



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 548 169**

⑮ Int. Cl.:

**G02B 1/11** (2015.01)  
**G02C 7/02** (2006.01)  
**G02B 5/28** (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA  
TRAS OPOSICIÓN

T5

⑯ Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.12.2011 PCT/EP2011/072386**

⑯ Fecha y número de publicación internacional: **14.06.2012 WO12076714**

⑯ Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2011 E 11794167 (4)**

⑯ Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **04.05.2022 EP 2649477**

---

⑭ Título: **Artículo óptico que comprende un revestimiento antirreflectante con una baja reflexión tanto en la región ultravioleta como en la región visible**

⑩ Prioridad:

**10.12.2010 FR 1060394  
10.12.2010 US 421956 P  
30.09.2011 US 201161541724 P**

⑮ Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente modificada:  
**29.09.2022**

⑬ Titular/es:

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

⑭ Inventor/es:

**CADO, HERVÉ;  
DE AYGUAVIVES, FRANCISCO y  
POPHILLAT, OLIVIER**

⑮ Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

## DESCRIPCIÓN

Artículo óptico que comprende un revestimiento antirreflectante con una baja reflexión tanto en la región ultravioleta como en la región visible

5 El presente invento se refiere a un artículo óptico que comprende en su cara posterior, y opcionalmente en su cara anterior, un revestimiento antirreflectante que reduce fuertemente la reflexión en el rango de radiación UVA y UVB, y en la región visible. El artículo óptico puede ser especialmente una lente oftálmica, especialmente una lente solar tintada.

10 El espectro solar comprende radiaciones electromagnéticas que tienen distintas longitudes de onda, especialmente radiación ultravioleta (UV). El espectro UV tiene muchas bandas, especialmente bandas UVA, UVB y UVC. Entre esas bandas UV que alcanzan la superficie terrestre, la banda UVA, que oscila desde 315 nm a 380 nm, y la banda UVB, que oscila desde 280 nm a 315 nm, son particularmente perjudiciales para la retina.

15 Los revestimientos antirreflectantes tradicionales están diseñados y optimizados para reducir la reflexión sobre la superficie de la lente en la región visible, típicamente dentro del rango del espectro de desde 380 a 780 nm. Como regla, la reflexión en la región ultravioleta (280-380 nm) no está optimizada, y es reforzada frecuentemente por el propio revestimiento antirreflectante tradicional. El artículo "Los revestimientos antirreflectantes reflejan la radiación ultravioleta", de Citek, K. Optometry 2008, 79, 143-148 subraya este fenómeno.

20 La reflexión media en las regiones UVA y UVB puede así alcanzar altos niveles (de hasta el 60%) para lentes antirreflectantes tradicionales. Por ejemplo, en lo que se refiere a artículos antirreflectantes no solares que son comercializados por la mayor parte de los fabricantes en el transcurso de estos años recientes, la reflexión media a los UV oscila desde un 10 a un 25% para un ángulo de incidencia de desde 30 a 45°. No es problemático sobre la cara anterior de la lente, ya que la mayor parte de la radiación UV que llega desde la parte frontal del usuario y que podría alcanzar el ojo del usuario (incidencia normal, de 0 a 15°) resulta en general absorbida por el sustrato de la lente oftálmica. Una mejor protección contra la transmisión de la radiación UV puede ser obtenida a través de lentes oftálmicas solares, que son estudiadas y diseñadas para reducir la luminosidad del espectro visible, absorber totalmente la radiación UVB y absorber total o parcialmente la UVA.

25 Por otro lado, la radiación UV resultante procedente de fuentes luminosas situadas detrás del usuario puede reflejarse sobre la cara posterior de la lente y alcanzar el ojo del usuario si la lente no está provista con un revestimiento antirreflectante que es eficiente en la región ultravioleta, afectando así potencialmente a la salud del usuario. Tal fenómeno es reforzado por la tendencia de las gafas de sol de moda con grandes diámetros que aumentan el riesgo de reflexiones extraviadas que alcanzan los ojos.

30 Se ha admitido que los rayos de luz que pueden reflejarse sobre la cara posterior de la lente y alcanzar el ojo del usuario tienen un rango de ángulo de incidencia estrecho, que oscila de 30 a 45° (incidencia oblicua).

Actualmente no hay una norma que se refiera a la reflexión de radiación UV desde la cara posterior.

35 Hay varias patentes relacionadas con métodos para fabricar revestimientos antirreflectantes que serían eficientes en la región ultravioleta, transmitirían y/o absorberían la radiación UV en lugar de reflejarla. Sin embargo, optimizar las prestaciones antirreflectantes a lo largo de toda la región ultravioleta se revela generalmente perjudicial para las prestaciones antirreflectantes en la región visible. Por el contrario, optimizar solamente las prestaciones antirreflectantes en la región visible no asegura que puedan obtenerse las propiedades antirreflectantes satisfactorias en la región ultravioleta.

40 La solicitud EP 1 174 734 describe una lente para gafas que comprende sobre su cara posterior un revestimiento antirreflectante de múltiples capas diseñado de tal modo que la reflexión sobre la superficie de revestimiento antirreflectante sea inferior en comparación a la que se produce sobre la superficie del artículo óptico desnudo dentro del rango de longitud de onda de 280-700 nm. La función de este revestimiento antirreflectante consiste en minimizar la reflexión de la radiación UV que se origina desde detrás del usuario o reflejada por la cara del usuario, sobre la cara posterior de la lente, de modo que impida que la misma alcance el ojo del usuario.

45 Los revestimientos antirreflectantes descritos en esta solicitud son muy eficientes en la región ultravioleta. Sin embargo, sería aconsejable mejorar sus factores medios de reflexión en la región visible. Además, los apilamientos concebidos son algunas veces relativamente sofisticados, ya que pueden tener hasta 10 capas.

50 Cuanto más numeroso es el número de capas, más fácil es la producción de un revestimiento antirreflectante eficiente dentro de un amplio rango de longitudes de onda. Sin embargo, fabricar tales revestimientos antirreflectantes complicados no es interesante desde el punto de vista económico, ya que requiere una mayor cantidad de materiales y hace que el proceso industrial dure más tiempo.

55 La solicitud WO 97/28467 describe un artículo fotocrómico transparente que comprende un sustrato fotocrómico revestido con un apilamiento antirreflectante de cuatro capas HI/LI/HI/LI, donde HI se refiere a una capa con un elevado índice de refracción y LI a una capa con un bajo índice de refracción. Tal revestimiento está diseñado de modo que no interfiera con el comportamiento de los compuestos fotocrómicos que están presentes en o sobre el sustrato, minimizando la reflexión

entre 350 y 400 nm, que es el rango de longitudes de onda que habilita su activación. Los revestimientos antirreflectantes así preparados son eficientes en la región UVA, pero esta propiedad va acompañada con una disminución significativa en las prestaciones antirreflectantes en la región visible.

5 La patente Norteamericana 4 852 974 describe un artículo óptico que comprende un sustrato fotocrómico y un revestimiento antirreflectante de múltiples capas, que tiene un factor medio de reflexión entre 290 nm y 330 nm, más alto del 15% y un factor medio de reflexión entre 330 nm y 380 nm que es inferior al 4% para un ángulo de incidencia que no ha sido comunicado. Tal revestimiento antirreflectante hace posible prolongar la vida útil de estos compuestos fotocrómicos contenidos en el sustrato, pero es relativamente ineficiente dentro de un rango en el que la eficiencia relativa de la radiación UV es la más elevada (290-300 nm). Además, sería deseable mejorar las prestaciones en la región visible.

10 La solicitud WO 2010/125 667 describe una lente para gafas provista en su cara posterior con un revestimiento antirreflectante que permite reducir la reflexión sobre la cara posterior de la lente de la radiación UV que se origina desde detrás del usuario, de modo que no pueda alcanzar su ojo.

15 Es por ello un objeto del presente invento proporcionar un artículo óptico transparente, especialmente una lente oftálmica, que comprende un sustrato de vidrio mineral u orgánico que comprende en su cara posterior un revestimiento antirreflectante, anti-UV que posee muy buenas prestaciones antirreflectantes en la región visible, y que es al mismo tiempo capaz de reducir significativamente la reflexión de la radiación UV, especialmente de los rayos ultravioletas A y ultravioletas B, en comparación a un sustrato desnudo o a un sustrato que comprende un revestimiento antirreflectante tradicional, y cuya producción es fácil a escala industrial.

20 El presente invento proporciona un revestimiento antirreflectante con una concepción mejorada, que comprende un apilamiento formado de capas delgadas, cuyos grosores y materiales han sido seleccionados de modo que obtengan prestaciones antirreflectantes satisfactorias tanto en la región visible como en la región ultravioleta.

25 La distribución de la radiación solar ultravioleta es moderada por la eficiencia espectral relativa de la radiación solar UV, que es nula o casi nula en el rango de 280 a 295 nm (que pertenece a la región de los rayos ultravioletas B). El presente invento proporciona un revestimiento antirreflectante con menores prestaciones antirreflectantes dentro de esta región de longitudes de onda, permitiendo así obtener un revestimiento antirreflectante que es muy eficiente en la región visible y en la parte del rango ultravioleta en que la distribución de radiación solar moderada por la eficiencia espectral relativa de tal radiación es elevada para el usuario (300-320 nm). Los revestimientos antirreflectantes de acuerdo con el invento toleran así una reflexión espectral más elevada en la región de 280 a 295 nm, sin consecuencias sobre el usuario.

30 El invento se refiere por ello a una lente oftálmica que comprende todas las características citadas en la reivindicación 1, En las reivindicaciones dependientes son definidas realizaciones adicionales.

El presente invento será descrito con más detalle haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que las figs. 1 a 4 muestran la variación como una función de la longitud de onda de reflexión sobre la superficie de la cara posterior de algunas lentes preparadas en los ejemplos de la presente solicitud, para un ángulo de incidencia de 15°, 30° y 45°.

35 En la presente solicitud, cuando un artículo óptico comprende uno o más revestimientos sobre su superficie, la expresión "depositar una capa o un revestimiento sobre el artículo" quiere significar que una capa o un revestimiento es depositado sobre la superficie externa (expuesta) del revestimiento exterior del artículo, es decir su revestimiento es el más distante del sustrato.

40 Un revestimiento, que se ha dicho está "sobre" un sustrato o depositado "sobre" un sustrato es definido como un revestimiento, que (i) está posicionado encima del sustrato, (ii) no está necesariamente en contacto con el sustrato, es decir, puede haber dispuestos uno o más revestimientos intermedios entre el sustrato y el revestimiento en cuestión, y (iii) no cubre completamente de modo necesario el sustrato.

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

45 Cuando "una capa 1 se encuentra bajo una capa 2", se quiere significar que la capa 2 está más distante del sustrato que la capa 1.

Como es usado aquí, la cara posterior (o la interior) del sustrato quiere decir la cara que, cuando se utiliza el artículo, es la más próxima al ojo del usuario. Es generalmente una cara cóncava. Por el contrario, la cara anterior del sustrato es la cara que, cuando se utiliza el artículo, es la más distante del ojo del usuario. Es generalmente una cara convexa.

50 Hablando en términos generales, el revestimiento antirreflectante del artículo óptico de acuerdo con el invento, que será llamado el "revestimiento antirreflectante, anti-UV", puede ser depositado sobre cualquier sustrato, y preferiblemente sobre sustratos de lente orgánicos, por ejemplo un material de plástico termoplástico o termoendurecible.

Los materiales termoplásticos que han de ser utilizados adecuadamente para los sustratos incluyen copolímeros metacrílicos, especialmente metil poli(met)acrilato (PMMA), copolímeros tio(met)acrílicos, polivinilbutíral (PVB), policarbonatos (PC), poliuretanos (PU), poli(tiouretanos), copolímeros de poliol alilcarbonato, copolímeros termoplásticos

de acetato de etilen/vinilo, poliésteres tales como polietilen tereftalato (PET) o polibutilen tereftalato (PBT), poliepisulfuros, poliepóxidos, copolímeros de policarbonato/poliéster, copolímeros de cicloolefinas tales como copolímeros de etilen/norborneno o etilen/ciclopentadieno, y combinaciones de los mismos.

5 Como es utilizado aquí, un copolímero quiere decir un copolímero o un polímero. Como es utilizado aquí, un metacrilato quiere decir un acrilato o un metacrilato. Como es utilizado aquí, un policarbonato (PC) quiere decir o bien homopolícarbonatos o bien copolicarbonatos y copolicarbonatos de bloque.

10 Sustratos particularmente recomendados incluyen los sustratos obtenidos a través de copolimerización del dietilenglicol bis-alil-carbonato, comercializado, por ejemplo, bajo el nombre registrado CR-39® por la compañía PPG Industries (lentes ORMA®, ESSILOR), o a través de polimerización de los monómeros de tio(met)acrilato, tales como los descritos en la solicitud de la patente francesa FR 2 734 827. Los sustratos pueden ser obtenidos a través de polimerización de las combinaciones de monómeros anteriores, o puede además comprender mezclas de tales polímeros y copolímeros.

15 Antes de depositar el revestimiento antirreflectante sobre el sustrato revestido opcionalmente, por ejemplo con una capa resistente a la abrasión y/o un revestimiento resistente al rayado o con una subcapa, la superficie de dicho sustrato opcionalmente revestido es usualmente sometida a un tratamiento de activación superficial físico o químico, de modo que refuerce la adherencia del revestimiento antirreflectante. Tal tratamiento previo es generalmente llevado a cabo bajo vacío. Puede ser un bombardeo con especies energéticas y/o reactivas, por ejemplo con un haz de iones ("Limpieza Previa con Iones" o "IPC") o con un haz de electrones, un tratamiento de descarga en corona, un tratamiento de espalación de iones, un tratamiento ultravioleta o un tratamiento mediante plasma bajo vacío, generalmente utilizando un plasma de oxígeno o de argón. Puede ser también un tratamiento ácido o básico y/o un tratamiento a base de disolventes (agua, peróxido de hidrógeno o cualquier disolvente orgánico).

20 En la presente solicitud, el "factor medio de reflexión" designado con  $R_m$ , es tal como se ha definido en la Norma ISO 13666:1998, y medido de acuerdo con la Norma ISO 8980-4 (para un ángulo de incidencia menor de 17°, típicamente de 15°), es decir éste es la media de la reflexión espectral (no ponderada) sobre el espectro visible total entre 400 y 700 nm.

25 El "factor medio de reflexión de luz" designado con  $R_v$ , es tal como se ha definido en la Norma ISO 13666:1998, y medido de acuerdo con la Norma ISO 8980-4 (para un ángulo de incidencia menor de 17°, típicamente de 15°), es decir éste es la media de la reflexión espectral sobre el espectro visible total entre 380 y 780 nm.

30 El factor medio de reflexión entre 290 y 330 nm, designado con  $R_{m-UV1}$  puede ser definido por analogía, que corresponde a la reflexión espectral media entre 290 y 330 nm. De acuerdo con el invento, este factor puede ser medido en un ángulo de incidencia que puede oscilar desde 30 a 45°. De manera similar, son definidos los factores medios de reflexión en los rangos de UVA y UVB, designados con  $R_{m-UVA}$  y  $R_{m-UVB}$ , cuya suma corresponde al factor medio de reflexión en la región ultravioleta (280-380 nm), designado con  $R_{m-UV}$ .

Por último, el factor medio de reflexión entre 280 y 380 nm, ponderado por la función  $W(\lambda)$  definida de acuerdo con la Norma ISO 13666:1998 y designado con  $R_{UV}$ , puede ser definido mediante la siguiente relación:

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

35 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 espectral solar  $Es(\lambda)$  y la función espectral relativa de eficiencia  $S(\lambda)$ .

40 La función espectral  $W(\lambda)$ , que permite calcular los factores de transmisión de radiación ultravioleta, es definida de acuerdo con la Norma ISO 13666:1998. Hace posible expresar la distribución de radiación solar ultravioleta moderada por la eficiencia espectral relativa de tal radiación para el usuario, ya que simultáneamente, tiene tanto en cuenta la energía espectral solar  $Es(\lambda)$ , que emite globalmente menos rayos UVB en comparación con los rayos UVA, y la eficiencia espectral  $S(\lambda)$ , siendo más perjudiciales los rayos UVB que los rayos UVA. Los valores para esas tres funciones en la región ultravioleta están dados en la siguiente tabla:

| Longitud de onda $\lambda$ (nm) | Irradiancia espectral solar $E_s(\lambda)$ (mW/m <sup>2</sup> .nm) | Función de la eficiencia espectral relativa $S(\lambda)$ | Función de ponderación $W(\lambda)=E_s(\lambda).S(\lambda)$ |
|---------------------------------|--|--|---|
| 280                             | 0  | 0,88   | 0   |
| 285                             | 0  | 0,77   | 0   |
| 290                             | 0  | 0,64   | 0   |
| 295                             | $2,09 \times 10^{-4}$  | 0,54   | 0,00011   |
| 300                             | $8,10 \times 10^{-2}$  | 0,30   | 0,0243  |
| 305                             | 1,91   | 0,060  | 0,115   |
| 310                             | 11,0   | 0,015  | 0,165   |
| 315                             | 30,0   | 0,003  | 0,09  |
| 320                             | 54,0   | 0,0010   | 0,054   |
| 325                             | 79,2   | 0,00050  | 0,04  |
| 330                             | 101  | 0,00041  | 0,041   |
| 335                             | 128  | 0,00034  | 0,044   |
| 340                             | 151  | 0,00028  | 0,042   |
| 345                             | 170  | 0,00024  | 0,041   |
| 350                             | 188  | 0,00020  | 0,038   |
| 355                             | 210  | 0,00016  | 0,034   |
| 360                             | 233  | 0,00013  | 0,03  |
| 365                             | 253  | 0,00011  | 0,028   |
| 370                             | 279  | 0,000093   | 0,026   |
| 375                             | 306  | 0,000077   | 0,024   |
| 380                             | 336  | 0,000064   | 0,022   |

Debería resaltarse que la función de ponderación  $W(\lambda)$  es nula o casi nula entre 280 nm y 295 nm, lo que significa que el factor medio de reflexión ponderado es también nulo dentro de este rango de longitudes de onda. Esto significa que incluso si el nivel de reflexión es elevado a lo largo de este rango espectral, no habrá consecuencias sobre el valor del factor medio de reflexión  $R_{UV}$  ponderado calculado entre 280 y 380 nm.

- 5 De acuerdo con el presente invento, el revestimiento antirreflectante depositado sobre la cara posterior del sustrato es tal que:
- el factor medio de reflexión  $R_{UV}$  en dicha cara posterior entre 280 nm y 380 nm, ponderado por la función  $W(\lambda)$  definida de acuerdo con la Norma ISO 13666:1998, es inferior al 5%, para un ángulo de incidencia de 30° y para un ángulo de incidencia de 45°. Para estos ángulos de incidencia, es preferiblemente menor o igual a uno de los siguientes valores: 4,5%, 4%, 3,5%, 3%, 2,5%, 2%, 1,5%.
- 10 - el factor medio de reflexión en dicha cara posterior en la región visible  $R_m$  del artículo óptico es menor o igual al 1,15%, preferiblemente ≤ 1%, preferiblemente ≤ 0,75%,
- el factor medio de reflexión de luz en dicha cara posterior en la región visible  $R_v$  del artículo óptico es menor o igual al 1%, preferiblemente ≤ 0,90%, más preferiblemente ≤ 0,85%.
- 15 El revestimiento antirreflectante, anti-UV de acuerdo con el invento está diseñado especialmente para minimizar la reflexión

hacia el ojo de la radiación ultravioleta con un ángulo de incidencia sobre las lentes que oscila desde 30 a 45°, y sus características preferidas son descritas a continuación.

Preferiblemente, el factor medio de reflexión  $R_{m-UV1}$  en dicha cara posterior entre 290 nm y 330 nm es menor del 15%, para un ángulo de incidencia de 15°, preferiblemente menor del 10%.

5 En una realización preferida del invento, el factor medio de reflexión es mayor del 5%, más preferiblemente mayor del 6%, incluso más preferiblemente mayor del 8% a lo largo de al menos el 20% del rango de longitudes de onda de 280-295 nm, para un ángulo de incidencia de 30° y para un ángulo de incidencia de 45°.

En otra realización preferida, el factor medio de reflexión a lo largo de al menos el 70%, más preferiblemente al menos del 80%, e incluso más preferiblemente a lo largo del 100% del rango de longitudes de onda de 280-295 nm para un ángulo de incidencia de 15°, es mayor del 10%, preferiblemente mayor del 15%.

10 En otra realización, el factor medio de reflexión sobre la cara posterior a lo largo de al menos el 70%, más preferiblemente al menos del 80%, e incluso más preferiblemente a lo largo del 100% del rango de longitudes de onda de 280-290 nm para un ángulo de incidencia de 15°, es mayor del 10%, preferiblemente mayor del 15%.

En otra realización, el factor medio de reflexión sobre la cara posterior a lo largo de al menos el 70%, más preferiblemente al menos del 80%, e incluso más preferiblemente a lo largo del 100% del rango de longitudes de onda de 280-290 nm para un ángulo de incidencia de 15°, es mayor del 10%, preferiblemente mayor del 15%.

15 Dentro de tal rango de longitudes de onda, la función de ponderación  $W(\lambda)$  es nula o casi nula. En otra realización, el factor medio de reflexión es mayor del 5%, más preferiblemente mayor del 6%, incluso más preferiblemente mayor del 10%, para al menos una longitud de onda en el rango de 280-295 nm para un ángulo de incidencia de 30°, y para un ángulo de incidencia de 45°.

Como el factor medio de reflexión es mayor en el rango de longitudes de onda de 280-295 nm o en el rango de longitudes de onda de 280-290 nm, las propiedades antirreflectantes pueden ser mejoradas en otra parte del rango espectral, en particular en el rango visible.

20 Preferiblemente, el factor medio de reflexión  $R_{m-UV2}$  en dicha cara posterior entre 300 nm y 320 nm es menor del 4%, más preferiblemente menor del 3%, para un ángulo de incidencia de 15°, y/o de 30° y/o de 45°. Esto es particularmente interesante para el usuario de la lente, debido a que la función de ponderación  $W(\lambda)$  definida de acuerdo con la Norma ISO 13666: 1998 es muy elevada dentro de tal rango de longitudes de onda de la región ultravioleta, y alcanza un nivel máximo a 310 nm.

25 Preferiblemente, el factor medio de reflexión  $R_{m-UV3}$  en dicha cara posterior entre 300 nm y 380 nm es menor del 5%, más preferiblemente menor del 4,5%, para un ángulo de incidencia de 15°.

El experto en la técnica, con su conocimiento general es totalmente capaz de elegir los materiales y gruesos adecuados para las distintas capas del revestimiento antirreflectante de modo que tenga los parámetros deseados diferentes  $R_{m-UV1}$ ,  $R_{m-UV2}$ ,  $R_{m-UV3}$ ,  $R_{UV}$ ,  $R_m$  y  $R_v$ .

30 El revestimiento antirreflectante con múltiples capas del invento comprende un apilamiento de al menos una capa con un elevado índice de refracción y de al menos una capa con un bajo índice de refracción. Más preferiblemente, comprende al menos dos capas con un bajo índice de refracción (LI), y al menos dos capas con un elevado índice de refracción (HI). Es aquí un simple apilamiento, ya que el número total de capas en el revestimiento antirreflectante es mayor o igual a 3, preferiblemente mayor o igual a 4, y menor o igual a 7, más preferiblemente menor o igual a 6, incluso más preferiblemente menor o igual a 5, y más preferiblemente igual a 5 capas.

35 Como se ha utilizado aquí, una capa de revestimiento antirreflectante es definida como la que tiene un grosor mayor o igual a 1 nm. Así, cualquier capa que tiene un grosor menor de 1 nm no será considerada cuando se cuente el número de capas en el revestimiento antirreflectante. La subcapa tampoco es considerada cuando se cuenta el número de capas del revestimiento antirreflectante.

40 A menos que se haya indicado de otro modo, todos los gruesos descritos en la presente solicitud se refieren a gruesos físicos.

45 Las capas HI y las capas BI no necesitan alternarse entre ellas en el apilamiento, aunque también pueden, de acuerdo a una realización del invento. Dos capas HI (o más) pueden ser depositadas una sobre otra, así como dos capas LI (o más) pueden ser depositadas una sobre la otra.

50 En la presente solicitud, una capa del revestimiento antirreflectante se dice que es una capa con un elevado índice de refracción (HI) cuando su índice de refracción es mayor de 1,6, preferiblemente mayor o igual a 1,65, incluso más preferiblemente mayor o igual a 1,7, incluso más preferiblemente mayor o igual a 1,8 y más preferiblemente mayor o igual a 1,9. Dicha capa HI tiene preferiblemente un índice de refracción menor que 2,1. Una capa de revestimiento antirreflectante se dice que es una capa de bajo índice de refracción (LI) cuando su índice de refracción es menor o igual a 1,50, preferiblemente menor o igual a 1,48, más preferiblemente menor o igual a 1,47. Dicha capa LI tiene preferiblemente un índice de refracción mayor de 1,1.

55 A menos que se haya indicado de otro modo, los índices de refracción a los que se ha hecho referencia en la presente solicitud se expresan a 25° C a una longitud de onda de 550 nm.

- La capa HI es una capa tradicional de índice de refracción elevado, que es bien conocida en la técnica. Generalmente comprende uno o más óxidos metálicos tales como, sin limitación, circona ( $ZrO_2$ ), dióxido de titanio ( $TiO_2$ ), alúmina ( $Al_2O_3$ ), pentóxido de tántalo ( $Ta_2O_5$ ), óxido de neodimio ( $Nd_2O_5$ ), óxido de praseodimio ( $Pr_2O_3$ ), titanato de praseodimio ( $PrTiO_3$ ),  $La_2O_3$ ,  $Nb_2O_5$ ,  $Y_2O_3$ . Opcionalmente, las capas HI pueden además contener sílice u otros materiales con un bajo índice de refracción, siempre que tengan un índice de refracción mayor de 1,6 como se ha indicado anteriormente. Los materiales preferidos incluyen  $TiO_2$ ,  $PrTiO_3$ ,  $ZrO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Y_2O_3$  y mezclas de los mismos.
- La capa LI es también bien conocida y puede comprender, sin limitación,  $SiO_2$ , o una mezcla de sílice y alúmina, especialmente sílice dopada con alúmina, contribuyendo la última a aumentar la resistencia térmica del revestimiento antirreflectante. La capa LI es preferiblemente una capa que comprende al menos 80% en peso de sílice, más preferiblemente al menos 90% en peso de sílice, con relación al peso total de la capa, e incluso más preferiblemente consiste de una capa de sílice. Preferiblemente, las capas LI en el revestimiento antirreflectante no son capas de  $MgF_2$ .
- Opcionalmente, las capas LI pueden contener además materiales con un elevado índice de refracción, siempre que el índice de refracción de la capa resultante sea menor o igual a 1,5.
- Cuando una capa LI que comprende una mezcla de  $SiO_2$  y  $Al_2O_3$  es utilizada, comprende preferiblemente desde 1 a 10%, más preferiblemente desde 1 a 8% e incluso más preferiblemente desde 1 a 5% en peso de  $Al_2O_3$  con relación al peso total de  $SiO_2 + Al_2O_3$  en tal capa.
- Por ejemplo puede emplearse  $SiO_2$  dopado con 4% de  $Al_2O_3$  en peso, o menor, o  $SiO_2$  dopado con 8% en peso de  $Al_2O_3$ . Mezclas de  $SiO_2/Al_2O_3$  que están disponibles en el mercado pueden ser utilizadas, tales como LIMA® comercializada por la compañía Umicore Materials AG (índice de refracción  $n = 1,48-1,50$  a 550 nm), o L5® comercializada por la compañía Merck KGaA (índice de refracción  $n = 1,48$  a 500 nm).
- La capa exterior de revestimiento antirreflectante es necesariamente una capa a base de sílice, que comprende preferiblemente al menos un 80% en peso de sílice, más preferiblemente al menos un 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.
- Generalmente, las capas HI tienen un grosor físico que oscila desde 10 a 120 nm, y las capas LI tienen un grosor físico que oscila desde 10 a 100 nm.
- Generalmente, el grosor total del revestimiento antirreflectante es menor que 1 micra, preferiblemente menor o igual a 800 nm, más preferiblemente menor o igual a 500 nm e incluso más preferiblemente menor o igual a 250 nm. El grosor total del revestimiento antirreflectante es generalmente mayor de 100 nm, preferiblemente mayor de 150 nm.
- Preferiblemente, el revestimiento antirreflectante no comprende ninguna capa que comprende óxido de titanio con un grosor mayor de 90 nm, preferiblemente mayor de 70 nm. Cuando hay presentes varias capas que comprenden óxido de titanio en el revestimiento antirreflectante, su grosor total es preferiblemente menor de 90 nm, más preferiblemente menor de 70 nm. Más preferiblemente, el revestimiento antirreflectante no comprende ninguna capa que contenga óxido de titanio. Las capas que contienen óxido de titanio son de hecho sensibles a la fotodegradación. Como es utilizado aquí, el óxido de titanio pretende significar dióxido de titanio o un óxido de titanio subestequiométrico ( $TiO_x$ , donde  $x < 2$ ).
- En una realización del presente invento, el revestimiento antirreflectante es depositado sobre una subcapa. Debería observarse que tal subcapa de revestimiento antirreflectante no pertenece al revestimiento antirreflectante.
- Como es utilizado aquí, una subcapa o capa de adherencia de revestimiento antirreflectante pretende significar un revestimiento relativamente grueso, utilizado con el fin de mejorar las propiedades mecánicas tales como la resistencia a la abrasión y/o la resistencia al rayado de dicho revestimiento y/o de modo que refuerce su adherencia al sustrato o al revestimiento subyacente.
- Debido a su grosor relativamente elevado, la subcapa no toma parte en general en la actividad óptica antirreflectante, especialmente cuando tiene un índice de refracción próximo al del revestimiento subyacente (que es generalmente el revestimiento anti-abrasión y anti-rayado) o al del sustrato, si la subcapa es directamente depositada sobre el sustrato.
- La subcapa debería tener un grosor que sea suficiente para promover la resistencia a la abrasión del revestimiento antirreflectante, pero preferiblemente no hasta tal magnitud que podría causar una ligera absorción, que, dependiendo de la naturaleza de la subcapa, podría reducir significativamente el factor de transmisión relativo  $\tau_v$ . Su grosor es generalmente menor de 300 nm, más preferiblemente menor de 200 nm, y es generalmente mayor de 90 nm, más preferiblemente mayor de 100 nm.
- La subcapa comprende preferiblemente una capa a base de  $SiO_2$ , comprendiendo esta capa preferiblemente al menos un 80% en peso de sílice, más preferiblemente al menos un 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 menor de 300 nm, más preferiblemente menor de 200 nm, y es generalmente mayor de 90 nm, más preferiblemente mayor de 100 nm.

En otra realización, está capa a base de  $\text{SiO}_2$  es una capa de sílice dopada con alúmina, en cantidades tales como se ha definido anteriormente, preferiblemente consiste de una capa de sílice dopada con alúmina.

En una realización particular, la subcapa consiste en una capa de  $\text{SiO}_2$ .

Será utilizada preferiblemente una subcapa del tipo monocapa. Sin embargo, la subcapa puede ser estratificada (con múltiples capas), especialmente cuando la subcapa el revestimiento subyacente (o el sustrato, si la subcapa es depositada directamente sobre el sustrato) tiene un índice de refracción sustancialmente diferente. Esto se aplica especialmente cuando el revestimiento subyacente, que es generalmente un revestimiento anti-abrasión y/o anti-rayado, o el sustrato, tiene un índice de refracción elevado, entre otros un índice de refracción mayor o igual a 1,55 preferiblemente mayor o igual a 1,57.

10 En este caso, la subcapa puede comprender, además de una capa de grosor de 90-300 nm, llamada la capa principal, preferiblemente como máximo tres capas adicionales, más preferiblemente como máximo dos capas adicionales, entrelazadas entre el sustrato revestido opcionalmente y tal capa de 90-300 nm de grueso, que es generalmente una capa a base de sílice. Estas capas adicionales son preferiblemente capas delgadas, cuya función pretende limitar las reflexiones en la interfaz subcapa / revestimiento subyacente o en la interfaz subcapa / sustrato, según sea apropiado.

15 Una subcapa de múltiples capas comprende preferiblemente, además de la capa principal, una capa con un elevado índice de refracción y con un grosor menor o igual a 80 nm, más preferiblemente menor o igual a 50 nm y más preferiblemente menor o igual a 30 nm. Tal capa con un índice de refracción elevado está directamente en contacto con el sustrato con un índice de refracción elevado o con el revestimiento subyacente con un índice de refracción elevado, según sea apropiado. Desde luego, esta realización puede ser utilizada incluso si el sustrato (o el revestimiento subyacente) tiene un índice de refracción menor de 1,55.

Como alternativa, la subcapa comprende, además de la capa principal y de la capa previamente mencionada con un elevado índice de refracción, una capa hecha de un material a base de  $\text{SiO}_2$  (es decir que comprende preferiblemente al menos un 80% en peso de sílice) con un índice de refracción menor o igual a 1,55, preferiblemente menor o igual a 1,52, más preferiblemente menor o igual a 1,50, y con un grosor menor o igual a 80 nm, más preferiblemente menor o igual a 50 nm e incluso más preferiblemente menor o igual a 30 nm, sobre la que es depositada dicha capa con un elevado índice de refracción. Típicamente, en este caso, la subcapa comprende, depositadas en este orden sobre el sustrato revestido opcionalmente, una capa de  $\text{SiO}_2$  de 25 nm de grueso, una capa de  $\text{ZrO}_2$  o  $\text{Ta}_2\text{O}_5$  de 10 nm de grueso y después de ello la capa principal de la subcapa.

30 El artículo óptico del invento puede ser hecho anti estático, es decir que no retenga y/o desarrolle una carga estática sustancial, incorporando al menos una capa eléctricamente conductora en el apilamiento presente sobre la superficie del artículo.

La capacidad para un vidrio de evacuar una carga estática obtenida después de frotar con una pieza de tela o utilizando cualquier otro procedimiento para generar una carga estática (carga aplicada por corona ...) puede ser cuantificada midiendo el tiempo que se requiere para que dicha carga se disipe. Así, los vidrios antiestáticos tienen un tiempo de descarga de aproximadamente unos pocos centenares de milisegundos, preferiblemente 500 ms o menos, mientras que es de aproximadamente varias decenas de segundos para un vidrio estático. En la presente solicitud, los tiempos de descarga son medidos de acuerdo con el método expuesto en la solicitud francesa FR 2 943 798.

35 Como es utilizado aquí, una "capa eléctricamente conductora" o una "capa anti estática" pretende significar una capa que, debido a su presencia sobre la superficie de un sustrato no-antiestático (es decir que tiene un tiempo de descarga mayor de 500 ms), permite tener un tiempo de descarga de 500 ms o menor después de que se haya aplicado una carga estática sobre su superficie.

40 La capa eléctricamente conductora puede ser situada sobre distintos lugares en el apilamiento, generalmente, en contacto con el revestimiento antirreflectante, siempre que las propiedades antirreflectantes de la misma no sean afectadas. Está situada preferiblemente entre dos capas de revestimiento antirreflectante, y/o es adyacente a una capa con un elevado índice de refracción de tal revestimiento antirreflectante. Preferiblemente, la capa eléctricamente conductora está situada inmediatamente bajo una capa con un bajo índice de refracción del revestimiento antirreflectante, más preferiblemente es la penúltima subcapa del revestimiento antirreflectante estando situada inmediatamente bajo la capa exterior a base de sílice del revestimiento antirreflectante.

45 La capa eléctricamente conductora debe ser lo bastante delgada para no alterar la transparencia del revestimiento antirreflectante. La capa eléctricamente conductora está hecha preferiblemente de un material eléctricamente conductor y muy transparente, generalmente un óxido metálico dopado opcionalmente. En este caso, el grosor del mismo varía preferiblemente desde 1 a 15 nm, más preferiblemente desde 1 a 10 nm. Preferiblemente, la capa eléctricamente conductora comprende un óxido metálico dopado opcionalmente, seleccionado a partir de óxidos de indio, estaño, zinc y mezclas de los mismos. Se prefieren el óxido de estaño-indio ( $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ , óxido de indio dopado con estaño), el óxido de zinc dopado con aluminio ( $\text{ZnO:Al}$ ), el óxido de indio de ( $\text{In}_2\text{O}_3$ ) y el óxido de estaño ( $\text{SnO}_2$ ). En una realización más preferida, la capa eléctricamente conductora y ópticamente transparente es una capa de óxido de estaño-indio, designada capa ITO o una capa de óxido de estaño.

Generalmente, la capa eléctricamente conductora contribuye, dentro del apilamiento, pero de una manera limitada, debido a su bajo grosor, a obtener propiedades antirreflectantes y representa una capa con un elevado índice de refracción en el revestimiento antirreflectante. Este es el caso para aquellas capas hechas de un material eléctricamente conductor y muy transparente tales como capas ITO.

5 El revestimiento antirreflectante no comprende ninguna capa con un grosor mayor o igual a 20 nm, preferiblemente mayor de 15 nm, a base de óxido de indio. Cuando hay presente una pluralidad de capas a base de óxido de indio en el revestimiento reflectante, su grosor total es preferiblemente menor de 20 nm, más preferiblemente menor de 15 nm. Como es utilizado aquí, una capa a base de óxido de indio pretende significar una capa que comprende al menos un 50% en peso de óxido de indio con relación al peso total de la capa.

10 De acuerdo a una realización preferida, el revestimiento antirreflectante no comprende ninguna capa con un grosor mayor o igual a 20 nm, preferiblemente mayor de 15 nm, que comprende óxido de indio, óxido de estaño u óxido de zinc. Cuando una pluralidad de capas que comprenden óxido de indio, óxido de estaño u óxido de zinc están presentes en el revestimiento antirreflectante, su grosor total es preferiblemente menor de 20 nm, más preferiblemente menor de 15 nm.

15 Las distintas capas del revestimiento antirreflectante y la subcapa opcional son depositadas preferiblemente por depósito de vapor químico, bajo vacío, de acuerdo a cualquiera de los siguientes métodos: i) opcionalmente mediante evaporación asistida por haz de iones; ii) por bombardeo con iones; iii) por bombardeo de cátodo; iv) por depósito de vapor químico asistido por plasma. Estos distintos métodos están descritos en las siguientes referencias "Procesos de Película Delgada" y "Procesos II de Película Delgada" Vossen & Kern, Ed., Academic Press, 1978 y 1991, respectivamente. Un método particularmente recomendado es la evaporación bajo vacío.

20 Preferiblemente, el depósito de cada una de las capas del revestimiento antirreflectante y de la subcapa opcional es llevado a cabo por evaporación bajo vacío.

Preferiblemente, el revestimiento antirreflectante del invento comprende una primera capa o superposición de capas que consiste en 1, 2 o 3 capas que tienen un índice de refracción mayor de 1,6 revestidas con una segunda capa o superposición de capas que consiste en 1 ó 2 capas que tienen un índice de refracción menor de 1,5. Opcionalmente, esta segunda capa o superposición de capas, esta revestida con una tercera capa o superposición de capas que consiste en 1 ó 2 capas que tienen un índice de refracción mayor de 1,6, revestido por sí mismo con una cuarta capa o superposición de capas que consiste en 1 ó 2 capas que tienen un índice de refracción menor de 1,5.

25 De acuerdo con una realización particularmente preferida, el revestimiento antirreflectante anti-UV comprende, comenzando desde la superficie del sustrato opcionalmente revestido con uno o más revestimientos funcionales y revestido preferiblemente con una subcapa de 100 - 200 nm de grueso, preferiblemente de sílice, una capa con un elevado índice de refracción con un grosor de desde 8 a 25 nm, preferiblemente de desde 8 a 20 nm, preferiblemente de circonia, una capa con un bajo índice de refracción con un grosor de desde 10 a 35 nm, preferiblemente de desde 15 a 25 nm, preferiblemente de sílice, una capa con un elevado índice de refracción con un grosor de desde 75 a 105 nm, preferiblemente de desde 75 a 100 nm, más preferiblemente de desde 85 a 100 nm, incluso más preferiblemente de desde 35 90 a 100 nm, preferiblemente de circonia, opcionalmente una capa eléctricamente conductora con un grosor de desde 3 a 10 nm, preferiblemente de desde 4 a 8 nm y una capa con un bajo índice de refracción con un grosor de desde 60 a 95 nm, preferiblemente de desde 65 a 90 nm, más preferiblemente de desde 70 a 95 nm, preferiblemente de sílice.

30 En otra realización, el revestimiento antirreflectante, anti-UV comprende, comenzando desde la superficie del sustrato opcionalmente revestido con uno o más revestimientos funcionales y preferiblemente revestido con una subcapa de 100 - 200 nm de grosor, preferiblemente de sílice, una capa con un elevado índice de refracción con un grosor de desde 20 a 65 nm, preferiblemente de circonia, una capa con un bajo índice de refracción con un grosor de desde 10 a 30 nm, preferiblemente de sílice, una capa con un elevado índice de refracción con un grosor de desde 5 a 75 nm, preferiblemente de circonia, una capa con un elevado índice de refracción con un grosor de desde 20 a 75 nm, preferiblemente de titanio, opcionalmente una capa eléctricamente conductora con un grosor de desde 3 a 10 nm, preferiblemente de desde 4 a 8 nm y una capa con un bajo índice de refracción con un grosor de desde 60 a 85 nm, preferiblemente de sílice.

35 En una realización preferida del invento, la cara posterior del artículo óptico del invento está también revestida con un revestimiento antirreflectante convencional, diferente del provisto sobre su cara posterior.

40 En este caso, es posible que la cara anterior del artículo óptico sea revestida con un revestimiento antirreflectante que es más eficiente en la región visible que el de la cara posterior del sustrato. Así, en una realización preferida, la cara frontal del artículo óptico es revestida con un revestimiento antirreflectante de modo que el factor medio de reflexión en la región visible  $R_m$  sobre esta cara anterior es menor del 0,8%, más preferiblemente menor del 0,5%. Preferiblemente, el factor medio de reflexión de luz  $R_v$  sobre esta cara anterior es menor del 0,8%, más preferiblemente menor del 0,5%. Aún preferiblemente, el factor medio de reflexión  $R_{uv}$  entre 280 nm y 380 nm, ponderado por la función  $W(\lambda)$  como se ha definido de acuerdo con la Norma ISO 13666:1998, es mayor sobre la cara anterior (preferiblemente > 5%) que sobre la cara posterior del artículo óptico.

45 En una realización preferida, para la cara anterior (convexa) del artículo óptico, el factor medio de reflexión  $R_{uv}$  entre 280 y 380 nm para un ángulo de incidencia de 45° ponderado por la función  $W(\lambda)$  definida de acuerdo con la Norma ISO 13666:1998, es mayor del 7%, más preferiblemente mayor del 8%, incluso más preferiblemente mayor del 10% y más

preferiblemente mayor del 12%.

El factor medio de reflexión  $R_{UV}$  de entre 280 y 380 nm para la cara anterior (convexa) del artículo óptico y para un ángulo de incidencia de 45°, ponderado por la función  $W(\lambda)$  definida de acuerdo con la Norma ISO 13666:1998, puede tener preferiblemente valores mayores del 15%, más preferiblemente mayores del 20%, incluso más preferiblemente mayores del 30%.

Cuando se ha utilizado un revestimiento, que sobre la cara anterior tiene un factor medio de reflexión  $R_{UV}$  entre 280 y 380 nm para un ángulo de incidencia de 45°, ponderado por la función  $W(\lambda)$  definida de acuerdo con la Norma ISO 13666:1998, mayor del 5%, y dentro de los rangos preferidos antes mencionados, se prefiere combinar con él, sobre la cara posterior, el revestimiento antirreflectante del invento (tal como ha sido definido en las reivindicaciones adjuntas), que tiene además las siguientes características preferidas:

El factor medio de reflexión sobre dicha cara posterior es mayor del 5%, más preferiblemente mayor del 6%, incluso más preferiblemente mayor del 8%, sobre al menos el 20% del rango de longitudes de onda de 280 a 295 nm, para un ángulo de incidencia de 30° y para un ángulo de incidencia de 45°.

En otra realización preferida, sobre la cara posterior, el factor medio de reflexión, sobre al menos un 70%, preferiblemente sobre al menos un 80% e incluso más preferiblemente sobre un 100% del rango de longitudes de onda de 280 a 295 nm, para un ángulo de incidencia de 15°, es mayor del 10%, preferiblemente mayor del 15%.

En otra realización aún, sobre la cara posterior, el factor medio de reflexión, sobre al menos un 70%, preferiblemente sobre al menos un 80% e incluso más preferiblemente sobre un 100% del rango de longitudes de onda de 280 a 290 nm, para un ángulo de incidencia de 15°, es mayor del 10%, preferiblemente mayor del 15%.

20 El revestimiento antirreflectante de la cara anterior comprende preferiblemente un apilamiento de al menos una capa con un elevado índice de refracción y de al menos una capa con un bajo índice de refracción.

Es sin embargo posible aplicar un revestimiento antirreflectante, anti-UV tal como se ha descrito en la presente solicitud sobre la cara anterior del artículo óptico. Los revestimientos antirreflectantes anti-UV de la cara anterior y de la cara posterior pueden entonces ser el mismo o ser diferentes.

25 En una realización del presente invento, la cara anterior del artículo óptico no está revestida con un revestimiento antirreflectante, anti-UV de acuerdo con el invento.

El revestimiento antirreflectante, anti-UV puede ser depositado directamente sobre un sustrato desnudo. En algunas aplicaciones, se prefiere que la cara principal del sustrato sea revestida con uno o más revestimientos funcionales antes de depositar el revestimiento antirreflectante del invento. Estos revestimientos funcionales tradicionalmente utilizados en artículos ópticos pueden ser, sin limitación, una capa de imprimación resistente al impacto, un revestimiento resistente a la abrasión y/o un revestimiento resistente al rayado, un revestimiento de polarización, un revestimiento fotocrómico o un revestimiento tintado.

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

35 Generalmente, la cara principal anterior y/o posterior del sustrato sobre el que se depositará un revestimiento antirreflectante está revestida con una capa de imprimación resistente al impacto, con un revestimiento anti-abrasión y/o anti-rayado, o con una capa de imprimación resistente al impacto revestidas con un revestimiento anti-abrasión y/o anti-rayado.

40 El revestimiento antirreflectante, anti-UV del invento es depositado preferiblemente sobre un revestimiento anti-abrasión y/o anti-rayado. El revestimiento anti-abrasión y/o resistente al rayado puede ser cualquier capa tradicionalmente utilizada como un revestimiento anti-abrasión y/o anti-rayado en el campo de las lentes oftálmicas.

Los revestimientos anti-abrasión y/o resistentes al rayado son preferiblemente revestimientos duros a base de polimetacrilatos o silanos, que comprenden generalmente uno o más cargas minerales destinadas a aumentar la dureza y/o el índice de refracción del revestimiento una vez curado.

45 Los revestimientos duros anti-abrasión y/o resistentes al rayado son preferiblemente preparados a partir de composiciones que comprenden al menos un alcoxisilano y/o un hidrolizado del mismo, obtenido por ejemplo a través de hidrólisis con una solución de ácido clorhídrico y opcionalmente catalizadores de condensación y/o de curado.

50 Revestimientos adecuados, que son recomendados para el presente invento incluyen revestimientos a base de hidrolizados de epoxisilano tales como los descritos en las patentes FR 2 702 486 (EP 0 614 957), US 4 211 823 y US 5 015 523.

Una composición de revestimiento anti-abrasión y/o resistente al rayado preferido es la descrita en la patente FR 2 702 486, a nombre de la solicitante. Comprende un hidrolizado de epoxi trialcoxisilano y dialquil dialcoxisilano, sílice coloidal y una cantidad de catalizador de un catalizador de curado a base de aluminio tal como acetilacetonato de aluminio, estando

el resto esencialmente compuesto de disolventes tradicionalmente utilizados para formular tales composiciones. Preferiblemente, el hidrolizado utilizado es un hidrolizado de  $\gamma$ -glicidoxipropiltrimetoxisilano (GLYMO) y dimetildietoxisilano (DMDES).

5 La composición del revestimiento anti-abrasión y/o resistente al rayado puede ser depositada sobre la cara principal del sustrato por revestimiento por inmersión o por giro. Es a continuación curada mediante un método adecuado (preferiblemente utilizando calor o radiación ultravioleta).

El grosor del revestimiento anti-abrasión y/o resistente al rayado varía generalmente desde 2 a 10  $\mu\text{m}$ , preferiblemente desde 3 a 5  $\mu\text{m}$ .

10 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 al impacto y/o la adherencia de las capas subsiguientes en el producto final. Este revestimiento puede ser cualquier capa de imprimación resistente al impacto tradicionalmente utilizada para artículos de un material polímero transparente, tal como lentes oftálmicas.

15 Composiciones de imprimación preferidas incluyen composiciones a base de poliuretanos termoplásticos, tales como los descritos en las patentes japonesas JP 63-141001 y JP 63-87223, composiciones de imprimación polimetacrílicas, tales como las descritas en la patente US 5.015.523, composiciones a base de poliuretanos termoendurecibles, tales como las descritas en la patente EP 0 404 111 y composiciones a base de látex polimetacrílicos o látex de tipo poliuretano, tales como las descritas en las patentes US 5.316.791 y EP 0 680 482.

20 Composiciones de imprimación preferidas son composiciones a base de poliuretanos y composiciones a base de látex, especialmente látex de tipo poliuretano que contienen opcionalmente unidades de poliéster.

25 Composiciones de imprimación comercialmente disponibles para ser utilizadas de manera adecuada en el presente invento incluyen composiciones tales como Witcobond® 232, Witcobond® 234, Witcobond® 240, Witcobond® 242, Neorez® R-962, Neorez® R-972, Neorez® R-986, y Neorez® R-9603.

Combinaciones de tales látex pueden también ser utilizadas en la imprimación, especialmente de látex de tipo poliuretano y de látex polimetacrílicos.

30 Tales composiciones de imprimación pueden ser depositadas sobre las caras del artículo por revestimiento por inmersión o por giro, después de ello ser secadas a una temperatura de al menos 70° C y de hasta 100° C, preferiblemente de aproximadamente 90° C, durante un periodo de tiempo que oscila desde 2 minutos a 2 horas, generalmente de aproximadamente 15 minutos, para formar capas de imprimación que tienen grosores, después de curado, de desde 0,2 a 2,5  $\mu\text{m}$ , preferiblemente de desde 0,5 a 1,5  $\mu\text{m}$ .

35 El artículo óptico de acuerdo con el invento puede también comprender revestimientos formados sobre el revestimiento antirreflectante y capaces de modificar propiedades superficiales del mismo, tales como revestimientos hidrófobos y/u oleófobos (capa superior anti-incrustaciones). Estos revestimientos son preferiblemente depositados sobre la capa exterior del revestimiento antirreflectante. como regla, su grosor es menor o igual a 10 nm, preferiblemente oscila desde 1 a 10 nm, más preferiblemente desde 1 a 5 nm.

40 Hay revestimientos generalmente del tipo fluorosilano o fluorosilazano. Pueden ser obtenidos depositando un precursor de fluorosilano o fluorosilazano, que comprende preferiblemente al menos dos grupos hidrolizables por molécula. Los precursores de fluorosilanos comprenden preferiblemente fracciones de fluoropolíster o más preferiblemente fracciones de perfluoropolíster. Estos fluorosilanos son bien conocidos y están descritos, entre otras, en las patentes US 5.081.192, US 5.763.061, US 6.183.872, US 5.739.639, US 5.922.787, US 6.337.235, US 6.277.485 y EP 0 933 377.

45 Una composición de revestimiento hidrófoba y/u oleófoba preferida es comercializada por Shin-Etsu Chemical con el nombre registrado KP 801M®. Otra composición de revestimiento hidrófoba y/u oleófoba preferida es comercializada por Daikin Industries con el nombre registrado OPTOOL DSX®. Es una resina fluorada que comprende grupos de perfluoropropileno.

50 En lugar del revestimiento hidrófobo, puede utilizarse un revestimiento hidrófilo que proporciona propiedades antiniebla, o un revestimiento precursor antiniebla que proporciona propiedades antiniebla cuando es asociado con un surfactante. Ejemplos de tales revestimientos precursores antiniebla están descritos en la solicitud de patente WO 2011/080472.

Típicamente, una lente oftálmica de acuerdo con el invento comprende un sustrato que es revestido sucesivamente sobre su cara posterior con una capa de imprimación resistente al impacto, una capa anti-abrasión y resistente al rayado, un revestimiento antirreflectante, anti-UV de acuerdo con el invento, y con un revestimiento hidrófobo y/u oleófobo, o con un revestimiento hidrófilo que proporciona propiedades antiniebla o un revestimiento precursor antiniebla. La lente oftálmica de acuerdo con el invento es preferiblemente una lente oftálmica para gafas (lente de gafas), o una pieza elemental para lentes oftálmicas. La lente puede ser una lente polarizada, una lente fotocrómica o una lente solar, que puede ser tintada, ser correctora, o no.

La cara anterior del sustrato del artículo óptico puede ser revestida sucesivamente con una capa de imprimación resistente

al impacto, una capa resistente a la abrasión, y/o una capa resistente al rayado, un revestimiento antirreflectante que puede ser, o no, un revestimiento antirreflectante, anti-UV de acuerdo con el invento, y con un revestimiento hidrófobo y/u oleófobo.

En una realización, el artículo óptico de acuerdo con el invento no absorbe en el espectro visible o no absorbe mucho, lo que significa, en el contexto de la presente solicitud, que su factor de transmisión en el rango visible  $\tau_V$ , también llamado factor de transmisión relativo en el rango visible, es mayor del 90%, más preferiblemente mayor del 95%, mucho más preferiblemente mayor del 96%, y más preferiblemente mayor del 97%.

El factor  $\tau_V$  debería comprenderse como definido por la definición normalizada internacional (Norma ISO 13666:1998) y es medido de acuerdo con la Norma ISO 8980-3. Está definido en el rango de longitudes de onda de desde 380 a 780 nm.

Preferiblemente, la absorción de luz del artículo revestido de acuerdo con el invento es menor o igual al 1%.

Los coeficientes colorimétricos del artículo óptico del invento en la publicación colorimétrica internacional CIE  $L^*a^*b^*$  son calculados entre 380 y 780 nm, teniendo en cuenta el iluminante estándar D 65 y el observador (ángulo de incidencia: 15°). Es posible preparar revestimientos antirreflectantes, sin limitación en lo que se refiere a su ángulo de matiz. Sin embargo, el ángulo  $h$  de matiz varía preferiblemente desde 120 a 150, dando como resultado así un revestimiento que tiene una reflexión verde, y el croma  $C^*$  es preferiblemente inferior a 15, más preferiblemente inferior a 10. Es mucho más difícil obtener un revestimiento antirreflectante cuyas prestaciones han sido optimizadas en la región visible y en la región ultravioleta cuando el ángulo de matiz se encuentra dentro del rango de 120-150° (verde) con relación al rango 235-265° (azul).

En una realización, el croma  $C^*$  es mayor de 9. Los inventores han observado que en este caso, la lente oftálmica tiene una gran fiabilidad colorimétrica, es decir el ángulo  $h$  de matiz y el croma  $C^*$  fueron particularmente estables a lo largo del tiempo.

Los siguientes ejemplos ilustran el presente invento de una manera más detallada, pero no limitativa.

#### EJEMPLOS

##### 1. Procedimientos generales

Los artículos ópticos utilizados en los ejemplos comprenden un sustrato de lente ORMA® de ESSILOR, que tiene un diámetro de 65 mm, un índice de refracción de 1,50, y una potencia de -2,00 dioptrías y un grosor de 1,2 mm, revestido en su cara posterior con el revestimiento anti-abrasión y resistente al rayado (capa dura) descrito en el ejemplo 3 de la patente EP 0 614 957 (índice de refracción igual a 1,47 y grosor de 3,5  $\mu\text{m}$ ), basado en un hidrolizado compuesto de GLYMO y DMDES, de sílice coloidal y acetilacetonato de aluminio, y después de ello con un revestimiento antirreflectante de acuerdo con el presente invento.

Dicho revestimiento anti-abrasión y resistente al rayado fue obtenido depositando y endureciendo una composición que comprende en peso, 224 partes de GLYMO, 80,5 partes de HCl 0,1 N, 120 partes de DMDES, 718 partes de sílice coloidal del 30% en peso en metanol, 15 partes de acetilacetonato de aluminio y 44 partes de etilcellosolve. La composición también contenía 0,1% en peso de surfactante FLUORAD™ FC-430® fabricado por 3M, con relación al peso total de la composición.

Las capas del revestimiento antirreflectante fueron depositadas sin calentar los sustratos por evaporación bajo vacío (fuente de evaporación: cañón de electrones).

El bastidor de depósito es una máquina Leybold 1104 provista con un cañón de electrones (ESV14 (8kV)) para evaporar óxidos, y provisto con un cañón de iones (Commonwealth Mark II) para la fase preliminar para preparar la superficie del sustrato utilizando iones de Aragón (IPC).

El grosor de las capas fue controlado por medio de una micro balanza de cuarzo. Las mediciones espectrales fueron efectuadas sobre un espectrofotómetro de incidencia Perkin-Elmer Lambda 850 con un accesorio URA (Universal Reflectance Accessory ("Accesorio Universal de Reflectancia").

##### 2. Procedimiento de ensayo

El método para fabricar artículos ópticos comprende la operación de introducir el sustrato, revestido en su cara posterior con el revestimiento anti-abrasión y resistente al rayado, en una cámara de depósito bajo vacío, una operación de bombeo hasta que se ha obtenido un vacío elevado, una operación de activación de la superficie del sustrato por medio de un haz de iones de argón (corriente de ánodo: 1A, tensión de ánodo: 100 V, corriente de neutralización: 130mA), desactivar la irradiación de iones, formar la subcapa sobre el revestimiento anti-abrasión y resistente al rayado, y luego subsiguientemente las distintas capas del revestimiento antirreflectante por evaporaciones sucesivas y al menos una operación de ventilación.

##### 3. Resultados

Las características estructurales y las prestaciones ópticas de las lentes oftálmicas obtenidas en los ejemplos 1 a 26 están detalladas a continuación. La subcapa es de color gris. Los gráficos de reflexión entre 280 y 780 nm de algunos artículos preparados están ilustrados en las figs. 1-4, con distintos ángulos de incidencia.

5 Los valores del factor medio de reflexión son los de la cara posterior. Los factores  $R_m$  y  $R_v$  son proporcionados para un ángulo de incidencia de 15°.

Ejemplo 1

| Sustrato + capa dura |        |
|----------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>     | 150 nm |
| ZrO <sub>2</sub>     | 19 nm  |
| SiO <sub>2</sub>     | 23 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>     | 93 nm  |
| ITO                  | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>     | 82 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 2,59 (30°)<br>3,10 (45°) |
| h(°)                | 135                      |
| C*                  | 7                        |
| R <sub>m</sub> (%)  | 0,58                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,59                     |

Ejemplo 2

| Sustrato + capa dura |        |
|----------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>     | 150 nm |
| ZrO <sub>2</sub>     | 17 nm  |
| SiO <sub>2</sub>     | 23 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>     | 96 nm  |
| ITO                  | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>     | 75 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 1,28 (30°)<br>1,64 (45°) |
| h(°)                | 135                      |
| C*                  | 6,9                      |
| R <sub>m</sub> (%)  | 1,02                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,85                     |

Ejemplo 3

| Sustrato + capa dura |        |
|----------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>     | 150 nm |
| ZrO <sub>2</sub>     | 13 nm  |
| SiO <sub>2</sub>     | 14 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>     | 95 nm  |
| ITO                  | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>     | 76 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 3,68 (30°)<br>3,10 (45°) |
| h(°)                | 250                      |
| C*                  | 12                       |
| R <sub>m</sub> (%)  | 1,04                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,68                     |

Ejemplo 4

| Sustrato + capa dura |        |
|----------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>     | 150 nm |
| ZrO <sub>2</sub>     | 14 nm  |
| SiO <sub>2</sub>     | 25 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>     | 93 nm  |
| ITO                  | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>     | 88 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 4,26 (30°)<br>3,91 (45°) |
| h(°)                | 250                      |
| C*                  | 8,5                      |
| R <sub>m</sub> (%)  | 0,62                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,40                     |

Ejemplo 5

| Sustrato + capa dura |        |
|----------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>     | 150 nm |
| ZrO <sub>2</sub>     | 13 nm  |
| SiO <sub>2</sub>     | 31 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>     | 87 nm  |
| ITO                  | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>     | 86 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 2,92 (30°)<br>3,15 (45°) |
| h(°)                | 300                      |
| C*                  | 12                       |
| R <sub>m</sub> (%)  | 0,73                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,23                     |

Ejemplo 6

| Sustrato + capa dura |        |
|----------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>     | 150 nm |
| ZrO <sub>2</sub>     | 11 nm  |
| SiO <sub>2</sub>     | 33 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>     | 90 nm  |
| ITO                  | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>     | 84 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 2,62 (30°)<br>2,30 (45°) |
| h(°)                | 300                      |
| C*                  | 15                       |
| R <sub>m</sub> (%)  | 0,84                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,26                     |

Ejemplo 7

| Sustrato + capa dura |        |
|----------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>     | 150 nm |
| ZrO <sub>2</sub>     | 10 nm  |
| SiO <sub>2</sub>     | 24 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>     | 93 nm  |
| ITO                  | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>     | 78 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 2,32 (30°)<br>1,90 (45°) |
| h(°)                | 300                      |
| C*                  | 12                       |
| R <sub>m</sub> (%)  | 0,98                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,40                     |

Ejemplo 8

| Sustrato + capa dura |        |
|----------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>     | 150 nm |
| ZrO <sub>2</sub>     | 9 nm   |
| SiO <sub>2</sub>     | 22 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>     | 94 nm  |
| ITO                  | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>     | 76 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 2,54 (30°)<br>2,00 (45°) |
| h(°)                | 300                      |
| C*                  | 15                       |
| R <sub>m</sub> (%)  | 1,13                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,45                     |

Ejemplo 9

| Sustrato + capa dura |        |
|----------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>     | 150 nm |
| ZrO <sub>2</sub>     | 16 nm  |
| SiO <sub>2</sub>     | 28 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>     | 87 nm  |
| ITO                  | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>     | 77 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 1,85 (30°)<br>2,53 (45°) |
| h(°)                | 45                       |
| C*                  | 7                        |
| R <sub>m</sub> (%)  | 0,87                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,55                     |

# ES 2 548 169 T5

Ejemplo 10

| Sustrato + capa dura |        |
|----------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>     | 150 nm |
| ZrO <sub>2</sub>     | 14 nm  |
| SiO <sub>2</sub>     | 30 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>     | 93 nm  |
| ITO                  | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>     | 75 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 0,89 (30°)<br>1,35 (45°) |
| h(°)                | 45                       |
| C*                  | 7                        |
| R <sub>m</sub> (%)  | 0,96                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,65                     |

Ejemplo 11

| Sustrato + capa dura |        |
|----------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>     | 150 nm |
| ZrO <sub>2</sub>     | 14 nm  |
| SiO <sub>2</sub>     | 32 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>     | 93 nm  |
| ITO                  | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>     | 74 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 1,31 (30°)<br>0,82 (45°) |
| h(°)                | 45                       |
| C*                  | 9                        |
| R <sub>m</sub> (%)  | 1,06                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,74                     |

Ejemplo 12

| Sustrato + capa dura           |        |
|--------------------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 150 nm |
| ZrO <sub>2</sub>               | 14 nm  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 33 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>               | 87 nm  |
| ITO                            | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>               | 81 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 2,72 (30°)<br>3,22 (45°) |
| h(°)                | 135                      |
| C*                  | 7                        |
| R <sub>m</sub> (%)  | 0,61                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,60                     |

Ejemplo 13

| Sustrato + capa dura           |        |
|--------------------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 150 nm |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 39 nm  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>               | 85 nm  |
| ITO                            | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>               | 81 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 3,13 (30°)<br>3,44 (45°) |
| h(°)                | 135                      |
| C*                  | 7                        |
| R <sub>m</sub> (%)  | 0,61                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,60                     |

Ejemplo 14

| Sustrato + capa dura |        |
|----------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>     | 150 nm |
| PrTiO <sub>3</sub>   | 20 nm  |
| SiO <sub>2</sub>     | 21 nm  |
| PrTiO <sub>3</sub>   | 88 nm  |
| ITO                  | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>     | 78 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 2,63 (30°)<br>3,06 (45°) |
| h(°)                | 135                      |
| C*                  | 7                        |
| R <sub>m</sub> (%)  | 0,73                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,64                     |

Ejemplo 15

| Sustrato + capa dura          |        |
|-------------------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>              | 150 nm |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 42 nm  |
| SiO <sub>2</sub>              | 10 nm  |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 90 nm  |
| ITO                           | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>              | 82 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 2,86 (30°)<br>3,10 (45°) |
| h(°)                | 135                      |
| C*                  | 7                        |
| R <sub>m</sub> (%)  | 0,59                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,60                     |

Ejemplo 16

| Sustrato + capa dura |        |
|----------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>     | 150 nm |
| ZrO <sub>2</sub>     | 35 nm  |
| SiO <sub>2</sub>     | 16 nm  |
| TiO <sub>2</sub>     | 62 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>     | 23 nm  |
| ITO                  | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>     | 64 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 3,87 (30°)<br>4,71 (45°) |
| h(°)                | 45                       |
| C*                  | 7                        |
| R <sub>m</sub> (%)  | 1,07                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,60                     |

Ejemplo 17

| Sustrato + capa dura           |        |
|--------------------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 150 nm |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 19 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>               | 15 nm  |
| SiO <sub>2</sub>               | 20 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>               | 91 nm  |
| ITO                            | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>               | 82 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 3,15 (30°)<br>3,63 (45°) |
| h(°)                | 135                      |
| C*                  | 7                        |
| R <sub>m</sub> (%)  | 0,57                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,59                     |

Ejemplo 18

| Sustrato + capa dura |        |
|----------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>     | 150 nm |
| ZrO <sub>2</sub>     | 24 nm  |
| SiO <sub>2</sub>     | 27 nm  |
| TiO <sub>2</sub>     | 9 nm   |
| ZrO <sub>2</sub>     | 69 nm  |
| ITO                  | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>     | 82 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 2,23 (30°)<br>2,37 (45°) |
| h(°)                | 135                      |
| C*                  | 7                        |
| R <sub>m</sub> (%)  | 0,62                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,60                     |

# ES 2 548 169 T5

Ejemplo 19

| Sustrato + capa dura |        |
|----------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>     | 150 nm |
| ZrO <sub>2</sub>     | 26 nm  |
| SiO <sub>2</sub>     | 27 nm  |
| TiO <sub>2</sub>     | 10 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>     | 60 nm  |
| ITO                  | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>     | 81 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 2,14 (30°)<br>2,63 (45°) |
| h(°)                | 135                      |
| C*                  | 5,5                      |
| R <sub>m</sub> (%)  | 0,66                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,55                     |

Ejemplo 20

| Sustrato + capa dura |        |
|----------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>     | 150 nm |
| ZrO <sub>2</sub>     | 40 nm  |
| SiO <sub>2</sub>     | 11 nm  |
| TiO <sub>2</sub>     | 65 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>     | 25 nm  |
| ITO                  | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>     | 66 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 2,66 (30°)<br>4,27 (45°) |
| h(°)                | 135                      |
| C*                  | 6,9                      |
| R <sub>m</sub> (%)  | 0,80                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,68                     |

Ejemplo 21

| Sustrato + capa dura           |        |
|--------------------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>               | 150 nm |
| ZrO <sub>2</sub>               | 33 nm  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 14 nm  |
| TiO <sub>2</sub>               | 62 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>               | 28 nm  |
| ITO                            | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>               | 72 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 2,20 (30°)<br>3,66 (45°) |
| h(°)                | 250                      |
| C*                  | 9                        |
| R <sub>m</sub> (%)  | 0,79                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,48                     |

Ejemplo 22

| Sustrato + capa dura |        |
|----------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>     | 150 nm |
| ZrO <sub>2</sub>     | 61 nm  |
| SiO <sub>2</sub>     | 29 nm  |
| TiO <sub>2</sub>     | 14 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>     | 11 nm  |
| ITO                  | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>     | 72 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 2,47 (30°)<br>2,29 (45°) |
| h(°)                | 250                      |
| C*                  | 9                        |
| R <sub>m</sub> (%)  | 1,05                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,59                     |

Ejemplo 23

| Sustrato + capa dura |        |
|----------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>     | 150 nm |
| ZrO <sub>2</sub>     | 38 nm  |
| SiO <sub>2</sub>     | 14 nm  |
| TiO <sub>2</sub>     | 70 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>     | 30 nm  |
| ITO                  | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>     | 75 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 1,71 (30°)<br>3,07 (45°) |
| h(°)                | 300                      |
| C*                  | 15                       |
| R <sub>m</sub> (%)  | 0,94                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,65                     |

Ejemplo 24

| Sustrato + capa dura |        |
|----------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>     | 150 nm |
| ZrO <sub>2</sub>     | 29 nm  |
| SiO <sub>2</sub>     | 16 nm  |
| TiO <sub>2</sub>     | 57 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>     | 27 nm  |
| ITO                  | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>     | 70 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 2,68 (30°)<br>4,05 (45°) |
| h(°)                | 300                      |
| C*                  | 15                       |
| R <sub>m</sub> (%)  | 1,14                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,36                     |

Ejemplo 25

| Sustrato + capa dura          |        |
|-------------------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>              | 150 nm |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 62 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>              | 74 nm  |
| ITO                           | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>              | 77 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 3,79 (30°)<br>3,81 (45°) |
| h(°)                | 135                      |
| C*                  | 7                        |
| R <sub>m</sub> (%)  | 0,92                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,86                     |

Ejemplo 26

| Sustrato + capa dura          |        |
|-------------------------------|--------|
| SiO <sub>2</sub>              | 150 nm |
| Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 46 nm  |
| ZrO <sub>2</sub>              | 84 nm  |
| ITO                           | 6,5 nm |
| SiO <sub>2</sub>              | 75 nm  |

Aire

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| R <sub>UV</sub> (%) | 2,97 (30°)<br>2,57 (45°) |
| h(°)                | 250                      |
| C*                  | 8,9                      |
| R <sub>m</sub> (%)  | 1,07                     |
| R <sub>v</sub> (%)  | 0,74                     |

Podría observarse que los artículos ópticos del invento poseen muy buenas propiedades antirreflectantes en la región visible ( $R_v < 0,86\%$ ), sin influencia perjudicial sobre las prestaciones antirreflectantes en la región ultravioleta ( $R_{UV} \leq 4,26\%$  para un ángulo de incidencia de  $30^\circ$  y  $R_{UV} \leq 4,71\%$  para un ángulo de incidencia de  $45^\circ$ ). El nivel de reflexión en la región ultravioleta de las lentes del invento permanece inferior al de un sustrato ORMA® desnudo, para un ángulo de incidencia de  $30^\circ$  o  $45^\circ$  (véanse Ejemplos Comparativos siguientes).

Además, las lentes obtenidas en los Ejemplos 1 a 26 tienen propiedades de transparencia permanentes, una buena resistencia a la abrasión y a los rayados, y una buena resistencia a un tratamiento de inmersión en agua caliente, seguido con una tensión mecánica sobre la superficie. La adherencia de los revestimientos al sustrato fue también muy satisfactoria.

Otro ejemplo de acuerdo con el invento es un apilamiento de  $ZrO_2$  (18,9 nm)/sustancia L5 (22,5 nm)/ $ZrO_2$  (94,7 nm)/ITO (6,5 nm)/sustancia L5 (77,4 nm) . ( $R_m = 0,77\%$ ;  $R_v = 0,80\%$ ,  $R_{UV} (45^\circ) = 3,5\%$ ).

#### Ejemplos comparativos

Las prestaciones antirreflectantes sobre la cara posterior de cuatro lentes provistas con un revestimiento antirreflectante, que son muy populares hoy en día en el mercado, han sido determinadas y están dadas en la siguiente tabla:

| Ejemplos Comparativos  | $R_v$ (%)                | $R_{UV}$ (%)               |
|------------------------|--------------------------|----------------------------|
| A                      | 0,78 (30°)               | 26,02 (30°)<br>19,89 (45°) |
| B                      | 0,66 (30°)               | 10,47 (30°)<br>8,25 (45°)  |
| C                      | 0,39 (30°)               | 18,15 (30°)<br>15,35 (45°) |
| D                      | 0,56 (30°)               | 6,58 (30°)<br>5,51 (45°)   |
| Sustrato ORMA® desnudo | 3,94 (15°)<br>4,08 (30°) | 4,46 (30°)<br>5,35 (45°)   |

Podría observarse que las lentes antirreflectantes disponibles comercialmente fueron diseñadas para minimizar la reflexión en la región visible, sin estar concernidas acerca de la reflexión en la región ultravioleta, que puede alcanzar valores muy elevados. Además, todos los revestimientos antirreflectantes estudiados reflejaron más fuertemente la radiación UV que proviene desde detrás del usuario (ángulo de incidencia de desde  $30^\circ$  a  $45^\circ$ ) en comparación a una lente desnuda desprovista de cualquier revestimiento antirreflectante.

## REIVINDICACIONES

1. Una lente oftálmica que comprende un sustrato con una cara principal anterior y una cara principal posterior, estando la cara principal posterior revestida con un revestimiento antirreflectante de múltiples capas que comprende un apilamiento de al menos una capa que tiene un índice de refracción mayor de 1,6 y de al menos una capa que tiene un índice de refracción menor de 1,5, caracterizada por que:
- 5 el factor medio de reflexión en la cara posterior en la región visible  $R_m$  es menor o igual a 1,15%;
- el factor medio de reflexión de luz en la cara posterior en la región visible  $R_v$  es menor o igual a 1%;
- 10 el factor medio de reflexión  $R_{uv}$  en la cara posterior entre 280 nm y 380 nm, ponderado por la función  $W(\lambda)$  definida en la Norma ISO 13666:1998, es inferior a 5%, tanto para un ángulo de incidencia de 30° como para un ángulo de incidencia de 45°;
- el revestimiento antirreflectante de múltiples capas comprende un número de capas mayor de o igual a 3 y menor de o igual a 7;
- 15 el revestimiento antirreflectante de múltiples capas no comprende ninguna capa con un grosor mayor o igual a 15 nm a base de óxido de indio; y
- la capa exterior del revestimiento antirreflectante es una capa a base de sílice,
- en la que
- (a) el factor medio de reflexión espectral en la cara posterior para al menos una longitud de onda en el rango de 280-295 nm tanto para un ángulo de incidencia de 30° como para un ángulo de incidencia de 45° es mayor del 5%, o
- 20 (b) el factor medio de reflexión espectral en la cara posterior a lo largo de al menos un 70% del rango de longitudes de onda de 280-290 nm, para un ángulo de incidencia de 15° es mayor del 10%.
2. Una lente según la reivindicación 1, en la que el factor medio de reflexión espectral sobre la cara posterior para al menos una longitud de onda en el rango de 280-295 nm tanto para un ángulo de incidencia de 30° como para un ángulo de incidencia de 45° es mayor del 6%.
3. Una lente según la reivindicación 2, en la que el factor medio de reflexión espectral sobre la cara posterior para al menos una longitud de onda en el rango de 280-295 nm tanto para un ángulo de incidencia de 30° como para un ángulo de incidencia de 45° es mayor del 10%.
4. Una lente según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el revestimiento antirreflectante de múltiples capas comprende al menos 4 capas.
5. Una lente según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que:
- 30 el revestimiento antirreflectante comprende, en la dirección que se aleja del sustrato, una capa que tiene un índice de refracción mayor de 1,6 con un grosor de desde 8 a 25 nm, una capa que tiene un índice de refracción menor de 1,5 con un grosor de desde 10 a 35 nm, una capa que tiene un índice de refracción mayor de 1,6 con un grosor de desde 75 a 105 nm, y una capa que tiene un índice de refracción menor de 1,5 con un grosor de desde 70 a 95 nm, o
- 35 el revestimiento antirreflectante comprende en la dirección que se aleja del sustrato, una capa que tiene un índice de refracción mayor de 1,6 con un grosor de desde 20 a 65 nm, una capa que tiene un índice de refracción menor de 1,5 con un grosor de desde 10 a 30 nm, una capa que tiene un índice de refracción mayor de 1,6 con un grosor de desde 5 a 75 nm, y una capa que tiene un índice de refracción mayor de 1,6 con un grosor de desde 20 a 75 nm, y una capa que tiene un índice de refracción menor de 1,5, con un grosor de desde 60 a 85 nm.
- 40 6. Una lente según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el factor medio de reflexión espectral sobre la cara posterior a lo largo de al menos el 20% del rango de longitudes de onda de 280-295 nm es mayor del 5%, tanto para un ángulo de incidencia de 30° como para un ángulo de incidencia de 45°.
7. Una lente según la reivindicación 6, en la que el factor medio de reflexión espectral sobre la cara posterior a lo largo de al menos el 20% del rango de longitudes de onda de 280-295 nm es mayor del 6%, tanto para un ángulo de incidencia de 30° como para un ángulo de incidencia de 45°.
- 45 8. Una lente según la reivindicación 7, en la que el factor medio de reflexión espectral sobre la cara posterior a lo largo de al menos el 20% del rango de longitudes de onda de 280-295 nm es mayor del 8%, tanto para un ángulo de incidencia de 30° como para un ángulo de incidencia de 45°.
9. Una lente según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el factor medio de reflexión espectral a lo largo de al menos el 70%, preferiblemente a lo largo de al menos el 80%, más preferiblemente a lo largo del 100% del rango de longitudes de onda de 280-295 nm para un ángulo de incidencia de 15° es mayor del 10%.
- 50

10. Una lente según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el factor medio de reflexión espectral a lo largo de al menos el 70%, preferiblemente a lo largo de al menos el 80%, más preferiblemente a lo largo del 100% del rango de longitudes de onda de 280-290 nm para un ángulo de incidencia de 15° es mayor del 10%.
- 5 11. Una lente según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el factor medio de reflexión espectral a lo largo de al menos el 70%, preferiblemente a lo largo de al menos el 80%, más preferiblemente a lo largo del 100% del rango de longitudes de onda de 280-290 nm para un ángulo de incidencia de 15° es mayor del 15%.
12. Una lente según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el revestimiento antirreflectante comprende al menos dos capas que tiene un índice de refracción mayor de 1,6 y al menos dos capas que tienen un índice de refracción menor de 1,5.
- 10 13. Una lente según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el revestimiento antirreflectante está depositado sobre una subcapa que comprende una capa a base de  $\text{SiO}_2$ .
14. Una lente según la reivindicación 13, en la que la capa a base de  $\text{SiO}_2$  comprende al menos el 80% en peso de sílice.
15. Una lente según la reivindicación 14, en la que la capa a base de  $\text{SiO}_2$  tiene un grosor de desde 100 a 300 nm.
16. Una lente según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15, en la que la subcapa es depositada sobre un revestimiento anti-abrasión, que tiene preferiblemente un grosor que oscila desde 2 a 10  $\mu\text{m}$ .
- 15 17. Una lente según la reivindicación 16, en la que el revestimiento anti-abrasión es preparado a partir de una composición que comprende al menos un alcoxisilano y/o un hidrolizado del mismo.
18. Una lente según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el revestimiento antirreflectante comprende al menos una capa eléctricamente conductora.
- 20 19. Una lente según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el factor medio de reflexión  $R_{m-\text{UV}1}$  sobre la cara posterior entre 290 nm y 330 nm es menor del 15%, preferiblemente menor del 10%, para un ángulo de incidencia de 15°.
- 25 20. Una lente según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el factor medio de reflexión  $R_{m-\text{UV}2}$  sobre la cara posterior entre 300 nm y 320 nm es menor del 4%, preferiblemente menor del 3%, para un ángulo de incidencia de 15° y/o 30° y/o 45°.
21. Una lente según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el factor medio de reflexión  $R_{m-\text{UV}3}$  sobre la cara posterior entre 300 nm y 380 nm es menor del 5%, para un ángulo de incidencia de 15°.
22. Una lente según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el factor medio de reflexión sobre la cara posterior en la región visible  $R_m$  es menor o igual al 1%, preferiblemente menor o igual al 0,75%.
- 30 23. Una lente según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el factor medio de reflexión sobre la cara posterior en la región visible  $R_v$  es menor o igual al 0,90%.
24. Una lente según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el factor medio de reflexión  $R_{\text{UV}}$  sobre la cara posterior entre 280 nm y 380 nm, ponderado por la función  $W(\lambda)$  definida en la Norma ISO 13666:1998, es menor o igual al 4.5%, tanto para un ángulo de incidencia de 30° como para un ángulo de incidencia de 45°.
- 35 25. Una lente según la reivindicación 24, en la que el factor medio de reflexión  $R_{\text{UV}}$  sobre la cara posterior entre 280 nm y 380 nm, ponderado por la función  $W(\lambda)$  definida en la Norma ISO 13666:1998, es menor o igual a 4%, preferiblemente 3,5% tanto para un ángulo de incidencia de 30° como para un ángulo de incidencia de 45°.
26. Una lente según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el revestimiento antirreflectante de múltiples capas no comprende ninguna capa de  $\text{MgF}_2$ .
- 40 27. Una lente según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el revestimiento antirreflectante de múltiples capas comprende 5 o menos capas.

**Figura 1**

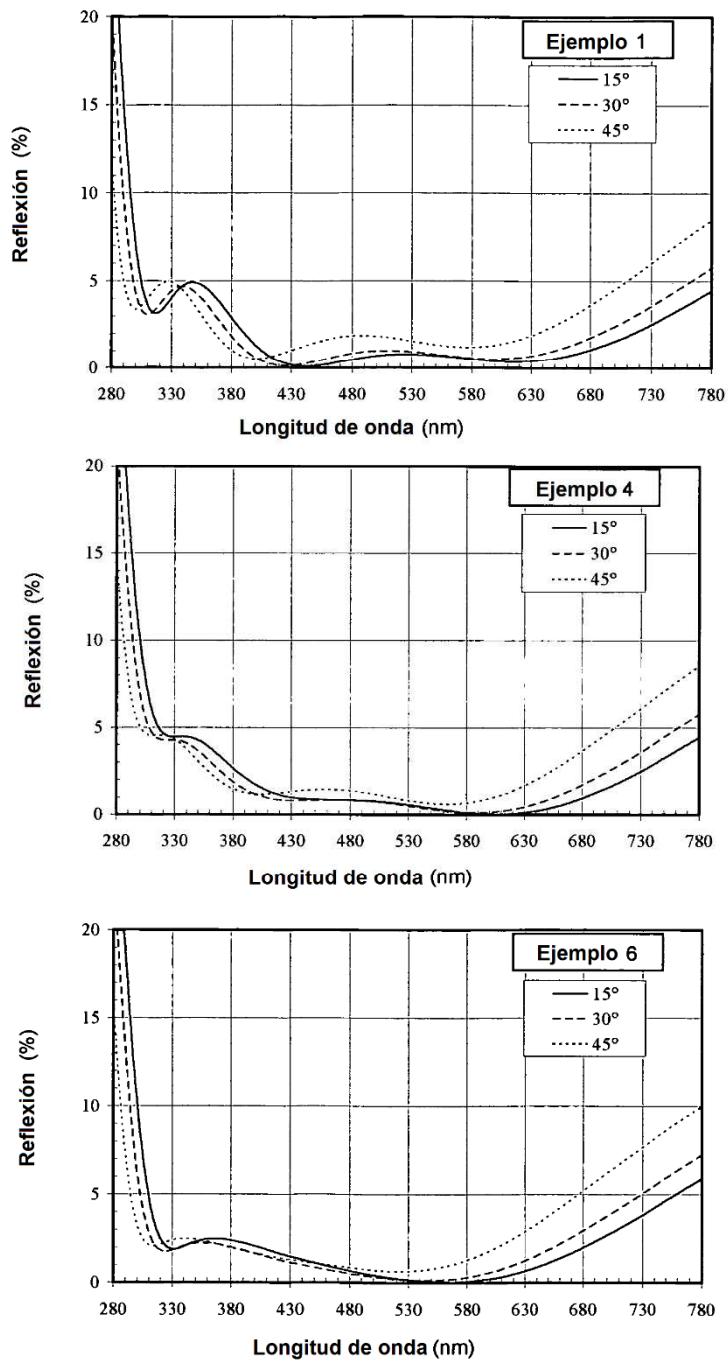


Figura 2

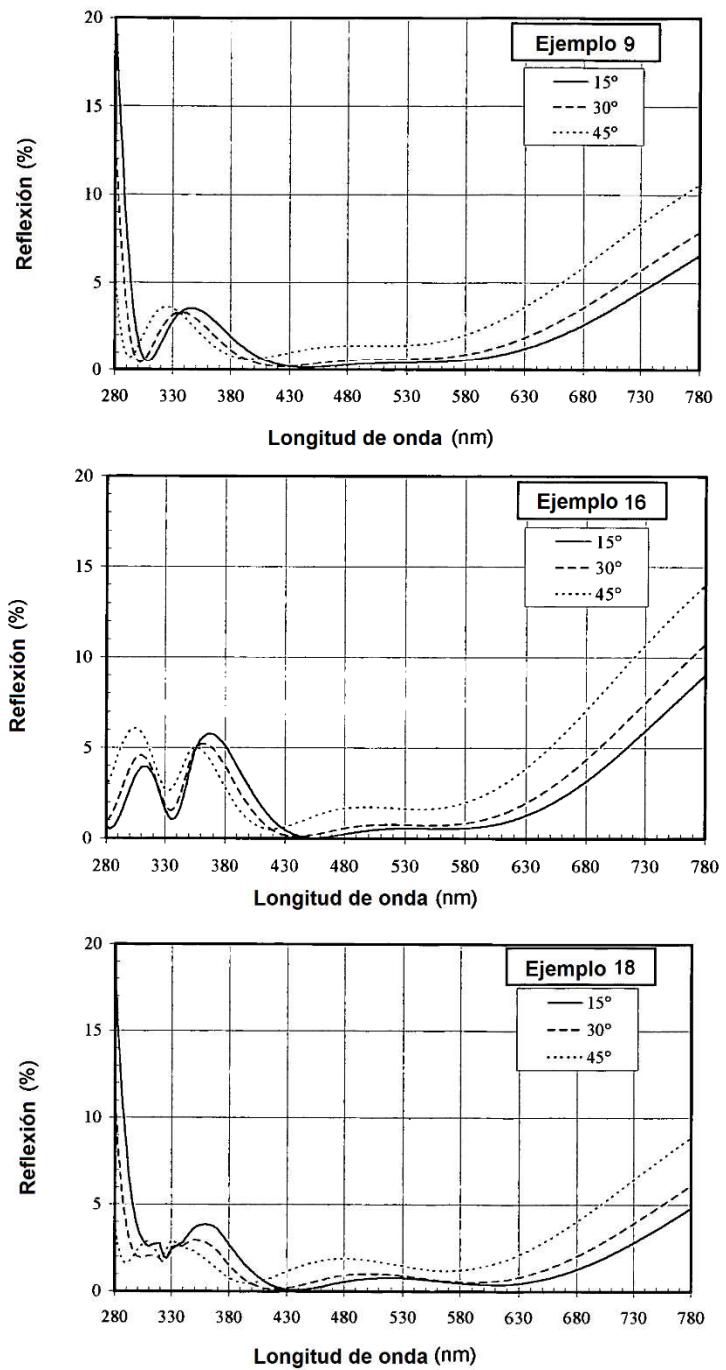


Figura 3

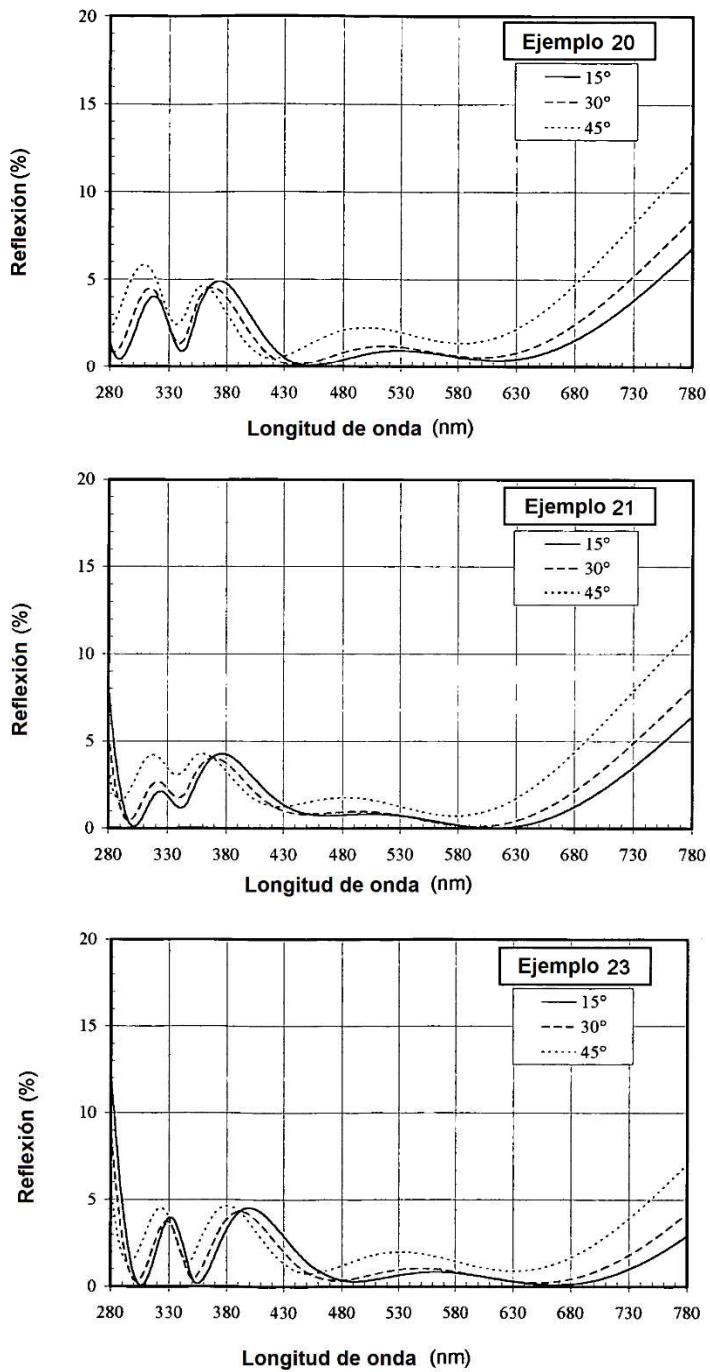


Figura 4

