

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 893 349**

51 Int. Cl.:

G02C 7/10 (2006.01)

G02B 1/16 (2015.01)

G02B 1/116 (2015.01)

G02C 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.05.2014** **PCT/IB2014/000948**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.11.2015** **WO15170133**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2014** **E 14744627 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.08.2021** **EP 3140692**

54 Título: **Artículo óptico que comprende un revestimiento anti-reflectante con una reflexión muy baja en las regiones visible y ultravioleta**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.02.2022

73 Titular/es:

ESSILOR INTERNATIONAL (100.0%)
147, Rue de Paris
94220 Charenton-le-Pont, FR

72 Inventor/es:

BOLSHAKOV, ILYA;
MAURY, HÉLÈNE y
DING, XINGZHAO

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 893 349 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

Artículo óptico que comprende un revestimiento anti-reflectante con una reflexión muy baja en las regiones visible y ultravioleta

CAMPO DE LA INVENCION

- 5 La presente invención se refiere a una lente oftálmica que comprende un revestimiento anti-reflectante que reduce fuertemente la reflexión tanto en la región UV como en la región visible.

DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA RELACIONADA

- 10 Un revestimiento anti-reflectante normalmente consta de una multicapa que comprende capas delgadas interferenciales, generalmente una alternancia de capas a base de un material dieléctrico de alto índice de refracción y un material dieléctrico de bajo índice de refracción. Cuando se deposita sobre un sustrato transparente, la función de tal revestimiento es reducir su reflejo de luz y, por lo tanto, aumentar su transmisión de luz. Por lo tanto, un sustrato así revestido verá aumentada su relación de luz transmitida/luz reflejada, mejorando así la visibilidad de los objetos colocados detrás de él. Cuando se busca conseguir un efecto anti-reflectante máximo, entonces es preferible dotar ambas caras (caras frontal y posterior) del sustrato con este tipo de revestimiento.

- 15 Este revestimiento anti-reflectante se suele utilizar en el campo oftálmico. Por consiguiente, los revestimientos anti-reflectantes tradicionales están diseñados y optimizados para reducir la reflexión sobre la superficie de la lente en la región visible, típicamente dentro del intervalo de espectro de 380 a 780 nm. En general, el factor medio de reflexión de la luz en la región visible R_v en las caras frontal y/o posterior de una lente oftálmica está entre 1,5 y 2,5%.

- 20 Algunos de estos revestimientos anti-reflectantes también pueden diseñarse y optimizarse para reducir la reflexión sobre la superficie de la lente dentro de la banda UVA de 315 a 400 nm y/o la banda UVB de 280 a 315 nm. Estas bandas UVA y UVB son de hecho particularmente dañinas para la retina.

- 25 Por lo tanto, la reflexión media en las regiones UVA y UVB puede alcanzar niveles elevados (hasta un 60%) para las lentes anti-reflectantes tradicionales. Por un lado, en cuanto a los artículos anti-reflectantes no solares que han sido comercializados por la mayoría de los fabricantes a lo largo de estos últimos años, la reflexión media UV sí oscila entre el 10 y el 25%, para un ángulo de incidencia de 30 a 45°.

- 30 No es problemático sobre la cara frontal de la lente, ya que la mayor parte de la radiación UV que proviene de la parte frontal del usuario y puede llegar al ojo del usuario (incidencia normal, 0 a 15°) generalmente es absorbida por el sustrato de la lente oftálmica. Una mejor protección contra la transmisión de la radiación UV se puede obtener mediante lentes oftálmicas solares, que están estudiadas y diseñadas para reducir la luminosidad del espectro visible, absorber totalmente los UVB y absorber total o parcialmente los UVA.

- 35 Por otro lado, la radiación UV resultante de las fuentes de luz ubicadas detrás del usuario puede reflejarse sobre la cara posterior de la lente y llegar al ojo del usuario si la lente no está provista de un revestimiento anti-reflectante que sea eficiente en la región ultravioleta, afectando así potencialmente a la salud del usuario. Tal fenómeno se ve reforzado por la tendencia de las gafas de sol de moda con diámetros altos que aumentan el riesgo de que los reflejos parásitos entren en los ojos.

Se admite que los rayos de luz que pueden reflejarse sobre la cara posterior de la lente y llegar al ojo del usuario tienen un intervalo de ángulo de incidencia estrecho, que oscila de 30 a 45° (incidencia oblicua).

Actualmente no existe ninguna norma relacionada con la reflexión de la radiación ultravioleta de la cara posterior.

- 40 Además, la optimización de las prestaciones anti-reflectantes sobre toda la región ultravioleta revela, en general, ser perjudiciales para las prestaciones anti-reflectantes en la región visible. Por el contrario, la optimización sólo de las prestaciones anti-reflectantes en la región visible no asegura que se puedan obtener propiedades anti-reflectantes satisfactorias en la región ultravioleta.

Hay varias patentes que tratan de métodos para fabricar un revestimiento anti-reflectante que sería eficaz en la región visible y que, al mismo tiempo, es eventualmente capaz de reducir la reflexión de la radiación UV.

- 45 Por ejemplo, la solicitud WO2012/076714 describe una lente oftálmica con valores de reflectancia muy bajos en la región visible. Esta lente oftálmica comprende un sustrato con una cara principal frontal y con una cara principal posterior, estando revestida la cara principal posterior con un revestimiento anti-reflectante multicapa que comprende un apilamiento de al menos una capa que tiene un índice de refracción superior a 1,6 y al menos una capa que tiene un índice de refracción inferior a 1,5. La lente oftálmica se caracteriza por que:

- 50
- el factor medio de reflexión sobre dicha cara posterior en la región visible R_m es inferior o igual al 1,15%,
 - el factor medio de reflexión de la luz sobre dicha cara posterior en la región visible R_v es inferior o igual al 1%,

- el factor medio de reflexión R_{UV} sobre dicha cara posterior entre 280 nm y 380 nm, ponderado por la función $W(\lambda)$ definida en la Norma ISO 13666: 1998, es inferior al 5%, para un ángulo de incidencia de 30° y para un ángulo de incidencia de 45°,
- el revestimiento anti-reflectante multicapa comprende un número de capas superior o igual a 3 e inferior o igual a 7, preferiblemente inferior o igual a 6, más preferiblemente inferior o igual a 5,
- el revestimiento anti-reflectante multicapa no comprende ninguna capa conductora de electricidad con un grosor superior o igual a 20 nm basado en óxido de indio, y
- la capa exterior de revestimiento anti-reflectante es una capa a base de sílice.

Los revestimientos anti-reflectantes descritos en esta solicitud son muy eficientes en la región visible (R_v es inferior o igual al 1%), mientras que al mismo tiempo son capaces de reducir significativamente la reflexión de la radiación UVA, especialmente los rayos ultravioleta A y ultravioleta B. Sin embargo, sería recomendable mejorar su robustez y su apariencia estética, especialmente en incidencia oblicua.

El término "robustez" de una lente en la presente invención se define como la capacidad de esta lente para resistir el cambio a pesar de las variaciones inducidas por su proceso de fabricación. Estas variaciones dependen, por ejemplo, del tipo de sustrato que se utilice, el ajuste de la máquina de fabricación (programa de temperatura, tiempo adecuado, ajuste del cañón de electrones...) y/o su modo de utilización, la sustitución de dicha máquina de fabricación por otra.

De hecho, cuando se fabrica un revestimiento anti-reflectante multicapa a escala industrial, generalmente se producen algunas variaciones de grosor para cada capa. Estas variaciones conducen a una prestación de reflexión diferente, y especialmente a un color reflejado residual percibido especialmente diferente del revestimiento anti-reflectante multicapa. Si el color reflejado residual percibido del revestimiento anti-reflectante de dos lentes es diferente, estas lentes parecerán diferentes y no podrán asociarse en pareja.

Además, dependiendo de las curvaturas de las lentes y el valor de incidencia (ángulo θ), el color reflejado residual del revestimiento anti-reflectante multicapa de cada lente parece no ser de color homogéneo en toda la superficie de la lente ("efecto camaleón"). Un color residual reflejado diferente entre las partes derecha e izquierda de una lente, tal como un gradiente de color de diferentes tonalidades "h" (no es el mismo color que cambia, por ejemplo, de azul a rojo) o un gradiente de color de diferente intensidad de color (por ejemplo, pasar de un color saturado a un color menos saturado, o viceversa) puede ser visto por un observador de acuerdo con el ángulo de incidencia θ . Por tanto, sería deseable mejorar la apariencia estética de tal lente obteniendo, por ejemplo, un color reflejado residual percibido homogéneo de la superficie de la lente para un observador que mira al usuario de la lente.

La mayoría de los revestimientos anti-reflectantes desarrollados hasta ahora se han optimizado para minimizar la reflexión de la luz en incidencia normal, sin tener en cuenta el aspecto óptico y la apariencia estética del revestimiento anti-reflectante multicapa visto en incidencia oblicua y/o sus propiedades de robustez.

El documento JP2011-141339 describe una película anti-reflectante destinada a ser colocada sobre un sustrato que tiene una reflectancia máxima de como máximo 0,2% a una longitud de onda de 400 a 700 nm. En particular, esta película anti-reflectante comprende 11 capas que tienen sucesivamente bajo y alto índice de refracción (es decir, alternativamente SiO_2 y TiO_2) y que tienen, en la dirección que se aleja del sustrato, el siguiente grosor:

- 1) Capa de SiO_2 : 10-31 nm;
- 2) Capa de TiO_2 : 4-34 nm;
- 3) Capa de SiO_2 : 18-45 nm;
- 4) Capa de TiO_2 : 102-117 nm;
- 5) Capa de SiO_2 : 7-27 nm;
- 6) Capa de TiO_2 : 2-18 nm;
- 7) Capa de SiO_2 : 153-180 nm;
- 8) Capa de TiO_2 : 29-41 nm;
- 9) Capa de SiO_2 : 2-13 nm;
- 10) Capa de TiO_2 : 53-66 nm;
- 11) Capa de SiO_2 : 83-95 nm.

Sin embargo, este documento ignora la reflectancia de esta película anti-reflectante en la región UV, especialmente en la banda UVA (es decir, que oscila de 315 nm a 380).

El documento US 2002/0024705 A1 describe una lente oftálmica que comprende las características enumeradas en el preámbulo de la reivindicación 1.

5 Por lo tanto, sigue existiendo la necesidad de proporcionar nuevos revestimientos anti-reflectantes que tengan muy buenas propiedades anti-reflectantes en la región visible y en la región UV, especialmente en los UVA, teniendo al mismo tiempo propiedades de robustez y apariencia estética cualquiera que sea el ángulo de incidencia frente a los revestimientos anti-reflectantes de la técnica anterior.

RESUMEN DE LA INVENCION

La invención se expone en el conjunto de reivindicaciones adjuntas.

BREVE DESCRIPCIÓN DEL DIBUJO

10 La presente invención se describirá con más detalle haciendo referencia al dibujo adjunto, en el que:

La Figura 1 muestra la variación de la reflexión (R,%) sobre la superficie de la cara frontal de algunas lentes preparadas en los ejemplos de la presente solicitud (ejemplos 1 y 7) y para la función espectral $W(\lambda)$ en un ángulo de incidencia θ de 15° en función de la longitud de onda en las bandas UVA (315 a 400 nm), UVB (280 a 315 nm) y en la región visible (380 a 780 nm). En particular, la lente 1 se prepara de acuerdo con la invención y la lente 7 es un ejemplo comparativo de acuerdo con la técnica anterior; y

La Figura 2 es una tabla que muestra las características ópticas de las lentes 1 a 7 descritas anteriormente.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION Y REALIZACIONES PREFERIDAS

20 Los términos "comprender" (y cualquier variación gramatical del mismo, tal como "comprende" y "que comprende"), "tener" (y cualquier variación gramatical del mismo, tal como "tiene" y "que tiene"), "contener" (y cualquier variación gramatical del mismo, tal como "contiene" y "que contiene"), e "incluir" (y cualquier variación gramatical del mismo, tal como "incluye" y "que incluye") son verbos de enlace abiertos. Se utilizan para especificar la presencia de características, números enteros, etapas o componentes o grupos de los mismos, pero no excluyen la presencia o adición de una o más características, números enteros, etapas o componentes o grupos de los mismos. Como resultado, un método, o una etapa en un método, que "comprende", "tiene", "contiene" o "incluye" una o más etapas

25 o elementos posee esas una o más etapas o elementos, pero no está limitado a poseer solo esas una o más etapas o elementos.

Además, a menos que se indique lo contrario, la indicación de un intervalo de valores «de X a Y» o «entre X e Y», de acuerdo con la presente invención, significa que se incluyen los valores de X e Y.

30 En la presente solicitud, cuando un artículo óptico comprende uno o más revestimientos sobre la superficie del mismo, la expresión "depositar una capa o un revestimiento sobre el artículo" pretende significar que una capa o un revestimiento se deposita sobre la superficie externa (expuesta) del revestimiento exterior del artículo, es decir, su revestimiento es el más alejado del sustrato.

35 Un revestimiento, que se dice que está "en" un sustrato o depositado "sobre" un sustrato se define como un revestimiento, que (i) se coloca por encima el sustrato, (ii) no está necesariamente en contacto con el sustrato, es decir, se pueden disponer uno o más revestimientos intermedios entre el sustrato y el revestimiento en cuestión, y (iii) no cubre necesariamente por completo el sustrato.

En una realización preferida, el revestimiento sobre un sustrato o depositado sobre un sustrato está en contacto directo con este sustrato.

40 Cuando "una capa 1 se encuentra debajo de una capa 2", se pretende significar que la capa 2 esté más distante del sustrato que la capa 1.

Como se utiliza en este documento, la cara posterior (o interior) del sustrato pretende significar la cara que, cuando se utiliza el artículo, es la más cercana al ojo del usuario. Es generalmente una cara cóncava. Por el contrario, la cara frontal del sustrato, es la cara que, cuando se utiliza el artículo, está más alejada del ojo del usuario. Es generalmente una cara convexa.

45 La lente oftálmica puede estar revestida sobre su lado principal convexo (lado frontal), lado principal cóncavo (lado posterior) o sobre ambos lados.

En general, el revestimiento anti-reflectante de la lente oftálmica de acuerdo con la invención, que se denominará "revestimiento anti-reflectante", se puede depositar sobre cualquier sustrato, y preferiblemente sobre sustratos orgánicos de lentes, por ejemplo, un material plástico termoplástico o termoendurecible.

50 El termoplástico se puede seleccionar de entre, por ejemplo: poliamidas; poliimida; polisulfonas; policarbonatos y copolímeros de los mismos; poli (tereftalato de etileno) y polimetilmetacrilato (PMMA).

Los materiales termoendurecibles se pueden seleccionar de entre, por ejemplo: copolímeros de cicloolefina tales como copolímeros de etileno/norborneno o etileno/ciclopentadieno; homopolímeros y copolímeros de alilcarbonatos de polioles alifáticos o aromáticos lineales o ramificados, tales como homopolímeros de bis(alilcarbonato) de dietilenglicol; homopolímeros y copolímeros de ácido (met)acrílico y ésteres del mismo, que pueden derivarse de bisfenol A; polímero y copolímero de ácido tio(met)acrílico y sus ésteres, polímero y copolímero de ésteres alílicos que pueden derivarse de bisfenol A o ácidos ftálicos y aromáticos alílicos tales como estireno, polímero y copolímero de uretano y tiouretano, polímero y copolímero de epoxi y polímero y copolímero de sulfuro, disulfuro y episulfuro, y combinaciones de los mismos.

Como se utiliza en este documento, un (co)polímero significa un copolímero o un polímero. Como se utiliza en este documento, un (met)acrilato pretende significar un acrilato o un metacrilato. Como se utiliza en este documento, un policarbonato (PC) pretende significar homopolicarbonatos o copolicarbonatos y copolicarbonatos de bloque.

Antes de depositar el revestimiento anti-reflectante sobre el sustrato opcionalmente revestido, por ejemplo con una capa resistente a la abrasión y/o un revestimiento resistente a los arañazos o con una subcapa, la superficie de dicho sustrato opcionalmente revestido se somete habitualmente a un tratamiento físico o químico de activación de la superficie, para reforzar la adherencia del revestimiento anti-reflectante. Tal tratamiento previo se realiza generalmente al vacío. Puede ser un bombardeo con especies energéticas y/o reactivas, por ejemplo con un haz de iones ("Ion Pre-Cleaning" o "IPC") o con un haz de electrones, un tratamiento de descarga corona, un tratamiento de espalación de iones, un tratamiento ultravioleta o un tratamiento mediado por plasma al vacío, utilizando generalmente un plasma de oxígeno o argón. También puede ser un tratamiento ácido o básico y/o un tratamiento a base de disolvente (agua, peróxido de hidrógeno o cualquier disolvente orgánico).

Como se mencionó anteriormente, la lente oftálmica de acuerdo con la invención, comprende las características enumeradas en la reivindicación 1.

En particular, la capa de alto índice de refracción (HI) incluida en dicha bicapa tiene preferiblemente un grosor físico inferior o igual a 30 nm, preferiblemente inferior o igual a 20 nm, más preferiblemente inferior o igual a 15 nm, en particular inferior o igual a 10 nm e idealmente inferior o igual a 9 nm, siempre que el grosor físico total de la bicapa sea inferior o igual a 60 nm, preferiblemente inferior o igual a 30 nm.

También, de acuerdo con la invención, la capa de bajo índice de refracción (LI) incluida en dicha bicapa tiene preferiblemente un grosor físico inferior o igual a 30 nm, preferiblemente inferior o igual a 20 nm, más preferiblemente inferior o igual a 15 nm, en particular inferior o igual a 10 nm e idealmente inferior o igual a 9 nm, siempre que el grosor físico total de la bicapa sea inferior o igual a 60 nm, preferiblemente inferior o igual a 30 nm.

En general y como se explicará a continuación, la última capa, también denominada "capa exterior", es una capa de bajo índice de refracción, tal como hecha de SiO₂. El término "capa exterior" se entiende que significa una capa única o una superposición de capas, en la que cada una de ellas satisface el índice de refracción indicado y en la que la suma de sus grosores geométricos conserva también el valor indicado para la capa en cuestión. Por ejemplo, la capa exterior puede estar hecha de dos capas hechas de SiO₂ que tienen el mismo índice de refracción o muy cercano o una puede estar hecha de SiO₂ y la otra puede estar hecha de una mezcla de sílice y alúmina, especialmente sílice dopada con alúmina, siempre que ambos tengan un índice de refracción bajo.

Además, cualquier capa que tenga un grosor inferior a 1 nm no será considerada al contar el número de capas en el revestimiento anti-reflectante.

A menos que se indique lo contrario, todos los grosores descritos en la presente solicitud se refieren a grosores físicos.

De acuerdo con la invención, el "ángulo de incidencia (símbolo θ)" es el ángulo formado por un rayo de luz que incide sobre la superficie de una lente oftálmica y una normal a la superficie en el punto de incidencia. El rayo de luz es, por ejemplo, una fuente de luz iluminante, como el iluminante estándar D65 según se define en el sistema colorimétrico internacional CIE L*a*b*. Generalmente, el ángulo de incidencia cambia de 0° (incidencia normal) a 90° (incidencia rasante). El intervalo habitual para el ángulo de incidencia es de 0° a 75°.

En la presente solicitud, el factor medio de reflexión entre 280 nm y 380 nm, ponderado por la función W(λ) definida de acuerdo con la Norma ISO 13666: 1998 y el R_{uv} indicado, se puede definir a través de la siguiente relación:

$$R_{uv} = \frac{\int_{280}^{380} W(\lambda).R(\lambda).d\lambda}{\int_{280}^{380} W(\lambda).d\lambda}$$

en la que $R(\lambda)$ representa el factor de reflexión espectral de la lente a una longitud de onda dada, y $W(\lambda)$ representa una función de ponderación igual al producto de la irradiancia del espectro solar $E_s(\lambda)$ y la función espectral relativa de eficiencia $S(\lambda)$.

La función espectral $W(\lambda)$, que permite calcular los factores de transmisión de la radiación ultravioleta, se define de acuerdo con la Norma ISO 13666: 1998. Permite expresar la distribución de la radiación solar ultravioleta atemperada por la eficiencia espectral relativa de tal radiación para el usuario, ya que tiene en cuenta simultáneamente tanto la energía espectral solar $E_s(\lambda)$, que emite globalmente menos rayos UVB en comparación con a los rayos UVA, y la eficiencia espectral $S(\lambda)$, siendo los rayos UVB más dañinos que los rayos UVA.

De acuerdo con una realización de la presente invención, el revestimiento anti-reflectante depositado sobre al menos una de las superficies principales del sustrato transparente es tal que:

- el Croma C^* es bajo e igual o inferior a 13, preferiblemente 10, de acuerdo con el sistema colorimétrico internacional CIE $L^*a^*b^*$ para un ángulo de incidencia θ de 15° , y/o
- la tonalidad (h) oscila de 250° a 330° , preferiblemente de 260° a 320° , más preferiblemente de 260° a 305° de acuerdo con el sistema colorimétrico internacional CIE $L^*a^*b^*$ para un ángulo de incidencia θ de menos que o igual a 35° , preferiblemente inferior o igual a 30 y típicamente inferior o igual a 15° ; y/o
- el ΔE_{76} del revestimiento anti-reflectante para ángulos de incidencia de 15° y 45° definidos por el sistema colorimétrico CIE $L^*a^*b^*$ es preferiblemente inferior o igual a 9.

Por tanto, el revestimiento anti-reflectante de la presente invención muestra una variación suave del color residual percibida de acuerdo con el ángulo de incidencia θ .

Los coeficientes colorimétricos del artículo óptico de la invención en el sistema colorimétrico internacional CIE $L^*a^*b^*$ se calculan entre 280 y 780 nm, teniendo en cuenta el iluminante estándar D65 y el observador (ángulo de 10°). Es posible preparar revestimientos anti-reflectantes, sin limitación en cuanto a su ángulo de tonalidad. El observador es un "observador estándar" según se define en el sistema colorimétrico internacional CIE $L^*a^*b^*$.

Este sistema colorimétrico internacional permite especialmente determinar la variación de color: $CIE\Delta E_{76}$. Este parámetro se define mediante la siguiente fórmula según la Norma de espacio de color "CIE 1976 $L^*a^*b^*$ ":

$$\Delta E^* = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}$$

en la que:

L_1 , a_1 , b_1 que son las coordenadas en el espacio de color CIE Lab del primer color a comparar y L_2 , a_2 , b_2 son las del segundo color a comparar (esta diferencia de color es imperceptible para la vista humana cuando $\Delta E_{76} < 2$).

Como se ilustrará en los ejemplos siguientes, la tonalidad h del revestimiento anti-reflectante es sustancialmente constante, es decir, típicamente entre 250° y 330° para un ángulo de incidencia que varía de 15° a 45° . De hecho, el color reflejado residual percibido cuando el ángulo de incidencia que varía de 0 a 30° es el "mismo" para un observador que tiene una visión normal. Cuando la tonalidad del revestimiento anti-reflectante comienza a variar para un ángulo de incidencia superior a 30° , el Croma C^* es muy bajo (inferior o igual a 8), es decir, el color reflejado residual percibido es muy pálido de tal manera que el color residual reflejado no es perceptible o apenas perceptible para un observador. Por tanto, el color reflejado residual del revestimiento anti-reflectante de la lente de acuerdo con la invención es homogéneo cualquiera que sea el ángulo de incidencia. Por lo tanto, tiene buenas prestaciones estéticas (variación suave del color de acuerdo con el ángulo de incidencia).

Además, el revestimiento anti-reflectante de acuerdo con la invención está especialmente diseñado para poseer muy buenas prestaciones anti-reflectantes en las regiones visibles y/o para minimizar la reflexión hacia el ojo de la radiación ultravioleta que tiene un ángulo de incidencia sobre las lentes que oscila especialmente entre 30 y 45° , y sus características preferidas se describen a continuación.

Preferiblemente, el factor medio de reflexión de la luz en la región visible R_v de la lente oftálmica es inferior o igual al 2,0%, preferiblemente igual o inferior al 1,5%, más preferiblemente igual o inferior al 1,0% para al menos un ángulo de incidencia inferior a 35° .

En el sentido de la invención, el "factor medio de reflexión de la luz", indicado R_v , es tal como se define en la Norma ISO 13666:1998 y se mide de acuerdo con la norma ISO 8980-4, es decir, este es el promedio de reflexión espectral ponderado sobre todo el espectro visible entre 380 y 780 nm. Habitualmente, R_v se mide para un ángulo de incidencia inferior de 17° , típicamente de 15° , pero puede evaluarse para cualquier ángulo de incidencia.

En la presente solicitud, el "factor medio de reflexión", indicado R_m , es tal como se define en la Norma ISO 13666:1998 y se mide de acuerdo con la Norma ISO 8980-4, es decir, este es el promedio de reflexión espectral (no ponderado)

sobre todo el espectro visible entre 400 y 700 nm. Habitualmente, la R_m se mide para un ángulo de incidencia inferior a 17° , típicamente de 15° , pero puede evaluarse para cualquier ángulo de incidencia.

En una realización, el revestimiento anti-reflectante multicapa tiene preferiblemente un factor medio de reflexión en la región visible R_m inferior o igual a 1,15%, preferiblemente $\leq 1\%$, más preferiblemente $\leq 0,92\%$ para un ángulo de incidencia inferior o igual a 35° y típicamente inferior o igual a 15° .

En otra realización, el revestimiento anti-reflectante multicapa tiene un factor medio de reflexión R_{UV} entre 280 nm y 380 nm, ponderado por la función $W(\lambda)$ definida en la norma ISO 13666:1998, inferior o igual al 6%, preferiblemente inferior o igual al 5%, más preferiblemente inferior o igual al 4%, para un ángulo de incidencia en el intervalo de 15° a 45° , preferiblemente 30° a 45° .

De acuerdo con la invención, la capa de alto índice de refracción (HI) incluida en dicha bicapa es en general una capa conductora. Por ejemplo, dicha capa conductora comprende óxido de indio, dióxido de estaño (también conocido como óxido estannífero, SnO_2), óxidos de zinc o mezclas de los mismos. La capa conductora preferida consiste en dióxido de estaño.

Generalmente, el revestimiento anti-reflectante multicapa comprende alternativamente capas de alto índice de refracción (HI) y capas de bajo índice de refracción (LI) y tiene un número de capas inferior o igual a 10, preferiblemente inferior o igual a 8 y en particular inferior o igual a 7.

Más preferiblemente, comprende al menos dos, preferiblemente tres capas con un bajo índice de refracción (LI) y al menos dos, preferiblemente tres capas con un alto índice de refracción (HI). Aquí es un apilamiento simple, ya que el número total de capas en el revestimiento anti-reflectante es superior o igual a 4, e inferior o igual a 7, más preferiblemente inferior o igual a 6, y lo más preferiblemente igual a 6 capas.

En general, la capa exterior del revestimiento anti-reflectante que es la capa más alejada del sustrato es una capa de bajo índice de refracción.

Especialmente, la capa exterior es una monocapa y tiene un grosor como máximo de 100 nm, preferiblemente entre 20 y 90 nm y en particular de 45 a 80 nm.

Las capas de HI y las capas de LI no necesitan alternarse entre sí en el apilamiento, aunque también pueden hacerlo, de acuerdo con una realización de la invención descrita anteriormente. Se pueden depositar dos capas de HI (o más) entre sí, así como dos capas de LI (o más) se pueden depositar entre sí.

En la presente solicitud, se dice que una capa del revestimiento anti-reflectante es una capa con un alto índice de refracción (HI) cuando su índice de refracción es superior o igual a 1,55, preferiblemente superior o igual a 1,6, incluso más preferiblemente superior o igual a 1,7, incluso más preferiblemente superior o igual a 1,8 y lo más preferiblemente superior o igual a 1,9. Preferiblemente, dicha capa de HI tiene un índice de refracción inferior a 2,1. Se dice que una capa de un revestimiento anti-reflectante es una capa de bajo índice de refracción (LI) cuando su índice de refracción es inferior a 1,55, preferiblemente inferior a 1,50, más preferiblemente inferior o igual a 1,48. Preferiblemente, dicha capa de LI tiene un índice de refracción superior a 1,1.

A menos que se especifique lo contrario, los índices de refracción a los que se hace referencia en la presente solicitud se expresan a 25°C a una longitud de onda de 550 nm.

La capa de HI es una capa tradicional de alto índice de refracción, que es bien conocida en la técnica. Generalmente comprende uno o más óxidos metálicos tales como, sin limitación, zirconia (ZrO_2), dióxido de titanio (TiO_2), alúmina (Al_2O_3), pentóxido de tantalio (Ta_2O_5), óxido de neodimio (Nd_2O_3), óxido de praseodimio (Pr_2O_3), titanato de praseodimio ($PrTiO_3$), óxido de lantano (La_2O_3), óxido de niobio (Nb_2O_5), óxido de itrio (Y_2O_3). Opcionalmente, las capas de HI pueden contener además sílice u otros materiales con un bajo índice de refracción, siempre que tengan un índice de refracción superior o igual a 1,55 como se indica anteriormente. Los materiales preferidos incluyen TiO_2 , $PrTiO_3$, ZrO_2 , Al_2O_3 , Y_2O_3 y mezclas de los mismos.

La capa de LI también es bien conocida y puede comprender, sin limitación, SiO_2 , o una mezcla de sílice y alúmina, especialmente sílice dopada con alúmina, contribuyendo esta última a aumentar la resistencia térmica del revestimiento anti-reflectante. La capa de LI es preferiblemente una capa que comprende al menos el 80% en peso de sílice, más preferiblemente al menos el 90% en peso de sílice, con relación al peso total de la capa, e incluso más preferiblemente consiste en una capa de sílice. Preferiblemente, las capas de LI en el revestimiento anti-reflectante no son capas de MgF_2 .

Opcionalmente, las capas de LI pueden contener además materiales con un alto índice de refracción, siempre que el índice de refracción de la capa resultante sea inferior a 1,55.

Cuando se utiliza una capa de LI que comprende una mezcla de SiO_2 y Al_2O_3 , preferiblemente comprende del 1 al 10%, más preferiblemente del 1 al 8% e incluso más preferiblemente del 1 al 5% en peso de Al_2O_3 con relación al peso total de $SiO_2 + Al_2O_3$ en dicha capa.

Por ejemplo, se puede emplear SiO_2 dopado con el 4% de Al_2O_3 en peso, o menos, o SiO_2 dopado con el 8% de Al_2O_3 . Se pueden utilizar mezclas de $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, que están disponibles en el mercado, tales como LIMA® comercializado por la compañía Umicore Materials AG (índice de refracción $n = 1,48$ - $1,50$ a 550 nm), o L5® comercializado por la compañía Merck KGaA (índice de refracción $n = 1,48$ a 500 nm).

- 5 La capa exterior de revestimiento anti-reflectante es en particular una capa a base de sílice, que comprende preferiblemente al menos el 80% en peso de sílice, más preferiblemente al menos el 90% en peso de sílice (por ejemplo, una capa de sílice dopada con alúmina), con relación al peso total de la capa, e incluso más preferiblemente consiste en una capa de sílice.

- 10 En una realización de la presente invención, el revestimiento anti-reflectante se deposita sobre una subcapa (la capa del revestimiento anti-reflectante que es la más cercana al sustrato, indicada como UL).

Como se utiliza en este documento, una subcapa de revestimiento anti-reflectante o capa de adhesión se entiende que significa un revestimiento relativamente grueso, utilizado para mejorar las propiedades mecánicas tales como la resistencia a la abrasión y/o la resistencia al rayado de dicho revestimiento y/o para reforzar su adherencia al sustrato o al revestimiento subyacente.

- 15 Debido a su grosor relativamente alto, la subcapa generalmente no participa en la actividad óptica anti-reflectante, especialmente cuando tiene un índice de refracción cercano al del revestimiento subyacente (que es generalmente el revestimiento anti-abrasión y anti-rayado) o al del sustrato, si la subcapa se deposita directamente sobre el sustrato.

- 20 La subcapa debería tener un grosor que sea suficiente para promover la resistencia a la abrasión del revestimiento anti-reflectante, pero preferiblemente no hasta tal punto que pueda producirse una absorción de luz que, dependiendo de la naturaleza de la subcapa, podría reducir significativamente el factor τ_v de transmisión relativo. Su grosor es generalmente inferior a 300 nm, más preferiblemente inferior a 200 nm, y es generalmente superior a 90 nm, más preferiblemente superior a 100 nm.

- 25 La subcapa comprende preferiblemente una capa a base de SiO_2 , comprendiendo esta capa preferiblemente al menos el 80% en peso de sílice, más preferiblemente al menos el 90% en peso de sílice, con relación al peso total de la capa, e incluso más preferiblemente consiste en una capa de sílice. El grosor de tal capa a base de sílice es generalmente inferior a 300 nm, más preferiblemente inferior a 200 nm, y es generalmente superior a 90 nm, más preferiblemente superior a 100 nm.

En otra realización, esta capa a base de SiO_2 es una capa de sílice dopada con alúmina, en cantidades tales como las definidas anteriormente, preferiblemente consiste en una capa de sílice dopada con alúmina.

- 30 En una realización particular, la subcapa consiste en una capa de SiO_2 .

- Se utilizará preferiblemente una subcapa del tipo monocapa. Sin embargo, la subcapa puede estar laminada (multicapa), especialmente cuando la subcapa y el revestimiento subyacente (o el sustrato, si la subcapa se deposita directamente sobre el sustrato) tienen un índice de refracción sustancialmente diferente. Esto se aplica especialmente cuando el revestimiento subyacente, que generalmente es un revestimiento anti-abrasión y/o anti-rayado, o el sustrato, tiene un alto índice de refracción, es decir, un índice de refracción superior o igual a $1,55$, preferiblemente superior o igual a $1,57$.

- 40 En este caso, la subcapa puede comprender, además de una capa de 90 - 300 nm de grosor, denominada la capa principal, preferiblemente como máximo tres capas adicionales, más preferiblemente como máximo dos capas adicionales, intercaladas entre el sustrato opcionalmente revestido y tal capa de 90 - 300 nm de grosor, que es generalmente una capa a base de sílice. Estas capas adicionales son preferiblemente capas delgadas, cuya función tiene como objetivo limitar los reflejos en la interfaz de subcapa/revestimiento subyacente o en la interfaz de subcapa/sustrato, según corresponda.

- 45 Una subcapa multicapa comprende preferiblemente, además de la capa principal, una capa con un alto índice de refracción y con un grosor inferior o igual a 80 nm, más preferiblemente inferior o igual a 50 nm y lo más preferiblemente inferior o igual a 30 nm. Tal capa con un alto índice de refracción está en contacto directo con el sustrato con un alto índice de refracción o el revestimiento subyacente con un alto índice de refracción, según corresponda. Por supuesto, esta realización se puede utilizar incluso si el sustrato (o el revestimiento subyacente) tiene un índice de refracción inferior a $1,55$.

- 50 Como alternativa, la subcapa comprende, además de la capa principal y de la capa mencionada anteriormente con un alto índice de refracción, una capa hecha de un material a base de SiO_2 (es decir que comprende preferiblemente al menos un 80% en peso de sílice) con un índice de refracción inferior o igual a $1,55$, preferiblemente inferior o igual a $1,52$, más preferiblemente inferior o igual a $1,50$, y con un grosor inferior o igual a 80 nm, más preferiblemente inferior o igual a 50 nm e incluso más preferiblemente inferior o igual a 30 nm, sobre la que se deposita dicha capa con un alto índice de refracción. Típicamente, en este caso, la subcapa comprende, depositada en este orden sobre el sustrato opcionalmente revestido, una capa de SiO_2 de 37 nm de grosor, una capa de ZrO_2 o Ta_2O_5 de $7,6$ nm de grosor y, a continuación, la capa principal de la subcapa hecha de 152 nm SiO_2 .

La lente oftálmica de la invención puede hacerse antiestática, es decir, para no retener y/o desarrollar una carga estática sustancial, incorporando al menos una capa conductora de disipación de carga en el apilamiento presente en la superficie del artículo.

De acuerdo con una realización de la invención, el revestimiento anti-reflectante comprende, en la dirección que se aleja del sustrato:

- 5
 - una subcapa que tiene un grosor físico de 100 a 300 nm,
 - una capa de alto índice de refracción (HI) que tiene un grosor físico de 8 a 25 nm,
 - una capa de bajo índice de refracción (LI) que tiene un grosor físico de 15 a 35 nm,
 - una capa de alto índice de refracción (HI) que tenga un grosor físico superior o igual a 75 nm,
- 10
 - teniendo el bajo índice de refracción de la bicapa un grosor físico inferior o igual a 20 nm, preferiblemente 15 nm;
 - teniendo el alto índice de refracción de la bicapa un grosor físico inferior o igual a 20 nm, preferiblemente 15 nm que puede comprender una capa antiestática;
 - teniendo la capa exterior de bajo índice de refracción un grosor físico de 55 a 95 nm.
- 15Especialmente, el revestimiento anti-reflectante comprende, en la dirección que se aleja del sustrato,
 - una subcapa que tiene un grosor físico de 120 a 180 nm,
 - una capa de alto índice de refracción (HI) que tiene un grosor físico de 10 a 20 nm,
 - una capa de bajo índice de refracción (LI) que tiene un grosor físico de 20 a 30 nm,
 - una capa de alto índice de refracción (HI) que tiene un grosor físico de 75 a 110 nm,
- 20
 - teniendo la capa de bajo índice de refracción (LI) un grosor físico de 4 a 12 nm,
 - teniendo la capa de alto índice de refracción (HI) un grosor físico de 3 a 12 nm, que puede ser una capa antiestática;
 - teniendo la capa exterior de bajo índice de refracción un grosor físico de 65 a 90 nm.
- 25Cuando se deposita una subcapa multicapa, el revestimiento anti-reflectante puede comprender, en la dirección que se aleja del sustrato,
 - una subcapa multicapa que comprende:
 - i) una capa de bajo índice de refracción (LI) que tiene un grosor físico de 15 a 80 nm,
 - ii) una capa de alto índice de refracción (HI) que tiene un grosor físico de 5 a 50 nm,
 - iii) una capa principal que tiene un grosor físico de 100 a 300 nm,
- 30
 - una capa de alto índice de refracción (HI) que tiene un grosor físico de 8 a 25 nm,
 - una capa de bajo índice de refracción (LI) que tiene un grosor físico de 15 a 35 nm,
 - una capa de alto índice de refracción (HI) que tenga un grosor físico superior o igual a 75 nm,
 - teniendo el bajo índice de refracción de la bicapa un grosor físico inferior o igual a 20 nm, preferiblemente 15 nm;
- 35
 - teniendo el alto índice de refracción de la bicapa un grosor físico inferior o igual a 20 nm, preferiblemente 15 nm, que puede comprender una capa antiestática;
 - teniendo la capa exterior de bajo índice de refracción un grosor físico de 55 a 95 nm.
- Especialmente, el revestimiento anti-reflectante que comprende una subcapa multicapa comprende, en la dirección que se aleja del sustrato,
 - una subcapa multicapa que comprende:
 - 40i) una capa de bajo índice de refracción (LI) que tiene un grosor físico de 20 a 50 nm,

ii) una capa de alto índice de refracción (HI) que tiene un grosor físico de 6 a 25 nm,

iii) una capa principal que tiene un grosor físico de 100 a 300 nm,

- una capa de alto índice de refracción (HI) que tiene un grosor físico de 8 a 25 nm,
- una capa de bajo índice de refracción (li) que tiene un grosor físico de 15 a 35 nm,
- una capa de alto índice de refracción (HI) que tenga un grosor físico superior o igual a 75 nm,
- teniendo el bajo índice de refracción de la bicapa un grosor físico inferior o igual a 15 nm;
- teniendo el alto índice de refracción de la bicapa un grosor físico inferior o igual a 15 nm, que comprende opcionalmente una capa antiestática;
- teniendo la capa exterior de bajo índice de refracción un grosor físico de 55 a 95 nm.

10 Generalmente, el grosor total del revestimiento anti-reflectante, sin subcapa, es inferior a 1 micrómetro, preferiblemente inferior o igual a 800 nm, más preferiblemente inferior o igual a 500 nm e incluso más preferiblemente inferior o igual a 250 nm. El grosor total del revestimiento anti-reflectante es generalmente superior a 100 nm, preferiblemente superior a 150 nm.

15 Preferiblemente, el revestimiento anti-reflectante no comprende ninguna capa que comprenda óxido de titanio con un grosor superior a 90 nm, preferiblemente superior a 70 nm. Cuando están presentes varias capas que comprenden óxido de titanio en el revestimiento anti-reflectante, su grosor total es preferiblemente inferior a 90 nm, más preferiblemente inferior a 70 nm. Lo más preferiblemente, el revestimiento anti-reflectante no comprende ninguna capa que contenga óxido de titanio. Las capas que contienen óxido de titanio son realmente sensibles a la fotodegradación. Como se utiliza en este documento, se pretende que el óxido de titanio signifique dióxido de titanio o un óxido de titanio subestequiométrico (TiO_x , donde $x < 2$).

20 Las diferentes capas del revestimiento anti-reflectante y la subcapa opcional se depositan preferiblemente mediante deposición química de vapor, al vacío, de acuerdo con cualquiera de los siguientes métodos: i) por evaporación, opcionalmente asistida por haz de iones; ii) por pulverización catódica con haz de iones; iii) por pulverización catódica; iv) por deposición de vapor químico asistida por plasma. Estos métodos diferentes se describen en las siguientes referencias "Thin Film Processes" y "Thin Film Processes II", Vossen & Kern, Ed., Academic Press, 1978 y 1991, respectivamente.

Preferiblemente, la deposición de cada una de las capas del revestimiento anti-reflectante y de la subcapa opcional se realiza mediante evaporación al vacío.

30 La presente invención proporciona, por tanto, un revestimiento anti-reflectante con una concepción mejorada, que comprende un apilamiento hecho de capas delgadas, cuyos grosores y materiales han sido seleccionados para obtener prestaciones anti-reflectantes satisfactorias tanto en la región visible como en la región ultravioleta, sin dejar de tener propiedades tanto de apariencia estética como de robustez.

Preferiblemente, la cara principal posterior y la cara principal frontal de la lente oftálmica están revestidas con dicho revestimiento anti-reflectante multicapa similar o diferente.

35 Por ejemplo, es posible que la cara posterior del artículo óptico esté revestida con un revestimiento anti-reflectante que sea más eficaz en las bandas UVA y UVB que en la cara frontal del sustrato (de acuerdo con las características descritas anteriormente), especialmente en un ángulo de incidencia de 30 a 45°.

40 El revestimiento anti-UV y anti-reflectante se puede depositar directamente sobre un sustrato desnudo. En algunas aplicaciones, se prefiere que la cara principal del sustrato esté revestida con uno o más revestimientos funcionales antes de depositar el revestimiento anti-reflectante de la invención. Estos revestimientos funcionales utilizados tradicionalmente en óptica pueden ser, sin limitación, una capa de imprimación resistente a los impactos, un revestimiento resistente a la abrasión y/o un revestimiento resistente al rayado, un revestimiento de polarización, un revestimiento fotocromático o un revestimiento tintado.

45 Preferiblemente, la lente oftálmica no comprende ningún revestimiento fotocromático y/o no comprende ningún sustrato fotocromático.

Generalmente, la cara principal frontal y/o posterior del sustrato sobre la que se depositará un revestimiento anti-reflectante se reviste con una capa de imprimación resistente a los impactos, con un revestimiento anti-abrasión y/o anti-rayado, o con una capa de imprimación resistente a los impactos revestida con un revestimiento anti-abrasión y/o anti-rayado.

El revestimiento anti-UV y anti-reflectante de la invención se deposita preferiblemente sobre un revestimiento anti-abrasión y/o anti-rayado. El revestimiento anti-abrasión y/o resistente a los arañazos puede ser cualquier capa utilizada tradicionalmente como revestimiento anti-abrasión y/o anti-rayado en el campo de las lentes oftálmicas.

5 Antes de depositar el revestimiento resistente a la abrasión y/o el revestimiento resistente al rayado, es posible aplicar sobre el sustrato un revestimiento de imprimación para mejorar la resistencia a los impactos y/o la adhesión de las capas posteriores en el producto final. Este revestimiento puede ser cualquier capa de imprimación resistente a los impactos que se utiliza tradicionalmente para artículos en un material polimérico transparente, tal como lentes oftálmicas.

10 La lente oftálmica de acuerdo con la invención también puede comprender revestimientos formados sobre el revestimiento anti-reflectante y capaces de modificar las propiedades superficiales del mismo, tales como revestimientos hidrófobos y/u oleófobos (revestimiento superior anti-incrustantes). Estos revestimientos se depositan preferiblemente sobre la capa exterior del revestimiento anti-reflectante.

15 Típicamente, una lente oftálmica de acuerdo con la invención comprende un sustrato que se reviste sucesivamente en su cara posterior con una capa de imprimación resistente a los impactos, una capa anti-abrasión y resistente a los arañazos, un revestimiento anti-UV y anti-reflectante de acuerdo con la invención, y con un revestimiento hidrófobo y/u oleófobo, o con un revestimiento hidrófilo que proporcione propiedades anti-empañantes, o con un revestimiento precursor anti-empañante. La lente oftálmica de acuerdo con la invención es preferiblemente una lente oftálmica para gafas (lente para gafas) o una pieza en bruto para lentes oftálmicas.

20 La cara frontal del sustrato de la lente oftálmica se puede revestir sucesivamente con una capa de imprimación resistente a los impactos, una capa resistente a la abrasión y/o una capa resistente al rayado, un revestimiento anti-reflectante que puede ser, o no, un revestimiento anti-UV y anti-reflectante de acuerdo con la invención, y con un revestimiento hidrófobo y/u oleófobo.

25 En una realización, la lente oftálmica según la invención no absorbe en el visible o no absorbe mucho, lo que significa, en el contexto de la presente solicitud, que su factor de transmisión en el intervalo visible τ_v , también denominado factor de transmisión relativo en el intervalo visible, es superior al 90%, más preferiblemente superior al 95%, incluso más preferiblemente superior al 96% y lo más preferiblemente superior al 97%.

El factor τ_v debería entenderse como se define en la definición normalizada internacional (Norma ISO 13666:1998) y se mide de acuerdo con la Norma ISO 8980-3. Se define en el intervalo de longitud de onda de 380 a 780 nm.

Preferiblemente, la absorción de luz del artículo revestido de acuerdo con la invención es inferior o igual al 1%.

30 Los siguientes ejemplos ilustran la presente invención de una manera más detallada, pero no limitativa.

EJEMPLOS

1. Procedimientos generales

35 Los artículos ópticos utilizados en los ejemplos comprenden un sustrato de lente que tiene un diámetro de 65 mm, un índice de refracción en el intervalo de alrededor de 1,475 a 1,74 y una potencia de -2,00 dioptrías, revestido con una capa de revestimiento duro con un índice de refracción de aproximadamente 1,5 (tales como los descritos en el documento EP0614957, indicados como HC1.5) o aproximadamente 1,6 (indicados como HC1.6).

La capa de ITO (óxido de indio dopado con estaño) está compuesta por un 90% de óxido de indio.

Las capas del revestimiento anti-reflectante se depositaron sin calentar los sustratos por evaporación al vacío (fuente de evaporación: cañón de electrones).

40 El marco de deposición es una máquina Leybold 1104 equipada con un cañón de electrones (ESV14 (8kV)) para la evaporación de óxidos, y provisto de un cañón de iones (Commonwealth Mark II) para la fase preliminar de preparación de la superficie del sustrato utilizando iones de argón (IPC).

45 El grosor de las capas se controló por medio de una micro-balanza de cuarzo. Las mediciones espectrales se realizaron en un espectrofotómetro de incidencia variable Perkin-Elmer Lambda 850 con un accesorio URA (Accesorio de Reflectancia Universal).

2. Procedimiento de prueba

50 El método para fabricar artículos ópticos comprende la etapa de introducir el sustrato, una etapa de activar la superficie del sustrato por medio de un haz de iones de argón (corriente de ánodo: 1 A, tensión de ánodo: 100 V, corriente de neutralización: 130 mA), apagando la irradiación de iones, luego formando las diferentes capas del revestimiento anti-reflectante por evaporaciones sucesivas y por último una etapa de ventilación.

3. Ejemplos:

Los siguientes ejemplos 1 a 6 están de acuerdo con la invención y el ejemplo 7 es un ejemplo comparativo: las lentes 1 a 6 se prepararon respectivamente a partir de los ejemplos 1 a 6 y la lente 7 se preparó a partir del ejemplo 7. El revestimiento anti-reflectante de la lente 7 no comprende dos capas delgadas adyacentes de un alto índice de refracción y un bajo índice de refracción que se colocan en la parte superior del revestimiento de apilamiento anti-reflectante, especialmente en el penúltimo lugar en la dirección que se aleja de dicho sustrato transparente.

Ejemplo 1:

Posición	Material	Índice	Grosor
0	HC1.5	1,5	
1	SiO ₂ (UL)	1,4658	150,00
2	ZrO ₂	2,0038	14,83
3	SiO ₂	1,4741	26,99
4	ZrO ₂	2,0038	92,68
5	SiO ₂	1,4741	8,37
6	ITO	1,8	6,5
7	SiO ₂	1,4741	77,51

Ejemplo 2:

Posición	Material	Índice	Grosor
0	HC1.5	1,4768	
1	UL_UV	1,46658	150,00
2	ZrO ₂	2,0038	14,34
3	SiO ₂	1,4741	28,87
4	ZrO ₂	2,0038	101,90
5	SiO ₂	1,4741	13,83
6	SnO ₂	1,8483	6,5
7	SiO ₂	1,4741	66,39

Ejemplo 4:

Posición	Material	Índice	Grosor
0	HC1.6	1,6	
1	UL_UV	1,4658	130,58
2	ZrO ₂	2,0038	10,30
3	SiO ₂	1,4741	29,49
4	ZrO ₂	2,0038	97,62
5	SiO ₂	1,4741	19,87
6	SnO ₂	1,8432	6,50
7	SiO ₂	1,4741	55,17

Ejemplo 6

Posición	Material	Índice	Grosor
0	HC1.6	1,6	
1	SiO ₂	1,4741	37,13
2	ZrO ₂	2,0038	7,6
3	UL_UV	1,4658	152,26
4	ZrO ₂	2,0038	11,9
5	SiO ₂	1,4741	30,13
6	ZrO ₂	2,0038	94,53
7	SiO ₂	1,4741	14,61
8	SnO ₂	1,8432	10,05
9	SiO ₂	1,4741	60,24

Ejemplo 3:

Posición	Material	Índice	Grosor
0	HC1.5	1,4768	
1	UL_UV	1,46658	150,00
2	ZrO ₂	2,0038	17,28
3	SiO ₂	1,4741	28,34
4	ZrO ₂	2,0038	83,15
5	SiO ₂	1,4741	8,00
6	SnO ₂	1,8432	18,66
7	SiO ₂	1,4741	72,02

Ejemplo 5:

Posición	Material	Índice	Grosor
0	HC1.6	1,6	
1	UL_UV	1,4658	147,93
2	ZrO ₂	2,0038	14,47
3	SiO ₂	1,4741	21,08
4	ZrO ₂	2,0038	75,03
5	SiO ₂	1,4741	11,56
6	SnO ₂	1,8432	16,66
7	SiO ₂	1,4741	61,58

Ejemplo 7: ejemplo comparativo

Posición	Material	Índice	Grosor
0	HC1.5	1,5	
1	SiO ₂	1,473	150,00
2	ZrO ₂	1,997	10,38
3	SiO ₂	1,473	26,46
4	ZrO ₂	1,997	97,61
5	ITO	2,125	6,50
6	SiO ₂	1,473	81,96

4. Resultados:

- 5 Las características estructurales y las prestaciones ópticas de las lentes oftálmicas 1 y 7 obtenidas respectivamente en los Ejemplos 1 y 7 se detallan a continuación. La subcapa es de color gris. La prestación espectral correspondiente entre 280 y 780 nm de estas dos lentes se ilustra en la Figura 1.

Se pudo observar a partir de esta Figura 1 que la reflexión en las regiones UV, en particular en la banda UVA, es inferior con el revestimiento anti-reflectante de la invención (lente 1) en comparación con la lente que comprende el revestimiento anti-reflectante comparativo (lente 7).

- 10 Además, la tabla de la figura 2 muestra las características ópticas de las lentes 1 a 7.

Los valores del factor medio de reflexión son los de la cara frontal. Los factores R_v , R_m y R_{UV} se proporcionan para un ángulo de incidencia θ de 15°, 35° o 45° y los coeficientes colorimétricos del artículo óptico de la invención en el sistema colorimétrico internacional CIE $L^*a^*b^*$ se calculan entre 380 y 780 nm, teniendo en cuenta el iluminante estándar D 65 en diferentes ángulos de incidencia θ y el observador (ángulo de 10°) (para todos los ejemplos).

- 15 A partir de esta figura se pudo observar que la lente 1 de acuerdo con la invención obtenida en el Ejemplo 1 posee muy buenas propiedades anti-reflectantes en la región visible ($R_v \leq 0,44\%$ para un ángulo de incidencia de 15°), sin detrimento de las prestaciones anti-reflectantes en la región ultravioleta, en donde $R_{UV} \leq 3,71\%$ para un ángulo de incidencia de 15°. Además, la variación de color en el ángulo de incidencia entre 45° y 15° del ángulo de incidencia, como medida por ΔE_{76} , es de 9 para la lente 1, en comparación con 13 para la lente 7. El color reflejado percibido
20 aparecerá más homogéneo para la lente 1.

De hecho, como también se ilustra en la Figura 1, la lente 1 obtenida del ejemplo 1 reduce los reflejos de radiación tanto UVA como UVB y, al mismo tiempo, es muy eficiente para reducir la reflexión en la región visible. La lente 7 obtenida del ejemplo 7 es menos eficiente que la lente 1 para reducir la reflexión de la radiación UVA (valor máximo de R_{UVA} alrededor del 6,65%).

- 25 Las lentes 2 a 6 muestran prestaciones similares a las de la lente 1: las propiedades anti-reflectantes en la región visible son buenas ($R_v \leq 0,60\%$ para un ángulo de incidencia de 15°) sin perjudicar las prestaciones anti-reflectantes en la región ultravioleta ($R_{UV} \leq 3,5\%$ para un ángulo de incidencia de 15°). La variación de color en el ángulo de incidencia entre 45° y 15° del ángulo de incidencia, como medido por ΔE_{76} , es inferior a 13 e inferior a 9 para las lentes 3, 4 y 5.

- 30 Además, añadir una capa delgada de bajo índice entre la capa #4 y #5 (que tienen ambos índices altos) mejora en gran medida la prestación del diseño en UV, mientras que mantiene unas buenas prestaciones en la región visible junto con una buena sensibilidad angular y una buena capacidad de fabricación.

Además, el revestimiento de la lente permite obtener un buen efecto anti-reflectante sobre una amplia banda de reflexión, especialmente en las regiones UVA y visibles, con un tinte neutro en la transmisión y una apariencia atractiva
35 en la reflexión, sea cual sea el ángulo de incidencia en el que se observe el sustrato así revestido.

REIVINDICACIONES

1. Lente oftálmica que comprende un sustrato transparente con una cara principal frontal y una cara principal posterior, estando al menos una de las caras principales revestida con un revestimiento anti-reflectante multicapa que comprende un apilamiento de al menos una capa de alto índice de refracción, HI, que tiene un índice de refracción superior o igual a 1,55 y al menos una capa de bajo índice de refracción LI, que tiene un índice de refracción inferior a 1,55, en donde
 - dicha al menos una capa de alto índice de refracción, HI, y dicha al menos una capa de bajo índice de refracción, LI, son adyacentes, formando una bicapa, dicha bicapa está, en la dirección que se aleja de dicho sustrato transparente, en penúltimo lugar en dicho revestimiento anti-reflectante multicapa y tiene un grosor físico inferior o igual a 60 nm, preferiblemente inferior o igual a 30 nm, y dicha al menos una -la capa de alto índice de refracción, HI, tiene un grosor físico inferior o igual a 30 nm;
 - dicho revestimiento anti-reflectante multicapa tiene un factor medio de reflexión R_{av} entre 280 nm y 380 nm, inferior al 5% para un ángulo de incidencia en el intervalo de 20° a 50°, caracterizado por que el revestimiento anti-reflectante tiene un ΔE_{76} para ángulos de incidencia de 15° y 45° definido por el sistema colorimétrico CIE 1976 $L^*a^*b^*$ que es inferior o igual a 12.
2. Una lente oftálmica según la reivindicación 1, en la que dicha al menos una capa de alto índice de refracción, HI, tiene un grosor físico inferior o igual a 15 nm, más preferiblemente inferior o igual a 10 nm e idealmente inferior o igual a 9 nm.
3. Una lente oftálmica según la reivindicación 1 o 2, en la que dicha al menos una capa de bajo índice de refracción, LI, tiene preferiblemente un grosor físico inferior o igual a 30 nm, preferiblemente inferior o igual a 15 nm, más preferiblemente inferior o igual a 10 nm e idealmente inferior o igual a 9 nm.
4. Una lente oftálmica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicha al menos una capa de alto índice de refracción, HI, es una capa conductora.
5. Una lente oftálmica según la reivindicación 4, en la que dicha capa conductora comprende óxido de indio, dióxido de estaño, óxidos de zinc o mezclas de los mismos, y es preferiblemente Óxido de Indio y Estaño $\text{In}_2\text{O}_3/\text{SnO}_2$.
6. Una lente oftálmica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el revestimiento anti-reflectante multicapa comprende alternativamente una capa de alto índice de refracción, HI, y una capa de bajo índice de refracción, LI, y tiene un número de capas inferior o igual a 10.
7. Una lente oftálmica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el revestimiento anti-reflectante multicapa tiene un número de capas inferior o igual a 7.
8. Una lente oftálmica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la capa exterior que es la capa más alejada del sustrato es una capa de bajo índice de refracción.
9. Una lente oftálmica según la reivindicación 6 o 7, en la que la capa exterior es una monocapa y tiene un grosor de como máximo 100 nm, preferiblemente entre 20 y 90 nm y en particular entre 45 y 80 nm.
10. Una lente oftálmica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 6 a 9, en la que el revestimiento anti-reflectante comprende, en la dirección que se aleja del sustrato:
 - una subcapa que tiene un grosor físico de 100 a 300 nm,
 - una capa de alto índice de refracción, HI, que tiene un grosor físico de 8 a 25 nm,
 - una capa de bajo índice de refracción, LI, que tiene un grosor físico de 15 a 35 nm,
 - una capa de alto índice de refracción, HI, que tiene un grosor físico superior o igual a 75 nm,
 - el bajo índice de refracción de la bicapa que tiene un grosor físico inferior o igual a 20 nm;
 - el alto índice de refracción de la bicapa que tiene un grosor físico inferior o igual a 20 nm
 - la capa exterior de bajo índice de refracción tiene un grosor físico de 55 a 95 nm.
11. Una lente oftálmica según la reivindicación 10, en la que el revestimiento anti-reflectante comprende, en la dirección que se aleja del sustrato,
 - una subcapa que tiene un grosor físico de 120 a 180 nm,
 - una capa de alto índice de refracción, HI, que tiene un grosor físico de 10 a 20 nm,

- una capa de bajo índice de refracción, li, que tiene un grosor físico de 20 a 30 nm,
 - una capa de alto índice de refracción, HI, que tiene un grosor físico de 75 a 110 nm,
 - la capa de bajo índice de refracción, LI, que tiene un grosor físico de 4 a 12 nm,
 - la capa de alto índice de refracción, HI, que tiene un grosor físico de 3 a 12 nm,
- 5 – la capa exterior de bajo índice de refracción que tiene un grosor físico de 65 a 90 nm.
12. Una lente oftálmica según la reivindicación 8 o 9, en la que el revestimiento anti-reflectante comprende, en la dirección que se aleja del sustrato:
- una subcapa multicapa que comprende:
 - i) una capa de bajo índice de refracción, li, que tiene un grosor físico de 15 a 80 nm,
 - 10 ii) una capa de alto índice de refracción, HI, que tiene un grosor físico de 5 a 50 nm,
 - iii) una capa principal que tiene un grosor físico de 100 a 300 nm,
 - una capa de alto índice de refracción, HI, que tiene un grosor físico de 8 a 25 nm,
 - una capa de bajo índice de refracción, li, que tiene un grosor físico de 15 a 35 nm,
 - una capa de alto índice de refracción, HI, que tiene un grosor físico superior o igual a 75 nm,
 - 15 – el bajo índice de refracción de la bicapa que tiene un grosor físico inferior o igual a 20 nm;
 - el alto índice de refracción de la bicapa que tiene un grosor físico inferior o igual a 20 nm, que comprende opcionalmente una capa antiestática;
 - la capa exterior de bajo índice de refracción que tiene un grosor físico de 55 a 95 nm.
13. Una lente oftálmica según la reivindicación 12, en la que el revestimiento anti-reflectante comprende, en la dirección que se aleja del sustrato,
- 20 – una subcapa multicapa que comprende:
 - i) una capa de bajo índice de refracción, li, que tiene un grosor físico de 20 a 50 nm,
 - ii) una capa de alto índice de refracción, HI, que tiene un grosor físico de 6 a 25 nm,
 - iii) una capa principal que tiene un grosor físico de 100 a 300 nm,- 25 – una capa de alto índice de refracción, HI, que tiene un grosor físico de 8 a 25 nm,
- una capa de bajo índice de refracción, li, que tiene un grosor físico de 15 a 35 nm,
- una capa de alto índice de refracción, HI, que tiene un grosor físico superior o igual a 75 nm,
- el bajo índice de refracción de la bicapa que tiene un grosor físico inferior o igual a 15 nm;
- el alto índice de refracción de la bicapa que tiene un grosor físico inferior o igual a 15 nm, que puede comprender una capa antiestática;
- 30 – la capa exterior de bajo índice de refracción que tiene un grosor físico de 55 a 95 nm.

14. Una lente oftálmica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la cara principal posterior y la cara principal frontal de la lente oftálmica están revestidas con revestimientos anti-reflectantes multicapa similares o diferentes.

35 15. Una lente oftálmica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el revestimiento anti-reflectante tiene un ΔE_{76} para ángulos de incidencia de 15° y 45° definidos por el sistema colorimétrico CIE 1976 $L^*a^*b^*$ que es inferior o igual a 9.

Fig.1

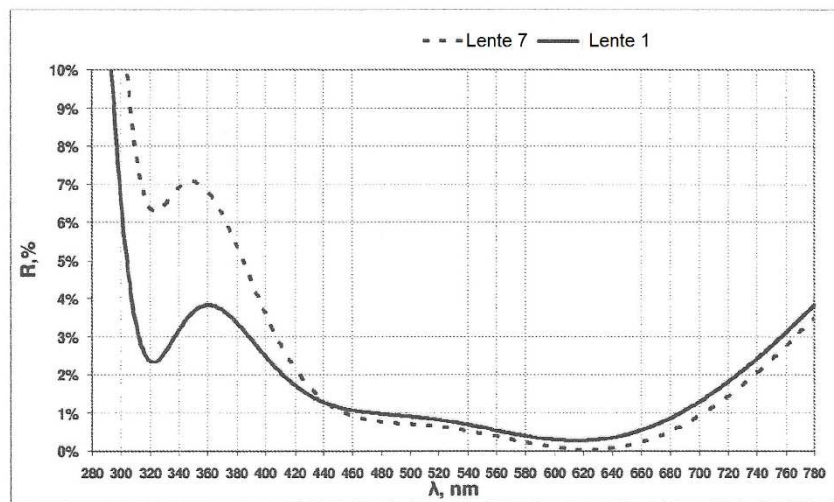


Fig. 2

	Lente 7	Lente 1	Lente 2	Lente 3	Lente 4	Lente 5	Lente 6
Croma C* @ 15°	9	8.6	9	9	9	9	9
Croma C* @ 35°	10.1	5.6	6	5.54	5.52	7.55	7.95
Rv, % [380-780] @ 15°	0.4	0.44	0.55	0.56	0.6	0.57	0.55
Rv, % [380-780] @ 35°	0.53	0.57	0.7	0.69	0.75	0.74	0.72
Rv, % [380-780] @ 45°	1.06	1.07	-	-	-	-	-
Ruv, % [280-380] @ 15°	6.65	3.71	3.2	2.23	2.54	2.42	2.62
Ruv, % [280-380] @ 35°	4.7	3.03	2	2.01	2.02	2.01	2.02
Ruv, % [280-380] @ 45°	4.05	3.29	-	-	-	-	-
h @ 15°	260	260	260	260	260	260	260
Delta h (35°-15°)	44	18	-3	4	-21	32	35
Delta h (45°-15°)	69	55	30	26	33	64	67
Delta E76 (35°-15°)	7.25	3.9	3.3	3.7	4.6	5.1	5.6
Delta E76 (45°-15°)	13.45	9.05	7.9	7.8	7.7	12.4	10.9