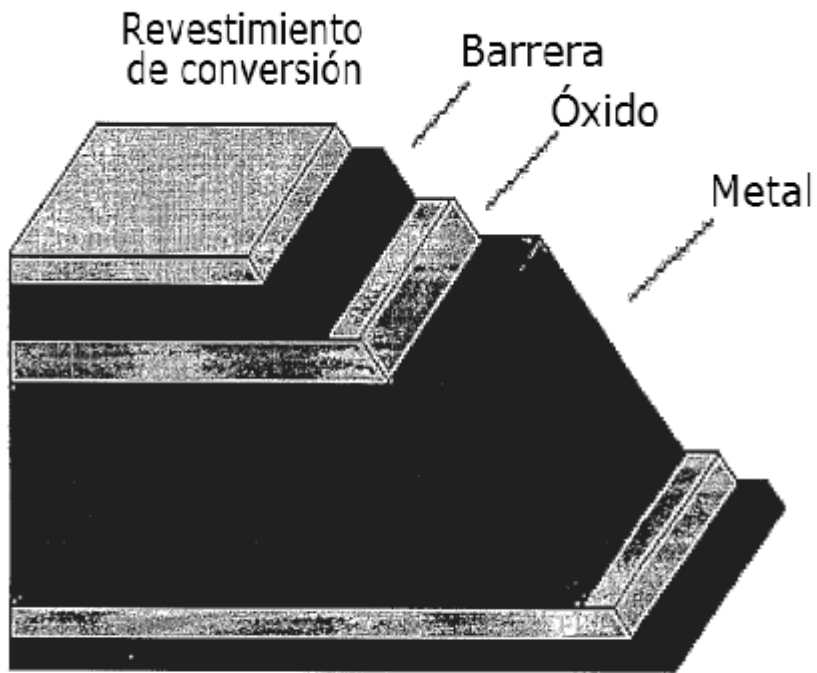


Figura 3

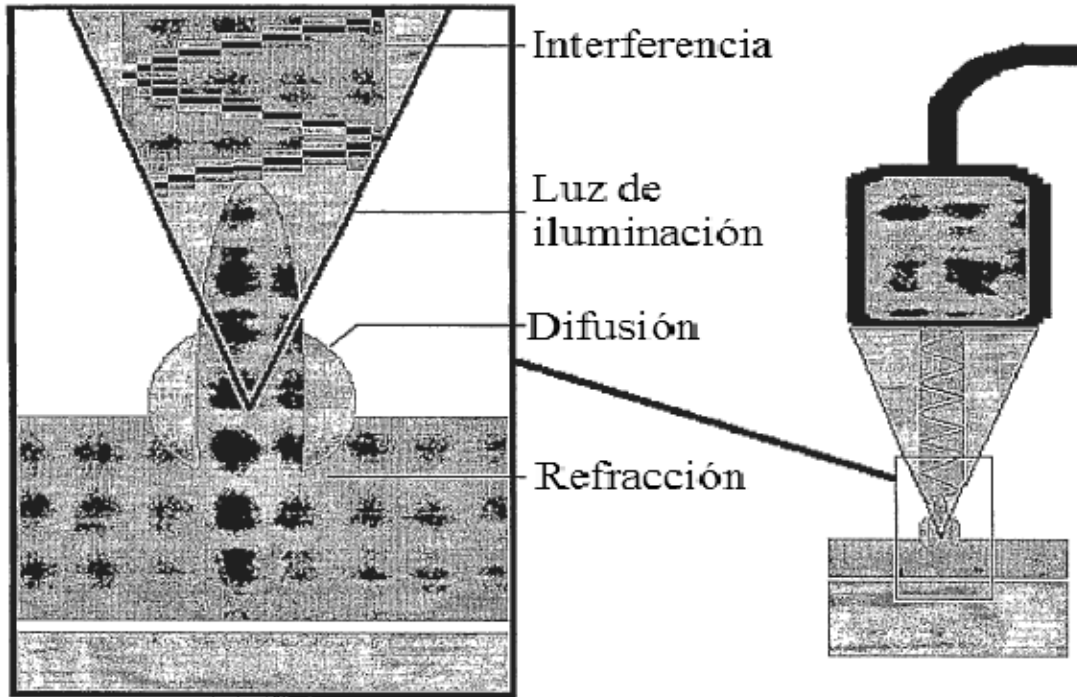


Figura 4

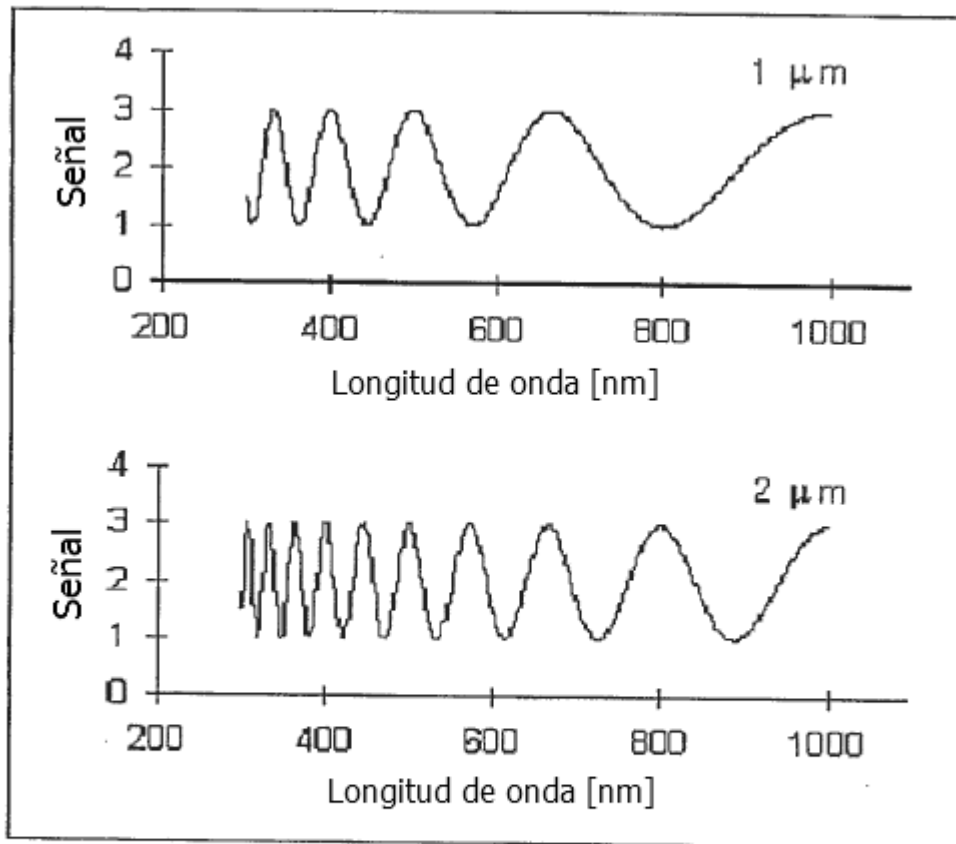


Fig. 2 Ejemplo de un espectro de interferencia de una capa de $1\mu\text{m}$ y $2\mu\text{m}$

Figura 5

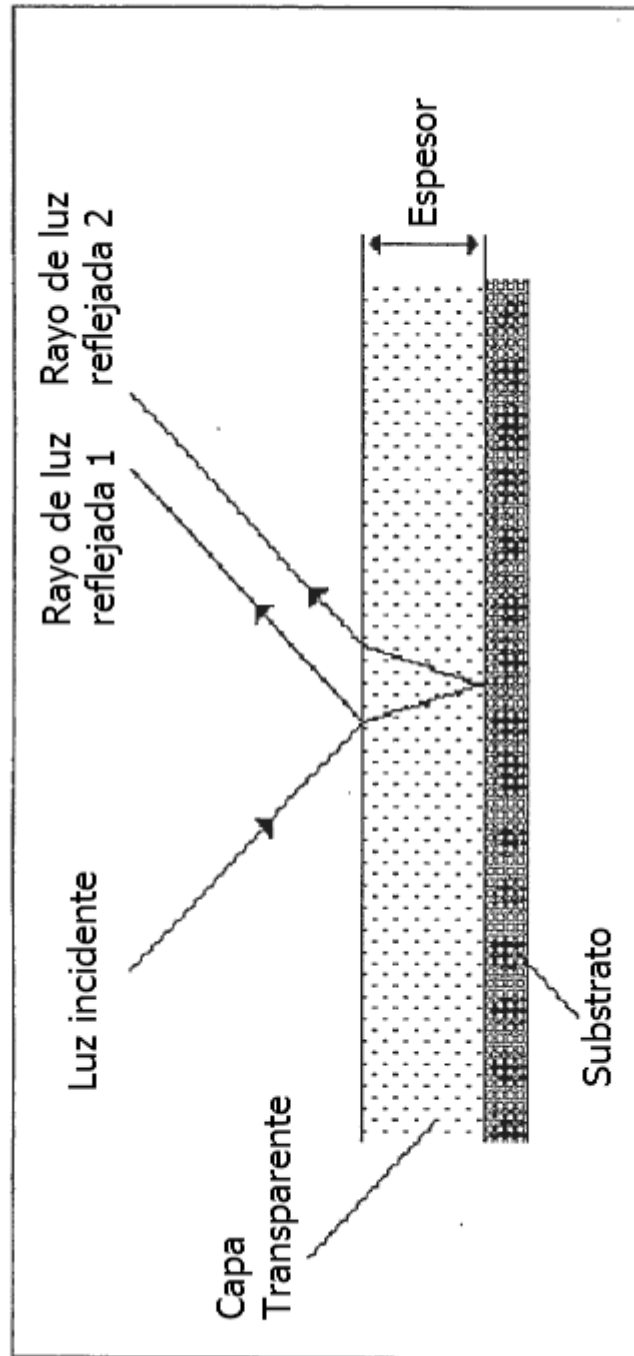


Fig. 1 Reflexión de la luz en dos superficies

Figura 6

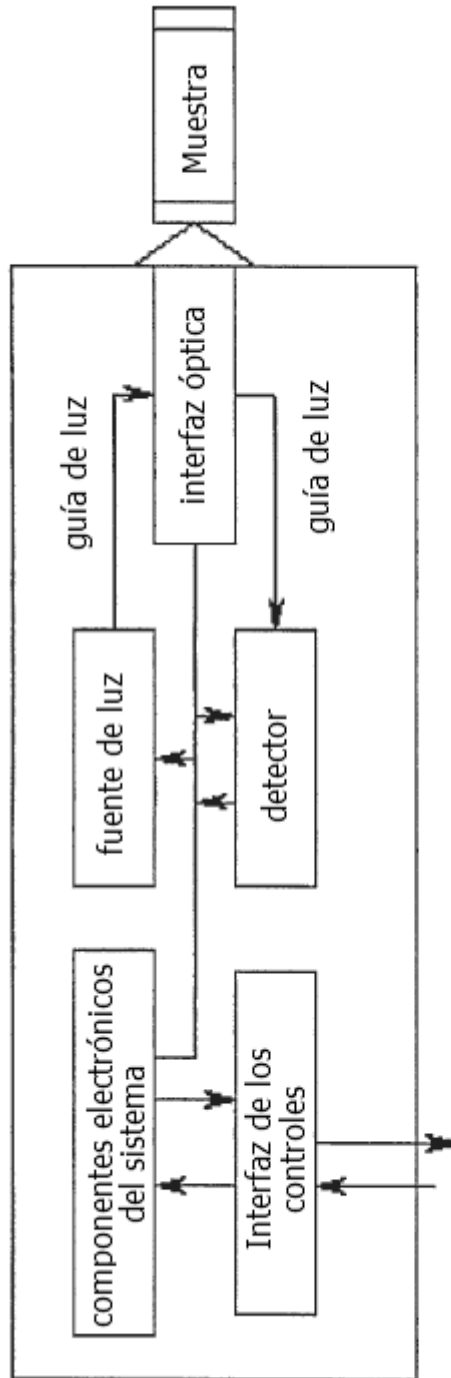


Figura 7

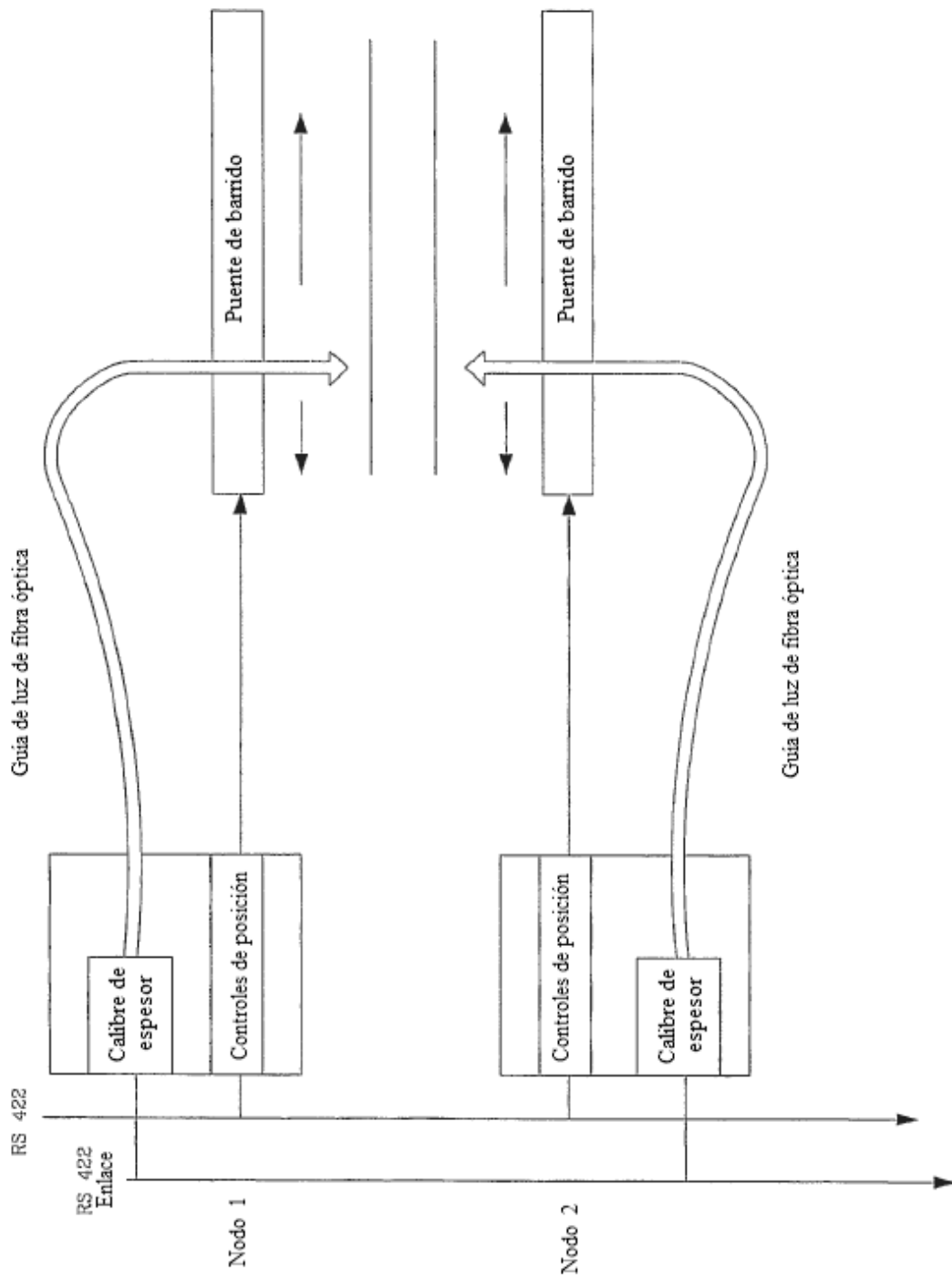


Figura 8

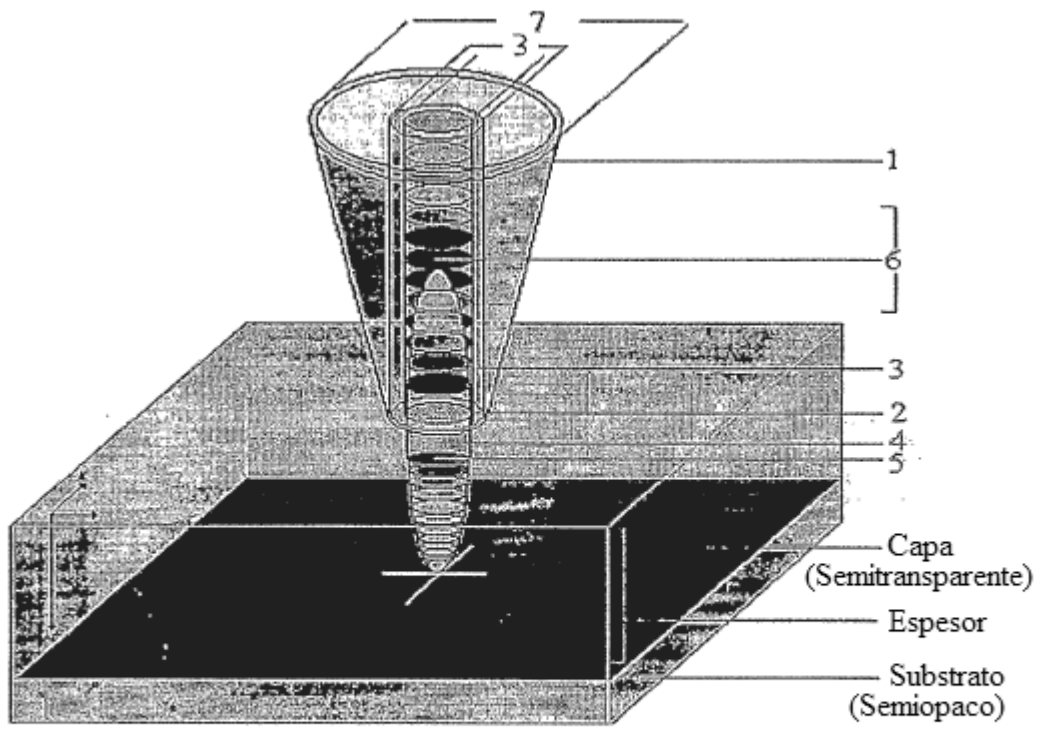


Figura 9

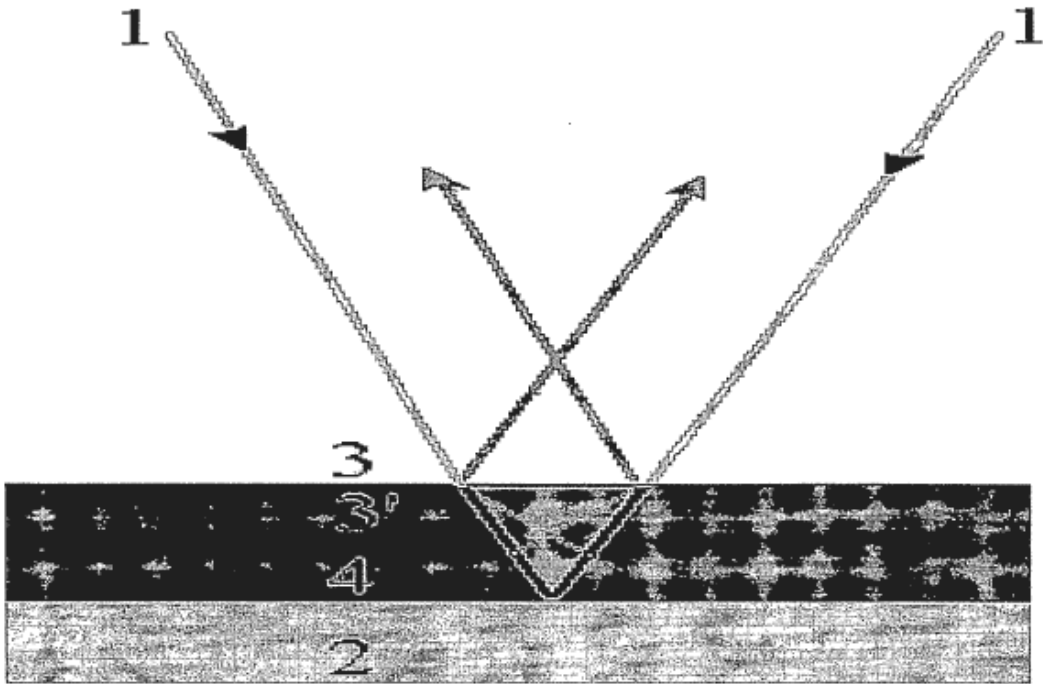


Figura 10

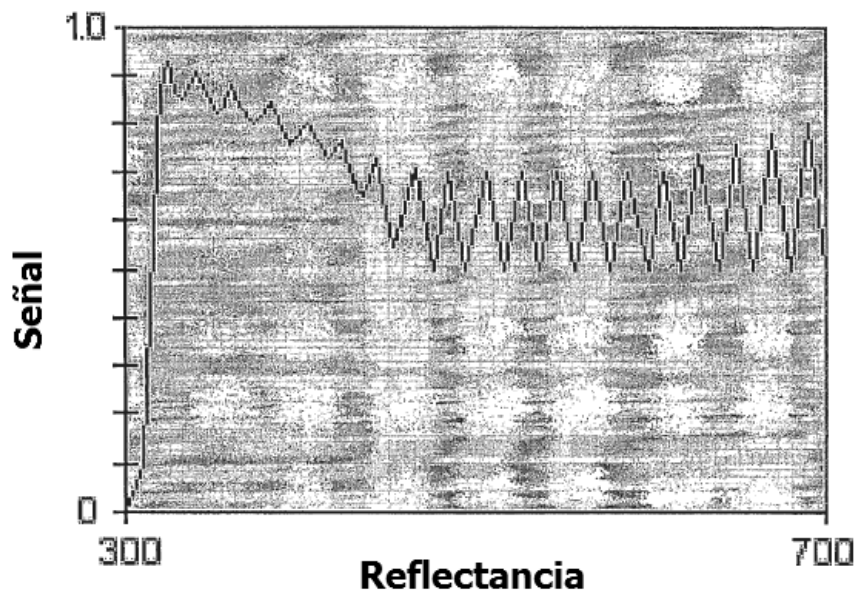


Figura 11