

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 314**

51 Int. Cl.:

G02B 1/04 (2006.01)

G02B 1/11 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.09.2011** **E 11183135 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2012** **EP 2437084**

54 Título: **Lente óptica con capa antirreflectante resistente al rayado**

30 Prioridad:

01.10.2010 DE 102010048088
01.10.2010 US 389019 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.04.2013

73 Titular/es:

CARL ZEISS VISION INTERNATIONAL GMBH
(100.0%)
Gartenstrasse 97
73430 Aalen, DE

72 Inventor/es:

NEUFFER, ANDREAS

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 400 314 T3

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

DESCRIPCIÓN

Lente óptica con capa antirreflectante resistente al rayado

- 5 La presente invención se refiere a una lente óptica con un elemento de lente fabricado de plástico, particularmente transparente en un intervalo espectral visible, y con un revestimiento que presenta varias capas, en la que las varias capas presentan al menos una capa de alta refracción.

Una lente óptica de este tipo se conoce por ejemplo por el documento EP 0 698 798 A2.

- 10 En lentes ópticas, particularmente en cristales de gafas, hoy día como material se usa, en lugar de un cristal de silicato, cada vez con más frecuencia un plástico transparente en el intervalo espectral visible. A diferencia del cristal de silicato, el plástico ofrece las ventajas de un peso más bajo, una resistencia a la rotura más alta, una colorabilidad y la posibilidad de colocar una montura sin borde. Una desventaja conocida de lentes ópticas de plástico es, sin embargo, la susceptibilidad muy superior de la superficie frente a cargas mecánicas, particularmente de un deterioro por rayado.

- 20 Para minimizar esta susceptibilidad frente a cargas mecánicas en lentes ópticas de plástico, se aplica sobre el plástico un revestimiento que debe proteger la lente óptica frente a acciones mecánicas. Por regla general, una laca dura asume esta función protectora. La laca dura debe ser transparente igualmente en el intervalo visible y debe presentar un índice de refracción afín a la lente óptica, para garantizar una buena permeabilidad óptica y evitar interferencias de color indeseadas. Los materiales típicos para laca dura son por ejemplo siloxanos o un compuesto cerámico orgánicamente modificado, en el que en una matriz de polisiloxano está incorporado un átomo metálico, por ejemplo titanio, en lugar de un átomo de oxígeno.

- 25 Además se conoce dotar las lentes ópticas de las denominadas capas antirreflectantes, para evitar reflejos molestos. En este caso se trata por regla general de una secuencia de capas, en la que están aplicadas capas alternas con un primer índice de refracción y capas con un segundo índice de refracción más alto en comparación con el primer índice de refracción. En el documento EP 0 698 798 A2 mencionado anteriormente se propuso ya integrar estas capas antirreflectantes, que están compuestas, por ejemplo, de materiales inorgánicos, oxídicos y ópticamente transparentes, en el concepto del revestimiento para la protección frente a carga mecánica.

- 30 En el documento EP 0 698 798 A2 se propone un revestimiento que presenta cristal de borosilicato que se deposita por evaporación sobre los cristales por medio de un procedimiento PVD (*Physical Vapour Deposition*). El revestimiento debe presentar un espesor de hasta 3 μm como protección frente al rayado. Una capa de este tipo si bien protege la lente formada de plástico frente a las influencias mecánicas tales como el rayado, sin embargo no impide que por su parte puedan rayarse las capas por debajo o por encima de esta capa para la facilitación de una protección frente al rayado, o sea particularmente las capas antirreflectantes, y así puedan conducir a capas opacas y que dispersan la luz.

- 40 Por tanto, un objetivo de la presente invención es proporcionar una lente óptica, particularmente un cristal de gafas, con un revestimiento que, además de buenas propiedades antirreflectantes, no sea susceptible frente a cargas mecánicas.

- 45 Por tanto, según la invención se propone perfeccionar la lente óptica mencionada anteriormente en el sentido de que una capa superhidrófoba termine el revestimiento, particularmente de manera opuesta al elemento de lente, que al menos una capa de alta refracción presente, particularmente en total, un espesor inferior a 40 nm, particularmente inferior a 36 nm, y que el revestimiento presente en total un espesor superior a aproximadamente 380 nm.

- 50 Por consiguiente se prevé que un espesor de capa total de las capas de alta refracción ascienda a menos de 40 nm, particularmente a menos de 36 nm. En el caso de exactamente una capa de alta refracción, la exactamente una capa de alta refracción presenta, por consiguiente, un espesor inferior a 40 nm, y en el caso de más de una capa de alta refracción (o al menos dos capas de refracción), las capas de alta refracción presentan juntas (o en total) un espesor inferior a 40 nm.

- 55 Por consiguiente se proporciona por un lado una lente óptica con un elemento de lente fabricado de plástico, particularmente transparente en un intervalo espectral visible, y con un revestimiento que presenta varias capas, en la que las varias capas presentan exactamente una capa de alta refracción, en la que de manera contigua al elemento de lente está configurada una capa de laca dura, en la que una capa superhidrófoba termina el revestimiento, en la que la exactamente una capa de alta refracción presenta un espesor inferior a 40 nm, y en la que el revestimiento presenta en total un espesor superior a aproximadamente 380 nm.

- 60 Por consiguiente se proporciona por otro lado una lente óptica con un elemento de lente fabricado de plástico, particularmente transparente en un intervalo espectral visible, y con un revestimiento que presenta varias capas, en la que las varias capas presentan al menos dos capas de alta refracción, en la que de manera contigua al elemento de lente está configurada una capa de laca dura, en la que una capa superhidrófoba termina el revestimiento, en la

que las al menos dos capas de alta refracción presentan en total un espesor inferior a 40 nm, y en la que el revestimiento presenta en total un espesor superior a aproximadamente 380 nm.

5 La susceptibilidad de superficies ópticas frente a un rayado se mide en la fabricación de cristales de gafas con la denominada prueba de Bayer de Colts Laboratories, en la que se conduce una determinada cantidad de partículas angulosas sobre la superficie del cristal de gafas y a continuación se evalúa ópticamente el cristal de gafas. En esta prueba de Bayer de Colts Laboratories se conduce un material abrasivo sobre los cristales de prueba y referencia, que son cristales de gafas Standard-CR39 no revestidos con 0 dioptrías de intensidad óptica, fijados en la base de una cuba pequeña mediante movimiento lateral de la cuba. A continuación se evalúan los cristales de prueba, es
10 decir se mide la cantidad de luz dispersa generada mediante el rayado. El resultado de la prueba es un número que indica cómo de resistente es la lente sometida a prueba en comparación con la lente de referencia de CR39 no revestido. En caso de CR39 se trata de poli(carbonato de alildiglicol).

15 La invención presentada en el presente documento soluciona el problema de la capacidad de carga mecánica de la lente óptica formada de un plástico con una capa antirreflectante especial, ópticamente de banda ancha, de manera que en la aplicación de la prueba de Bayer se genera sólo una luz dispersa mínimamente elevada, lo que se expresa en valores de Bayer de > 17 .

20 La lente óptica con el correspondiente revestimiento puede fabricarse por medio de un procedimiento PVD en sí conocido. Como alternativa son concebibles también otros procedimientos conocidos para la obtención de tales sistemas de capa delgada, por ejemplo procedimientos CVD (*Chemical Vapour Deposition*) pero también variantes de los procedimientos mencionados anteriormente fomentadas por iones o plasma.

25 Por "de alta refracción" se entiende en cuestión un material, particularmente una capa de un material, con un índice de refracción de $n > 1,65$, particularmente a una longitud de onda de 550 nm. Hasta este índice de refracción, también en cuanto al sustrato usado con un índice de refracción por ejemplo de 1,6 ó 1,67, las capas actúan sólo poco o no actúan nada como medio de dispersión para la luz. Particularmente, las capas de los siguientes materiales son capas de alta refracción y pueden formar las capas de alta refracción: CeO_2 , Cr_2O_3 , HfO_2 , ITO, mezcla de La_2O_3 - Nb_2O_5 , mezcla de La_2O_3 - TiO_2 , Nb_2O_5 , mezcla de Al_2O_3 - Pr_6O_{11} , mezcla de Al_2O_3 - Pr_6O_{11} , Sc_2O_3 ,
30 SiO , Ta_2O_5 , TiO_2 , mezcla de TiO_2 - Al_2O_3 , óxidos de Ti-Pr, Y_2O_3 , ZrO , ZrO_2 , mezcla de ZrO_2 - TaO_2 , mezcla de ZrO_2 - TiO_2 , ZnS , mezcla de ZrO_2 - Y_2O_3 , SiO_xN_y , SiN_x , Si_3N_4 , así como capas de mezclas de estos materiales y/o variaciones supra o subestequiométricas de estos materiales.

35 Si se prevén más de una capa de alta refracción, básicamente todas las capas de alta refracción de la lente óptica pueden estar formadas por el mismo material. Sin embargo también puede preverse que las capas de alta refracción estén formadas de materiales distintos de los materiales mencionados anteriormente.

40 Por "de refracción media" puede entenderse en cuestión una capa de un material con un índice de refracción de $1,5 < n \leq 1,65$ a una longitud de onda de 550 nm. Particularmente las capas de los siguientes materiales son capas de refracción media y pueden formar las capas de refracción media: Al_2O_3 , MgO , mezcla de Al_2O_3 - Pr_6O_{11} , WO_3 así como capas de mezclas de estos materiales y/o variaciones supra o subestequiométricas de estos materiales.

45 Por "de baja refracción" puede entenderse en cuestión una capa de un material con un índice de refracción de $n \leq 1,5$ a una longitud de onda de 550 nm. Particularmente las capas de los siguientes materiales son capas de baja refracción y pueden formar las capas de baja refracción: SiO_2 , mezcla de SiO_2 - Al_2O_3 , BaF_2 , CaF_2 , Na_3AlF_6 , MgF_2 , YbF_3 , mezcla de YbF_3 - CaF_2 , YF_3 , mezcla de YF_3 - BaF_2 así como capas de mezclas de estos materiales y/o variaciones supra o subestequiométricas de estos materiales.

50 Por consiguiente, el objetivo presentado anteriormente se soluciona completamente.

Para presentar una alta estabilidad frente al rayado, es decir un valor de Bayer > 17 , con simultáneamente buenas propiedades antirreflectantes, es decir esencialmente un grado de reflexión inferior al 2,5% en un intervalo de longitud de onda visible, particularmente en un intervalo de 450 nm a 650 nm, por consiguiente debe revestirse la lente óptica inicialmente con una laca dura adecuada. Sobre esta laca dura puede aplicarse entonces una estructura
55 de múltiples capas de capas antirreflectantes que presenta en total un espesor superior a aproximadamente 380 nm, particularmente superior a aproximadamente 400 nm. Dentro de estas capas antirreflectantes deben permanecer las capas de alta refracción en total lo más delgadas posible. Particularmente, la al menos una capa de alta refracción debe presentar un espesor en total no superior a 40 nm, particularmente no superior a 35 nm.

60 De manera opuesta al elemento de lente compuesto de plástico, el revestimiento debería terminar entonces con una capa superhidrófoba.

En una forma de realización preferente se prevé que la capa superhidrófoba esté formada de un material, sobre el que el agua adopta un ángulo de contacto superior a 90° , particularmente puede preverse que la capa superhidrófoba esté formada de un material, sobre el que el agua adopta un ángulo de contacto superior a 95° , particularmente 100° .

En una capa superhidrófoba de este tipo se minimiza el rozamiento de deslizamiento entre las superficies de capa y partículas que se encuentran en la superficie de capa, lo que por un lado provoca un resbalamiento mejorado del agua sobre la lente óptica y por otro lado minimiza un rozamiento de deslizamiento entre la superficie de capa y las partículas usadas durante la prueba de Bayer, lo que conduce a un mejor resultado de prueba.

En una forma de realización preferente puede preverse que el revestimiento presente exactamente una capa de alta refracción. Particularmente puede preverse a este respecto que la exactamente una capa de alta refracción presente un espesor inferior a 20 nm, particularmente inferior a 15 nm. Con ello resultan propiedades claramente mejoradas en cuanto a la carga mecánica.

En otra forma de realización preferente puede preverse que el revestimiento presente dos capas de alta refracción. Particularmente, una de las dos capas de alta refracción puede presentar un espesor de aproximadamente 10 nm. Además, las dos capas de alta refracción presentan en total o juntas un espesor no superior a 40 nm, particularmente no superior a 35 nm.

En una forma de realización preferente puede preverse que la al menos una capa de alta refracción esté formada de ZrO_2 , TiO_2 o Ta_2O_5 .

Además se prevé en una forma de realización preferente que el revestimiento presente al menos una capa de baja refracción y/o al menos una capa de refracción media. La al menos una capa de baja refracción puede estar formada particularmente de SiO_2 o MgF_2 . De esta manera se consigue una acción antirreflectante especialmente buena con estructura mecánicamente estable de manera simultánea.

En una configuración de la invención especialmente ventajosa se prevé a este respecto que la al menos una capa de alta refracción esté incrustada o dispuesta entre dos capas de baja refracción o entre dos capas de refracción media o entre una capa de baja refracción y una capa de refracción media.

En una forma de realización preferente de la invención se prevé que una dureza de las varias capas aumente desde la capa de laca dura hacia la capa superhidrófoba. Con otras palabras, un gradiente de la dureza del revestimiento debería aumentar desde la capa de laca dura hacia la capa superhidrófoba. Se ha mostrado que en este caso puede obtenerse un valor de Bayer claramente mejor.

En una configuración de la invención se prevé que entre la capa más baja de la al menos una capa de alta refracción y la capa de laca dura estén dispuestas de manera alterna al menos dos capas de baja refracción y al menos dos capas de refracción media. Particularmente puede preverse a este respecto que estén dispuestas tres capas de refracción media y dos capas de baja refracción entre la capa más baja de la al menos una capa de alta refracción y la capa de laca dura. Como alternativa puede preverse también que estén dispuestas dos capas de refracción media y tres capas de baja refracción entre la capa más baja de la al menos una capa de alta refracción y la capa de laca dura.

Además puede preverse en una configuración que las capas presenten al menos una capa de baja refracción, al menos una capa de refracción media y al menos una capa de alta refracción desde la capa superhidrófoba hasta inclusive la capa de alta refracción más baja.

En una configuración preferente de la invención se prevé que entre la capa superhidrófoba y la capa de laca dura estén dispuestas de manera alterna al menos dos capas formadas de SiO_2 y al menos tres capas formadas de Al_2O_3 , limitando una de las tres capas formadas de Al_2O_3 con la capa de laca dura. Con esta estructura y en cumplimiento de los espesores indicados según la invención de las distintas capas y del revestimiento puede obtenerse un buen resultado de prueba en la prueba de Bayer, con buenas propiedades antirreflectantes, es decir un grado de reflexión esencialmente inferior al 2,5% en el intervalo espectral visible.

Puede preverse en otra configuración de la invención que la al menos una capa de alta refracción presente un índice de refracción $n > 1,65$. Además puede preverse que la al menos una capa de refracción media presente un índice de refracción $1,5 < n \leq 1,65$, y que la al menos una capa de baja refracción presente un índice de refracción $n \leq 1,5$.

En otra configuración de la invención puede preverse que el revestimiento, excluyendo la capa de laca dura, presente en total un espesor superior a aproximadamente 380 nm. Por consiguiente, en este caso se aplica la condición para el espesor mínimo del revestimiento excluyendo la capa de laca dura. Entonces deben presentar ya la capa superhidrófoba y las capas antirreflectantes, es decir las capas de baja refracción, de refracción media y de alta refracción, en total un espesor superior a 380 nm.

Se entiende que las características mencionadas anteriormente y las que van a explicarse aún a continuación pueden usarse no sólo en la combinación indicada respectivamente, sino también en otras combinaciones o de manera individual, sin abandonar el contexto de la presente invención.

Ciertos ejemplos de realización de la invención están representados en el dibujo y se explican en más detalle en la siguiente descripción. Muestran:

- 5 la figura 1 una curva de reflexión de un cristal de gafas formado de un plástico con un índice de refracción $n = 1,6$ según el estado de la técnica sin y con una capa antirreflectante de banda ancha,
- la figura 2 una vista esquemática de una lente óptica según la invención,
- 10 la figura 3 una vista esquemática de otra forma de realización de una lente óptica según la invención,
- la figura 4 una curva de reflexión de la lente óptica en la figura 3,
- la figura 5 una vista esquemática aún de otra forma de realización de una lente óptica según la invención, y
- 15 la figura 6 una curva de reflexión de la lente óptica en la figura 5.

La figura 1 muestra una curva de reflexión de un cristal de gafas de plástico con revestimiento antirreflectante de banda ancha con un índice de refracción $n = 1,6$ según el estado de la técnica en comparación con un cristal de gafas de plástico no revestido.

20 Habitualmente un revestimiento de una lente óptica conocida de este tipo presenta una pluralidad de capas sucesivas con respectivamente un índice de refracción más bajo y un índice de refracción más alto y con espesor definido de manera precisa respectivamente. Particularmente en cristales de gafas de alta refracción es importante un revestimiento antirreflectante de banda ancha de este tipo para reducir reflexiones molestas y además para
25 facilitar una transmisión muy buena. Habitualmente están previstas a este respecto varias capas con un índice de refracción relativamente alto, que junto con las capas con el índice de refracción relativamente bajo producen el revestimiento antirreflectante deseado. A este respecto el espesor de capa total de las capas con el índice de refracción más alto asciende a de aproximadamente 50 a 150 nm. De manera correspondiente, el objetivo de la invención es proporcionar una lente óptica con valores de reflexión similarmente buenos, que presente además un
30 valor de Bayer lo más alto posible.

La figura 2 muestra correspondientemente una lente óptica 10 que está configurada según la enseñanza de la presente invención. La lente óptica 10 presenta un elemento de lente 12 transparente en un intervalo espectral visible que está fabricado de un plástico. Este elemento de lente 12 está dotado de un revestimiento 14, en el que el
35 revestimiento 14 presenta varias capas 15. A este respecto, el revestimiento 14 está apoyado sobre el elemento de lente 12. De manera opuesta al elemento de lente 12, el revestimiento 14 termina con una capa superhidrófoba 16. Correspondientemente la capa superhidrófoba 16, cuando se designa el elemento de lente 12 como que se encuentra "por debajo", forma la capa más alta del revestimiento 14. A este respecto, la capa superhidrófoba está formada de un material, sobre el que el agua adopta un ángulo de contacto superior a 90° , particularmente superior
40 a 100° .

Las varias capas 15 presentan además al menos una capa de alta refracción 18. Por una capa de alta refracción se entiende en este caso que el material presenta un índice de refracción $n > 1,65$.

45 De manera contigua al elemento de lente 12 está configurada una capa de laca dura 20. El experto conoce materiales habituales para esta capa de laca dura 20 y se usan ya en el estado de la técnica.

Finalmente, las varias capas 15 comprenden aún otras capas antirreflectantes 22 que pueden comprender tanto capas de baja refracción, capas de refracción media como otras capas de alta refracción. En la forma de realización representada no tiene más importancia, sin embargo, la estructura precisa de estas otras capas antirreflectantes 22 y también puede seleccionarse de manera discrecional.

A la capa de laca dura 20 le corresponde dentro del revestimiento 14 por un lado la función de que la capa de laca dura 20 sirve como compensación de la tensión entre las capas antirreflectantes inorgánicas 18, 22. Las capas antirreflectantes 18, 22 presentan un coeficiente de dilatación térmica relativamente bajo, mientras que al elemento de lente 12 fabricado de un plástico orgánico le corresponde un coeficiente de dilatación térmica alto. Además el
55 lado de la capa de laca dura 20 opuesto al elemento de lente 12 forma una superficie con buena adherencia para las capas antirreflectantes 22.

60 Para alcanzar un valor de Bayer lo más alto posible, se ha mostrado que deberían aplicarse las varias capas 15 con un gradiente de dureza que aumenta desde el elemento de lente 12 hacia la capa superhidrófoba 16. En ensayos se ha mostrado que el valor de Bayer resulta básicamente más bajo cuando las capas que se encuentran más abajo, es decir más próximas hacia el elemento de lente 12, son más duras que las capas que se encuentran más arriba, es decir más próximas hacia la capa superhidrófoba 16. Sobre todo aparece esto cuando las capas que se encuentran más próximas a la capa superhidrófoba 16 presentan al menos una capa de alta refracción 18, tal como es éste el caso con el revestimiento 14. Correspondientemente debería preverse que una dureza de las varias capas
65

15 creciera desde la capa de laca dura 20 hacia la capa superhidrófoba 16.

Correspondientemente a esto, la capa de laca dura 20 adopta una posición central con respecto a la dureza entre la superficie de plástico relativamente blanda y la capa dura antirreflectante. Además, la capa de laca dura 20 sostiene las capas antirreflectantes 18, 22.

Un espesor total del revestimiento 14 debería ser superior a aproximadamente 380 nm, particularmente superior a aproximadamente 400 nm. Particularmente, el revestimiento 14 excluyendo la capa de laca dura 20, es decir únicamente las capas 16, 18, 22, debería presentar ya un espesor superior a aproximadamente 380 nm, particularmente superior a aproximadamente 400 nm. Debido a ello se impide que el revestimiento se rompa con carga mecánica, por ejemplo con una carga mecánica mediante probetas abrasivas en el contexto de la prueba de Bayer, y debido a ello pierda su función protectora o su función antirreflectante. A este respecto, el espesor total de la al menos una capa de alta refracción 18 debe ser, sin embargo, lo más delgado posible. La existencia al menos de una capa de alta refracción 18 es necesaria para un efecto antirreflectante satisfactorio. Para alcanzar un valor de Bayer de > 17 , el espesor total de la al menos una capa de alta refracción no debería ser, sin embargo, superior a 40 nm, particularmente no superior a 35 nm. Se descubrió que un deterioro de la al menos una capa de alta refracción 18 junto con las demás capas antirreflectantes 22 que la rodean, por ejemplo mediante las partículas abrasivas en la prueba de Bayer, genera zonas con acción dispersante elevada para la luz, de manera correspondiente a la calidad y a la cantidad de los deterioros. Esta acción dispersante conduce, dependiendo del deterioro y espesor de la al menos una capa de alta refracción 18, a superficies más o menos opacas, de manera que se reduce el valor de Bayer máximo conseguible por todo el revestimiento 14. Mediante el límite predeterminado del espesor máximo de la al menos una capa de alta refracción 18 puede minimizarse este efecto y puede obtenerse un valor de Bayer óptimo con el revestimiento 14 proporcionado.

La figura 3 muestra una primera forma de realización de una lente óptica 10 según la invención.

En esta forma de realización está configurada exactamente una capa de alta refracción 18 en el revestimiento 14, que se fabricó mediante deposición por evaporación de óxido de titanio (TiO_2). Además están previstas dentro del revestimiento 14 otras capas de baja refracción 24 que están formadas de cuarzo (SiO_2), y capas de refracción media 26 que están formadas de óxido de aluminio (Al_2O_3).

Sobre el elemento de lente 12 está configurada inicialmente la capa de laca dura 20 con un espesor de 1 a 10 μm . Sobre la capa de laca dura 20 está dispuesta inicialmente una capa 26' de óxido de aluminio con un espesor de 25 nm. Sobre ésta a su vez está dispuesta una capa 24' de cuarzo con un espesor de igualmente 25 nm. Sobre ésta está dispuesta una segunda capa 26'' de óxido de aluminio con un espesor de 50 nm, sobre la que está dispuesta a su vez una segunda capa 24'' de cuarzo con un espesor de 60 nm. Sobre ésta sigue entonces una tercera capa 26''' de óxido de aluminio con un espesor de 115 nm. Sobre esta tercera capa 26''' de óxido de aluminio está prevista la capa de alta refracción 18 de óxido de titanio que presenta un espesor de 13 nm. Todo el revestimiento 14 presenta exactamente una capa de alta refracción 18. Sobre ésta está aplicada a su vez otra capa 26'''' de óxido de aluminio en un espesor de 10 nm. A ésta le sigue otra cuarta capa 24'''' de cuarzo con un espesor de 101 nm, sobre la que finalmente está dispuesta la capa superhidrófoba 16 con un espesor de 5 nm que termina el revestimiento 14 hacia arriba.

Mediante la disposición alterna de capas 24 de cuarzo y capas 26 de óxido de aluminio puede conseguirse que se alcance un estrés total intrínseco que no conduzca a la caída de las capas 15. Esto se consigue en cuestión alternándose las capas 26 de óxido de aluminio, en las que impera una tensión de rotura, con las capas 24 de cuarzo, en las que impera una tensión de compresión. La estructura de múltiples capas de varias capas 24 y 26 actúa por consiguiente de manera favorable mecánicamente en cuanto a la tensión total resultante y por otro lado lleva a la acción antirreflectante del revestimiento 14. Básicamente, la estructura de múltiples capas de las capas 24 y 26 puede presentar discrecionalmente muchas capas y distintas combinaciones de espesor y no está limitada a los ejemplos representados. Únicamente se trata de ejemplos preferentes que proporcionan una combinación especialmente favorable en la acción antirreflectante y el valor de Bayer.

La figura 4 muestra una curva de reflexión de la lente óptica 10 representada esquemáticamente en la figura 3. Por medio del revestimiento representado en la figura 3, la lente óptica 10 según la invención puede conseguir, según la primera forma de realización, un valor de Bayer superior a 20. Tal como puede deducirse de la curva de reflexión, la lente óptica 10 presenta además muy buenas propiedades antirreflectantes. En el intervalo espectral visible se encuentra el grado de transmisión en más del 98%. Con ello cumple la lente óptica 10 según la primera forma de realización tanto los requerimientos de la acción antirreflectante como los requerimientos de un alto valor de Bayer.

La figura 5 muestra la lente óptica 10 en una segunda forma de realización de la presente invención. Particularmente se diferencia la forma de realización representada en la figura 5 de la forma de realización representada en la figura 3 debido a que la segunda forma de realización representada en la figura 5 presenta dos capas de alta refracción 18, 18'. Una de las dos capas de alta refracción 18' presenta a este respecto un espesor de aproximadamente 10 nm, particularmente en el presente ejemplo representado exactamente 8,5 nm. El espesor de la otra capa de alta refracción 18 está dimensionado correspondientemente de modo que las capas de alta refracción 18, 18' presenten

en total un espesor inferior a 40 nm, particularmente inferior a 36 nm. Por tanto, en la forma de realización representada en la figura 5 está configurada la capa de alta refracción 18 con un espesor de 22 nm.

5 En la segunda forma de realización representada de la lente óptica 10 está aplicada sobre el elemento de lente 12 inicialmente una capa de laca dura 20 con un espesor de 1 a 10 μm . Sobre ésta se encuentra una capa 26' de óxido de aluminio con un espesor de 57 nm. Sobre ésta a su vez está aplicada una capa 24' de cuarzo con un espesor de 25 nm. Sobre la misma se encuentra una segunda capa 26'' de óxido de aluminio con un espesor de 44 nm, sobre la que a su vez está aplicada una segunda capa 24'' de cuarzo con un espesor de 61 nm. Sobre ésta se encuentra una tercera capa 26''' de óxido de aluminio con un espesor de 60 nm. Sobre esta capa está aplicada entonces la primera
10 capa de alta refracción 18' de óxido de titanio con un espesor de 8,5 nm. Sobre ésta se encuentra a su vez una capa 26''' de óxido de aluminio con un espesor de 45 nm, sobre la que está aplicada entonces a su vez la segunda capa de alta refracción 18'' de óxido de titanio con un espesor de 22 nm. Sobre ésta está aplicada una tercera capa 24''' de cuarzo con un espesor de 106 nm y la capa superhidrófoba 16 con un espesor de 5 nm termina el revestimiento 14 de manera opuesta al elemento de lente 12 hacia arriba. También en una estructura de este tipo del
15 revestimiento 14 pueden obtenerse buenos valores de Bayer. El revestimiento representado en la figura 5 permite conseguir valores de Bayer superiores a 17.

En la figura 6 está reproducida una curva de reflexión de la lente óptica 10 representada en la figura 5. También en este caso existe una buena propiedad antirreflectante de la lente óptica en un intervalo espectral visible,
20 encontrándose el grado de transmisión en más del 98%.

Por último puede distinguirse teniendo en cuenta la figura 3 y la figura 5 que un espesor total del revestimiento 14, particularmente también excluyendo la capa de laca dura 20, es en ambos casos mayor de 400 nm. Además se prevé que una capa de alta refracción 18, 18', 18'' esté incrustada o dispuesta siempre entre dos capas de baja refracción 24 o entre dos capas de refracción media 26 o entre una capa de baja refracción 24 y una capa de refracción media 26. Las capas de alta refracción están fabricadas en los ejemplos de las figuras 3 y 5 de óxido de titanio. Básicamente, sin embargo, pueden fabricarse por ejemplo también de óxido de zirconio (ZrO_2) u óxido de tántalo (Ta_2O_5) u otro de los materiales mencionados anteriormente. Las capas de baja refracción están fabricadas en las formas de realización representadas de cuarzo (SiO_2) y las capas de refracción media de óxido de aluminio (Al_2O_3). Particularmente se usan estos dos materiales de manera alterna para compensar las tensiones mecánicas dentro del revestimiento 14. Como alternativa puede preverse por ejemplo también fluoruro de magnesio (MgF_2) como material de baja refracción.
25
30

REIVINDICACIONES

1. Lente óptica (10) con un elemento de lente (12) fabricado de plástico, particularmente transparente en un intervalo espectral visible, y con un revestimiento (14) que presenta varias capas (15), en la que las varias capas (15) presentan al menos una capa de alta refracción (18), **caracterizada por que** de manera contigua al elemento de lente (12) está configurada una capa de laca dura (20), **por que** una capa superhidrófoba (16) termina el revestimiento (14), **por que** el revestimiento (14) presenta en total un espesor superior a aproximadamente 380 nm, y **por que** en el caso de exactamente una capa de alta refracción (18), la exactamente una capa de alta refracción (18) presenta un espesor inferior a 40 nm, y en el caso de más de una capa de alta refracción (18), las capas de alta refracción (18) presentan juntas un espesor inferior a 40 nm.
2. Lente óptica (10) según la reivindicación 1, **caracterizada por que** la capa superhidrófoba (16) está formada de un material en el que el agua adopta un ángulo de contacto superior a 90°.
3. Lente óptica (10) según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada por que** el revestimiento presenta exactamente una capa de alta refracción (18).
4. Lente óptica (10) según la reivindicación 3, **caracterizada por que** la capa de alta refracción (18) presenta un espesor inferior a 15 nm.
5. Lente óptica (10) según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada por que** el revestimiento (14) presenta dos capas de alta refracción (18).
6. Lente óptica (10) según la reivindicación 5, **caracterizada por que** una de las dos capas de alta refracción (18) presenta un espesor inferior o igual a aproximadamente 10 nm.
7. Lente óptica (10) según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada por que** la al menos una capa de alta refracción (18) está formada de ZrO_2 , TiO_2 o Ta_2O_5 .
8. Lente óptica (10) según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada por que** el revestimiento (14) presenta al menos una capa de baja refracción (24) y/o al menos una capa de refracción media (26).
9. Lente óptica (10) según la reivindicación 8, **caracterizada por que** la al menos una capa de baja refracción (24) está formada de SiO_2 o MgF_2 .
10. Lente óptica (10) según la reivindicación 8 ó 9, **caracterizada por que** la al menos una capa de alta refracción (18) está incrustada entre dos capas de baja refracción (24) o entre dos capas de refracción media (26) o entre una capa de baja refracción (24) y una capa de refracción media (26).
11. Lente óptica (10) según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizada por que** una dureza de las varias capas (15) aumenta desde la capa de laca dura (20) hacia la capa superhidrófoba (16).
12. Lente óptica (10) según una de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizada por que** entre la capa más baja de la al menos una capa de alta refracción (18) y la capa de laca dura (20) están dispuestas de manera alterna al menos dos capas de baja refracción (24) y al menos dos capas de refracción media (26).
13. Lente óptica según una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizada por que** la al menos una capa de alta refracción (18) presenta un índice de refracción $n > 1,65$.
14. Lente óptica según una de las reivindicaciones 8 a 13, **caracterizada por que** la al menos una capa de refracción media (26) presenta un índice de refracción $1,5 < n \leq 1,65$, y **por que** la al menos una capa de baja refracción (26) presenta un índice de refracción $n \leq 1,5$.
15. Lente óptica (10) según una de las reivindicaciones 1 a 14, **caracterizada por que** el revestimiento (14) excluyendo la capa de laca dura (20) presenta en total un espesor superior a aproximadamente 380 nm.

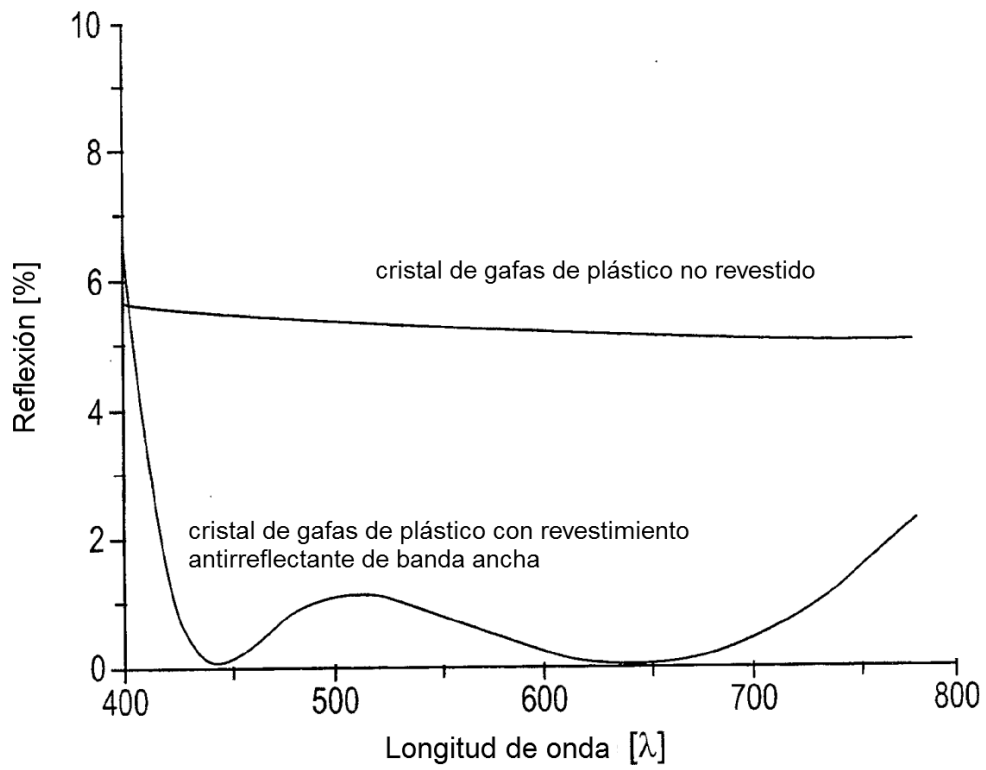


Fig. 1
Estado de la técnica

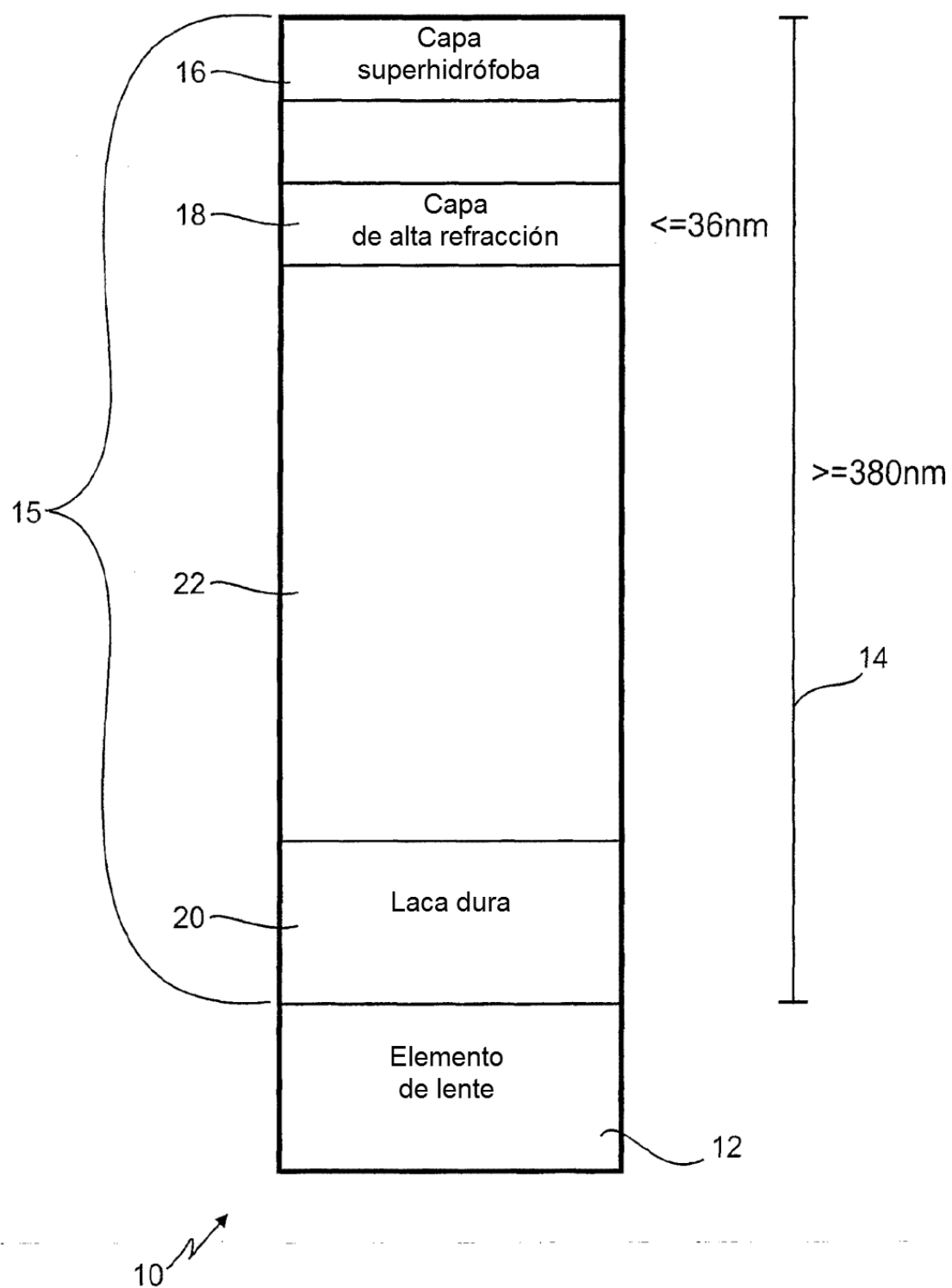


Fig.2

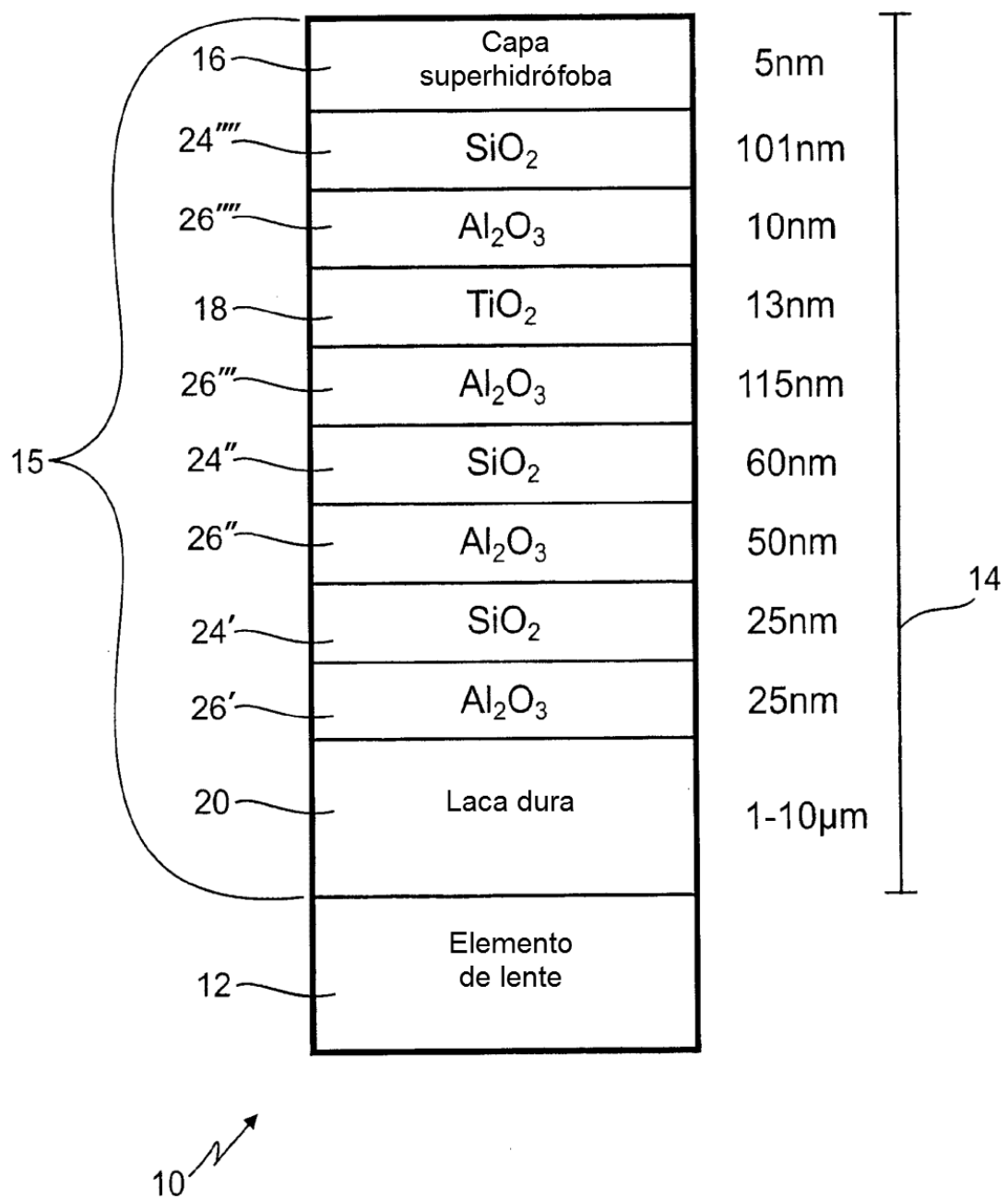


Fig.3

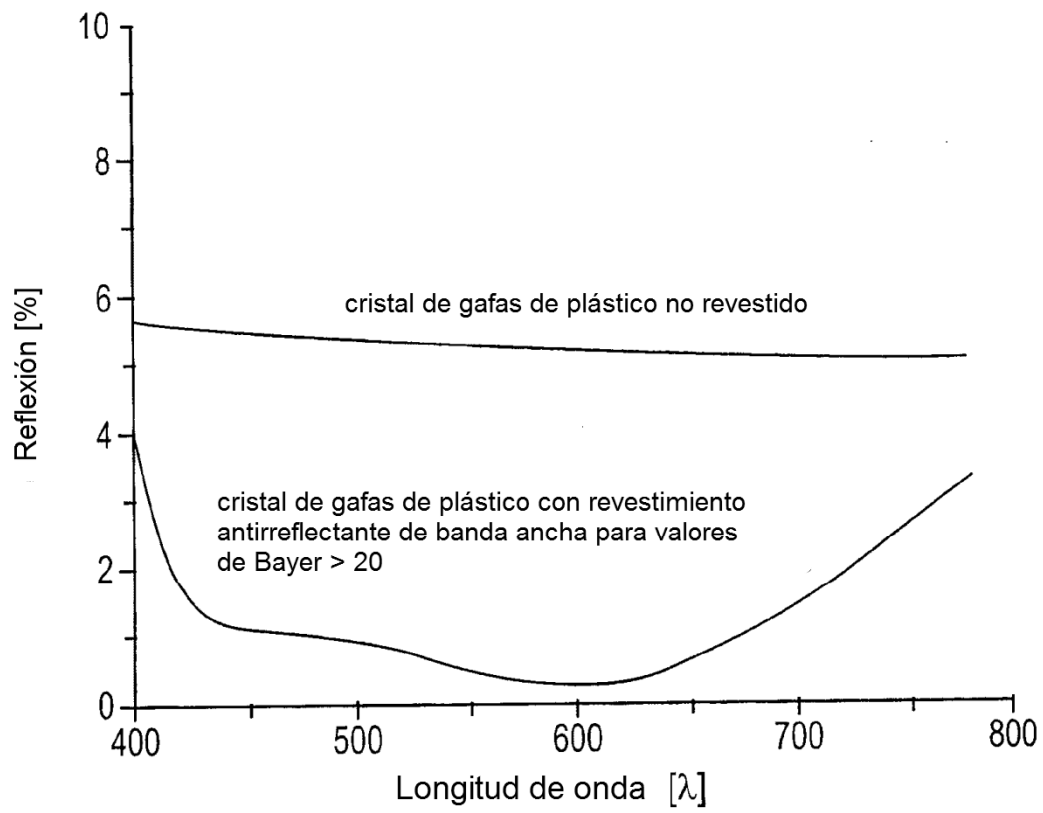


Fig. 4

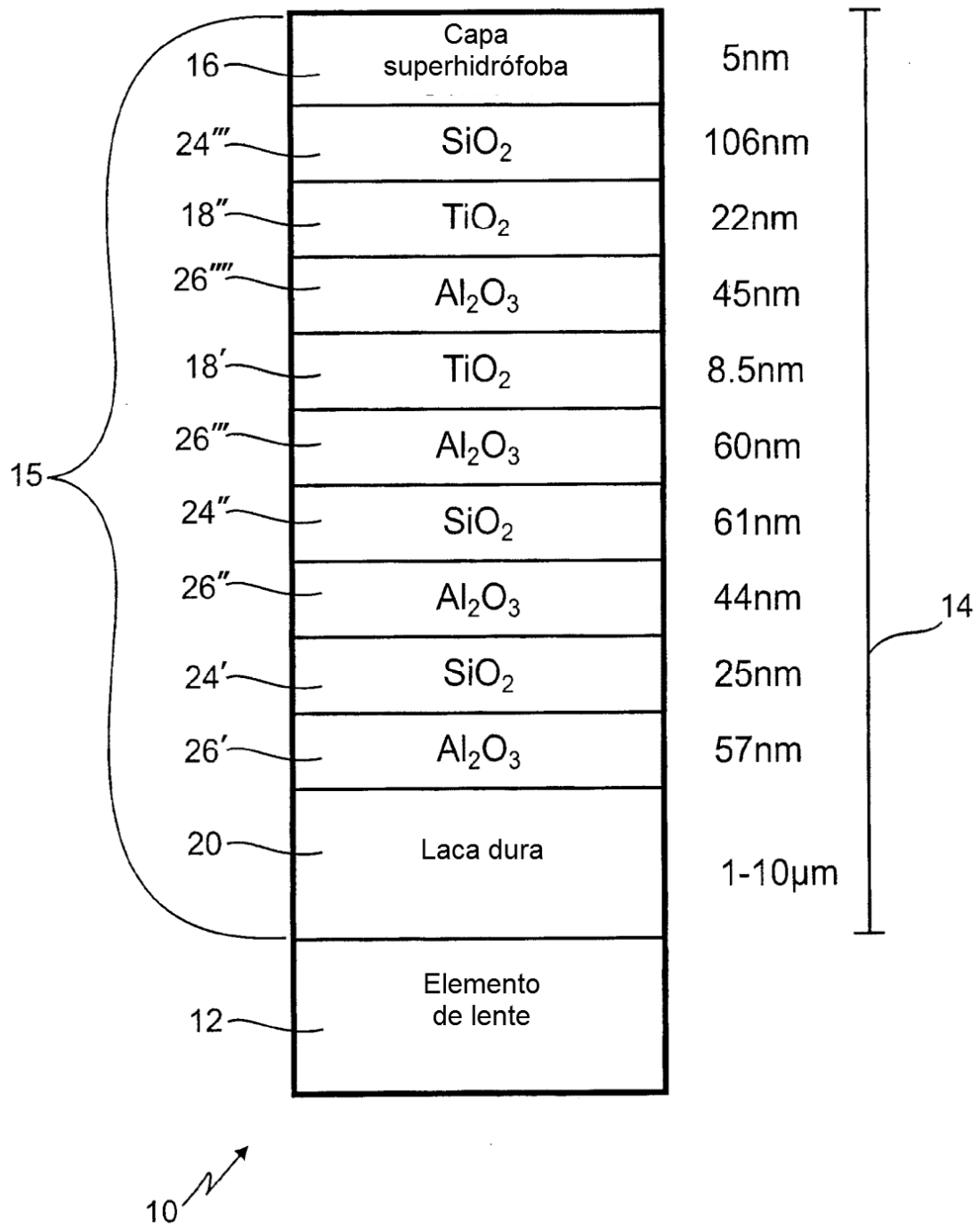


Fig.5

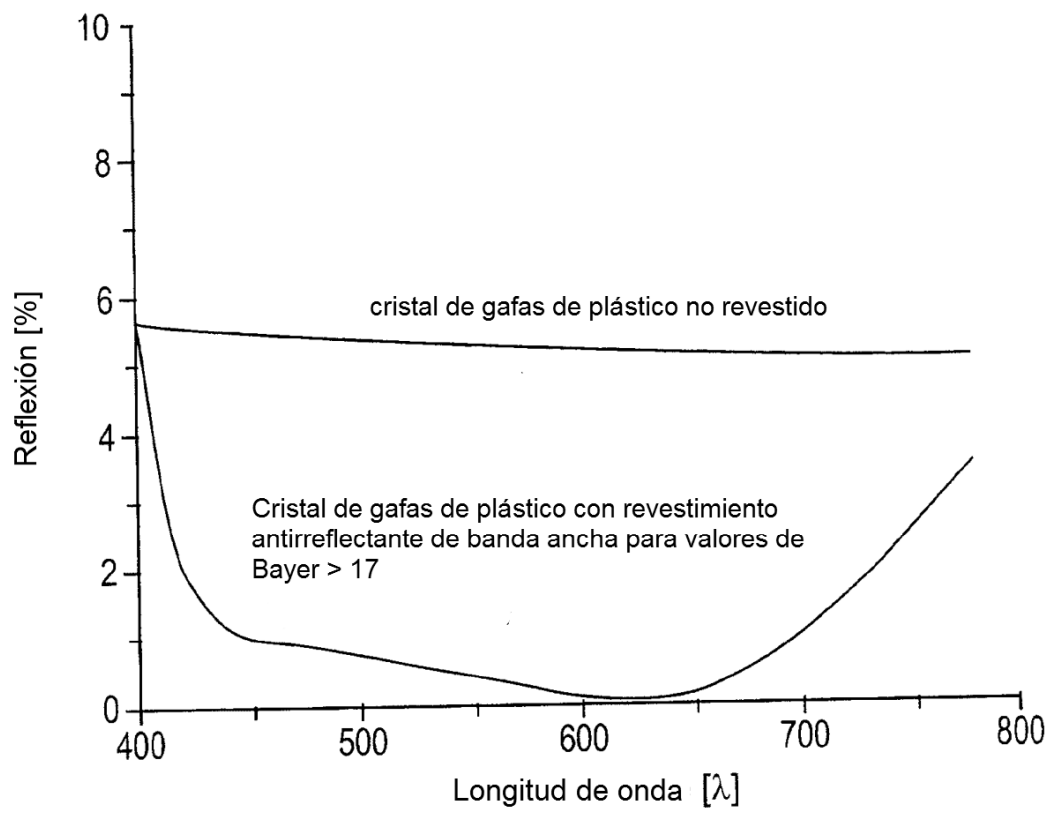


Fig. 6