

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 811 912**

51 Int. Cl.:

G02B 1/115 (2015.01)

G02B 27/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.10.2015 PCT/EP2015/074173**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.07.2016 WO16110339**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.10.2015 E 15784019 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2020 EP 3243091**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación de un elemento óptico con un sistema de capas**

30 Prioridad:

07.01.2015 DE 102015100091

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

15.03.2021

73 Titular/es:

RODENSTOCK GMBH (100.0%)

Elsenheimer Strasse 33

80687 München, DE

72 Inventor/es:

SCHERSCHLICHT, RÜDIGER y

VÖGT, MICHAEL

74 Agente/Representante:

AYMAT ESCALADA, Carlos Jesús

ES 2 811 912 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

Procedimiento para la fabricación de un elemento óptico con un sistema de capas

5 **Estado actual de la técnica**

La invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de un elemento óptico con un sistema de capas, en particular para el revestimiento de lentes de gafas.

10 Se conoce el modo de utilizar revestimientos ópticos para influir sobre las características ópticas de elementos ópticos, como por ejemplo lentes de gafas. En este sentido se utiliza, para cualquier forma de revestimiento óptico, como por ejemplo capa antirreflejos, espejado, efecto de filtro, una sucesión de capas diseñada para esta aplicación especial o este requisito especial. Estos diseños de capas son habitualmente diferentes en la sucesión de las capas, materiales utilizados, realización del proceso y posiblemente en el procedimiento de revestimiento.

15 La patente WO 2013/171435 A1 muestra una lente de gafas con un revestimiento de lado frontal y un revestimiento de lado dorsal. Aquí el revestimiento lleva un revestimiento para cortar la parte ultravioleta de haces de luz que inciden sobre el lado frontal. El lado dorsal de la lente de gafas lleva un revestimiento antirreflejo que presenta, en el ámbito ultravioleta, un factor de reflexión ponderado menor o igual al 7 %. Además la lente de gafas presenta un revestimiento para el filtrado del componente azul de la luz en el ámbito de longitudes de onda entre 400 y 460 nm.

20 La patente DE 101 01 017 A1 muestra un sistema de capas óptico con un grado de reflexión reducido en los rayos ultravioleta, en el ámbito de longitudes de onda entre 180 y 370 nm. El sistema de capas consta de paquetes de capas consistentes en capas de baja y alta refracción en alternancia continua. La capa más próxima al sustrato no puede estar formada por fluoruro de magnesio, y ninguna de las capas presenta un grosor superior a la mitad de la longitud de onda de trabajo en el ámbito ultravioleta.

25 **Divulgación de la invención**

El propósito de la invención es crear un procedimiento para el diseño y la fabricación de un elemento óptico sobre cuyas características ópticas se pueda influir con procedimientos de revestimiento lo más sencillos posible y unitarios para requisitos diferentes.

30 El propósito se logra con las características de las reivindicaciones independientes. De las demás reivindicaciones, de la descripción y de los dibujos se derivan configuraciones favorables y ventajas de la invención.

35 Con el procedimiento conforme a la invención descrito a continuación se fabrica un elemento óptico, en particular una lente oftálmica o una lente de gafas, que incluye al menos un sistema de capas dispuesto en una superficie de un sustrato, con una pila de paquetes de capas consecutivos, donde cada paquete de capas incluye una primera capa parcial con un primer grosor óptico t_1 y una segunda capa parcial con un segundo grosor óptico t_2 , diferente del primer grosor óptico t_1 . Aquí las características ópticas del paquete de capas se pueden establecer en dependencia de un parámetro σ . Por tanto, el paquete de capas presenta características ópticas establecidas en dependencia del parámetro. Los correspondientes paquetes de capas están formados en dependencia de un cociente v_i del grosor óptico t_1 de una capa parcial de refracción mayor y de un grosor óptico t_2 de una capa parcial del paquete de capas de refracción menor, donde el índice i denomina la sucesión de los paquetes de capas sucesivos en la pila, donde la capa parcial de refracción mayor incluye en particular una capa parcial de alta refracción y la capa parcial de refracción menor incluye en particular una capa parcial de refracción menor. Aquí el parámetro σ es una función de una relación de cocientes v_i del grosor óptico de la capa parcial de refracción mayor respecto del grosor óptico de la capa parcial de refracción menor.

45 Se puede establecer una reflectividad R_m de la pila de paquetes de capas, donde el producto de una reflectividad R_m promediada en el ámbito visible de la luz desde 380 nm hasta 800 nm, e indicada en porcentaje, y el parámetro σ es menor que 1 con un procesamiento o efecto antideslumbrante y/o efecto antirreflectante de la pila de paquetes de capas, o es mayor o igual que 1 para un procesamiento o efecto de azogado de la pila producido dentro del ámbito visible de la luz desde 380 nm hasta 800 nm. Aquí el índice $i = 1$ designa la sucesión de los paquetes de capas dispuestos en sucesión uno después de otro o uno sobre otro con una cifra máxima de n_{max} paquetes de capas. En situación de colocación sobre un sustrato de un elemento óptico el índice i es tanto menor cuanto más cerca del sustrato se dispone el correspondiente paquete de capas. Esto es, por ejemplo, el cociente v_5 , con un apila formada por cinco paquetes de capas en situación de colocación junto a un elemento óptico, se asigna al paquete de capas dispuesto con el mayor alejamiento respecto del sustrato.

Con la aplicación del sistema de capas, por ejemplo, sobre una lente de gafas, el paquete de capas con el índice n_{max} sería el dispuesto con la mayor proximidad al aire.

55 La totalidad del sistema de capas se puede colocar directamente o también sobre un sustrato revestido de capa dura. Antes de la colocación del sistema de capas las superficies descritas se pueden condicionar mediante plasma. Con el plasma se pueden combinar diferentes gases, como Ar, O₂, N₂ y similares. El condicionamiento puede consistir en una activación, pero también en una funcionalización de las superficies a revestir, como una compactación.

El condicionamiento por plasma descrito se puede aplicar también a la capa parcial más exterior, la más alejada del sustrato.

60 La invención afecta sobre todo al revestimiento de lentes de gafas para influir sobre las características ópticas de las lentes de gafas de forma diferente, como por ejemplo como revestimiento antideslumbrante o antirreflectante, por ejemplo como filtro para el componente azul de la luz visible (bloque azul), o como azogado.

Según la invención esto se consigue mediante una sucesión de paquetes de capas en sucesión, donde cada paquete de capas presenta como mínimo una capa parcial de refracción más baja y una de refracción más alta, en particular una capa parcial de refracción baja y una de refracción alta. Mediante variación de los paquetes de capas, con materiales constantes, se pueden conseguir efectos / reflectividades diferentes, en particular para el efecto antideslumbrante y/o antirreflectante y el azogado. Esto se consigue mediante minimización / optimización de un parámetro σ . A su vez σ es una función de los grosores de capas, o de relaciones de los grosores ópticos de las capas parciales de cada paquete de capas.

La reflectividad R_m , también llamada grado de reflexión, describe aquí la relación de la intensidad reflejada con la intensidad incidente de un haz de luz como magnitud energética.

Según la invención, se puede conseguir un efecto antideslumbrante y/o antirreflectante mediante el apilamiento de paquetes de capas para una reflectividad R_m predeterminable de la pila de paquetes de capas si el producto de la reflectividad R_m y el parámetro σ se configura con un valor menor que 1.

La reflectividad R_m se puede determinar aquí mediante la dependencia antes indicada como relación de la intensidad reflejada con la intensidad incidente del haz de luz incidente, donde la reflectividad R_m se promedia de forma conveniente en el ámbito visible de la luz desde 380 nm hasta 800 nm, y se indica referida al 100 % ó en porcentaje. Una condición de este tipo se puede aplicar como condición marginal para un proceso de optimización del procedimiento de fabricación del sistema de capas.

Por otra parte se puede conseguir un azogado para una reflectividad R_m predeterminable de la pila de paquetes de capas si el producto de la reflectividad R_m y el parámetro σ se configura con un valor mayor o igual a 1. Una condición de este tipo se puede aplicar también de forma razonable como condición marginal para un proceso de optimización del procedimiento de fabricación del sistema de capas.

Con este tipo de revestimiento cabe la posibilidad de fabricar los más variados efectos antideslumbrantes y azogados en la forma y la realización más diferente, y los más variados filtros ópticos (bloqueo de infrarrojos, bloqueo de azul, protección contra rayos ultravioletas, antirreflectante incoloro de alto nivel) con la misma sucesión de capas y con los mismos materiales. Esto es, la estructura en capas es siempre la misma en relación con la elección del material de las capas y del procedimiento de revestimiento correspondiente.

Una ventaja esencial del sistema de capas conforme a la invención consiste en que los diferentes tipos de revestimientos se diferencian únicamente en la elección del grosor de las diferentes capas parciales. Un sistema de capas fabricado con un procedimiento de revestimiento unitario de este tipo simplifica además la totalidad del desarrollo, la autorización, la introducción en las instalaciones, la supervisión del proceso y el manejo de las instalaciones (equipamiento, ajustado, etc.). Para el manejo de la instalación de revestimiento, y también para su configuración / ajuste, el correspondiente especialista deberá dominar además un esquema de revestimiento.

Con este tipo de revestimiento el tipo de la aplicación no se determina ya, de forma predominante, mediante los materiales utilizados, sino mediante la sucesión de capas, y a continuación de ésta mediante su efecto sobre el conjunto del sistema interferométrico del revestimiento óptico.

Este tipo de sistema de capas se ha podido adaptar hasta la fecha a los revestimientos ópticos utilizados. Con un esquema de plataforma de este tipo para un sistema de capas, los revestimientos fabricados de este modo presentan características mecánicas similares de las capas, como p. ej. adherencia, resistencia al rayado, resistencia al calor, la intemperie, etc.

Con un sistema de capas de este tipo el parámetro σ para una pila formada por tres o cinco paquetes de capas sucesivos se puede determinar con la fórmula

$$\sigma = \frac{v_1}{\sum_{i=2}^{nmax} v_i}$$

donde $i = 1$ hasta $nmax$, para $nmax = 3$ ó $nmax = 5$, designa la sucesión de los paquetes de capas en la pila, y v_i se deriva de un cociente del grosor óptico t_1 de la capa parcial de refracción mayor respecto del grosor óptico t_2 de la capa parcial de refracción menor del correspondiente paquete de capas. El grosor óptico t , o FWOT (full wave optical thickness) se determina aquí mediante

$$t = \frac{d}{\lambda} * n$$

donde d designa el grosor de la capa, λ la longitud de onda dimensionada y n el índice de refracción de la capa parcial. Para una pila formada por cuatro paquetes de capas sucesivos el parámetro σ se puede determinar mediante

$$\sigma = \frac{v_1 + v_2}{v_3 + v_4}$$

donde los números característicos 1 a 4 se corresponden con los índices de los ejemplos de las pilas formadas por tres o cinco paquetes de capas sucesivos, y la sucesión de los paquetes de capas en la pila, y v_i se deriva de un cociente del grosor óptico t_1 de la capa parcial de refracción mayor respecto del grosor óptico t_2 de la capa parcial de refracción menor del correspondiente paquete de capas.

Según una configuración ventajosa se pueden disponer en los paquetes de capas de la pila capas parciales de refracción menor y capas parciales de refracción mayor en la misma sucesión en cada caso. Así, en la totalidad del sistema de capas, a una capa parcial de refracción menor sigue siempre una capa parcial de refracción mayor. De este modo el procedimiento de revestimiento se puede estandarizar y unificar de forma conveniente.

5 Según otra configuración ventajosa se puede conseguir un efecto antideslumbrante y/o antirreflectante a través de la pila de paquetes de capas si el parámetro σ se configura en un valor menor que 4, preferiblemente menor que 1, y con especial preferencia menor que 0,3. La pila de paquetes de capas presenta por tanto un efecto antideslumbrante si el parámetro σ es menor que 4. Esto plantea también una posible condición marginal razonable para un proceso de optimización del procedimiento de fabricación del sistema de capas.

10 Según otra configuración ventajosa la diferencia de los índices de refracción n_1 , n_2 entre una capa parcial de refracción mayor respecto del índice de refracción de una capa parcial de refracción menor en el mismo paquete de capas puede ser mayor que 0,2, preferiblemente mayor que 0,3 y con especial preferencia mayor que 0,4. Estas diferencias de los índices de refracción n_1 , n_2 son suficientes para conseguir, con una cifra de, por ejemplo, tres, cuatro o cinco paquetes de capas sucesivos en un sistema de capas, un influjo previsto sobre las características ópticas del sistema de capas de forma deseada, en particular en caso de una aplicación en el ámbito de las lentes de gafas.

15 Según otra configuración ventajosa las capas parciales de alta refracción pueden presentar un primer índice de refracción n_1 de 1,6 como mínimo, preferiblemente de 1,7 como mínimo, con especial preferencia de 1,8 y con total preferencia de 1,9 como mínimo, y las capas parciales de baja refracción pueden presentar un segundo índice de refracción n_2 de 1,55 como máximo, preferiblemente de 1,48 como máximo, y con especial preferencia de 1,4 como máximo. Estos datos de índices de refracción se refieren a condiciones normales, con una temperatura de 25 °C y una longitud de onda de referencia de la intensidad lumínica utilizada de 550 nm.

20 Ejemplos típicos de materiales de capa con índices de refracción diferentes son el dióxido de silicio (SiO_2), con un índice de refracción de 1,46, el óxido de aluminio (Al_2O_3), con un índice de refracción de 1,7, el dióxido de circonio (ZrO_2), con un índice de refracción de 2,05, el titanato de praseodimio (PrTiO_3), el óxido de titanio (TiO_2) y el sulfuro de zinc (ZnS), ambos con un índice de refracción de 2,3. Estos valores son valores medios, que pueden variar hasta un 10 % en función de los procedimientos de revestimiento y del grosor de la capa.

25 Las lentes ópticas convencionales presentan índices de refracción entre 1,5 y 2,0. Por ello los materiales de las capas con índices de refracción inferiores a 1,5, como MgF_2 , SiO_2 , Al_2O_3 , se consideran, en combinación con lentes ópticas, como materiales de refracción baja, y los materiales de capa con índices de refracción superiores a 2,0, como ZrO_2 , PrTiO_3 , TiO_2 y ZnS , como materiales de refracción alta. En consecuencia la diferencia de los índices de refracción entre materiales de refracción alta y baja se sitúa, según los procedimientos de revestimiento y el grosor de las capas, entre un mínimo de 0,2 y un máximo de 0,5.

30 Según otra configuración ventajosa el paquete de capas de la pila último en cada caso puede presentar una capa funcional entre las dos capas parciales. Esta capa funcional puede mejorar, por ejemplo, un efecto antiestático mediante el aumento de la capacidad de conducción eléctrica, provocar una equalización de tensiones elástica o utilizarse también como barrera de la difusión.

35 Según otra configuración ventajosa se pueden formar, dentro de la pila de paquetes de capas, las capas parciales de refracción menor del mismo material, y/o dentro de la pila de paquetes de capas las capas parciales de refracción mayor del mismo material. De este modo resulta posible fabricar el sistema de capas con dos materiales como materiales de revestimiento lo que simplifica en gran medida, y en consecuencia también acelera, la totalidad del desarrollo y de la fabricación del sistema de capas, tanto desde el lado de la planta fabricante como también desde el lado del usuario.

40 Según otra configuración ventajosa, las capas parciales de refracción mayor presentan al menos uno de los materiales siguientes y sus modificaciones, en particular sus otros niveles de oxidación: Ta_2O_5 , TiO_2 , ZrO_2 , Al_2O_3 , Nd_2O_5 , Pr_2O_3 , PrTi_2O_3 , La_2O_3 , Nb_2O_5 , Y_2O_3 , HfO_2 , ITO (óxido de indio y estaño) Si_3N_4 , MgO , CeO_2 . Estos materiales son conocidos como materiales clásicos con índice de refracción alto en elementos ópticos, como por ejemplo para el revestimiento de lentes de gafas. No obstante, las capas parciales de refracción mayor pueden incluir también SiO_2 u otros materiales de refracción menor siempre que el índice de refracción de la capa parcial en su totalidad se mantenga por encima de 1,6.

45 Según otra configuración ventajosa las capas parciales de refracción menor pueden presentar al menos uno de los siguientes materiales: SiO , SiO_2 , silanos, siloxanos. No obstante, las capas parciales de refracción menor pueden incluir también una mezcla de SiO_2 , y Al_2O_3 . De forma preferente las capas parciales de refracción menor pueden incluir al menos un 80 por ciento del peso de SiO_2 , y con especial preferencia un 90 por ciento del peso como mínimo de SiO_2 .

50 Los materiales utilizados para este tipo de revestimientos son los materiales típicos que se aplican en óptica por medio, por ejemplo, de los procedimientos PVD (PVD = Physical Vapour Deposition (deposición física a partir de la fase de vapor)) o CVD (CVD = Chemical Vapour Deposition (deposición química en fase de vapor)). Esto es, como material de refracción menor se prefieren SiO_2 y mezclas con SiO_2 . Como material de refracción alta cabe la posibilidad de todos los materiales oxidicos típicos de refracción alta y sus mezclas (Ta_2O_5 , Ti_xO_y , ZrO_2 , etc.). La elección de un compuesto de materiales determinado, como resultaba en parte necesario en los revestimientos efectuados hasta la fecha, no se requiere ya con el sistema de capas conforme a la invención.

55 Así pues, como materiales de refracción mayor se pueden utilizar todos los óxidos metálicos de refracción alta, y sus mezclas, típicos en el sector de la óptica (Ta_2O_5 , Ti_xO_y , ZrO_2 y similares).

60

Como materiales de refracción menor se pueden utilizar todos los óxidos metálicos de refracción baja, y sus mezclas, típicos en el sector de la óptica (SiO, SiO₂; SiO₂ con aditivos de Al, SiO, y también silanos y siloxanos en forma pura o con sus derivados fluorados, y similares).

5 En una configuración ventajosa del elemento óptico las capas parciales inferiores dirigidas hacia el sustrato pueden tener una refracción mayor que la refracción de las otras capas parciales. De este modo se define la sucesión de las capas parciales de los diferentes paquetes de capas del sistema de capas, pues las capas parciales de mayor y de menor refracción se disponen en el sistema de capas alternando unas con otras.

10 Los revestimientos descritos se pueden aplicar sobre el sustrato a revestir en ambos lados, o también en un solo lado, de modo que, según otra configuración ventajosa, se puede prever un sistema de capas en dos superficies opuestas del sustrato.

Según otra configuración ventajosa los sistemas de capas previstos en dos superficies opuestas del sustrato pueden presentar una cantidad diferente de paquetes de capas. Uno de los dos sistemas de capas puede también presentar una capa funcional adicional en el paquete de capas superior, mientras que el otro sistema de capas no presenta otra capa de este tipo.

15 Según otra configuración ventajosa, al menos una de las superficies del sustrato puede estar recubierta con una capa dura. Esta capa dura se puede fabricar como capa de barniz orgánica o también como capa inorgánica, como por ejemplo SiO₂, opcionalmente con posibles aditivos.

20 La invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de un elemento óptico conforme a la invención con un sistema de capas, donde ciertas características ópticas del sistema de capas se configuran dependiendo de un parámetro σ , de modo que los correspondientes paquetes de capas se fabrican dependiendo de un cociente v_i de un primer grosor óptico t_1 de una primera capa parcial de refracción mayor y de un segundo grosor óptico t_2 de una segunda capa parcial de refracción menor del paquete de capa, donde el índice i designa la sucesión de los paquetes de capas que se siguen uno a otro en la pila. Aquí el parámetro σ es una función de una relación de los cocientes v_i , donde la capa parcial de refracción mayor incluye en particular una capa parcial de refracción alta y la capa parcial de refracción baja incluye en particular una capa parcial de refracción baja. Aquí se puede establecer, en porcentaje, una reflectividad R_m de la pila de paquetes de capas promediada en el ámbito visible de la luz desde 380 nm hasta 800 nm. Se configura el producto de la reflectividad R_m y el parámetro σ menor que 1 para conseguir un efecto antideslumbrante y/o efecto antirreflectante de la pila de paquetes de capas, o mayor o igual a 1 para conseguir un azogado o un efecto de azogado. Los grosores ópticos t_1 , t_2 de las primeras y segundas capas parciales de uno o varios paquetes de capas se determinan de forma que el parámetro σ

30 se determina por medio de un procedimiento de optimización, preferiblemente por medio de cálculo variacional. Las capas parciales primeras y segundas se fabrican después con los parámetros calculados, en particular con los grosores ópticos t_1 , t_2 de las capas parciales de los paquetes de capas de una pila de paquetes de capas. Las características ópticas del sistema de capas se pueden configurar mediante la elección apropiada del parámetro σ , ó del producto reflectividad $R_m * \sigma$, como se ha descrito ya anteriormente. Por ejemplo, se puede obtener un efecto antideslumbrante y/o antirreflectante mediante la pila de paquetes de capas si el parámetro σ es menor que 4, preferiblemente menor que 1, y con especial preferencia menor que 0,3.

35 Además es factible un efecto antideslumbrante y/o antirreflectante mediante la pila de paquetes de capas para una reflectividad R_m predeterminable de la pila de paquetes de capas si el producto de la reflectividad R_m y el parámetro σ se configura en un valor inferior a 1. Como alternativa se puede obtener un azogado para una reflectividad R_m predeterminable de la pila de paquetes de capas si el producto de la reflectividad R_m y el parámetro σ se configura en un valor mayor o igual a 1.

40 De forma ventajosa se pueden configurar los grosores de capa de las capas parciales de refracción mayor entre 2 y 150 nm, y los grosores ópticos t_1 entre 0,01 y 0,55. Además los grosores de capa de las capas parciales de refracción menor se pueden configurar entre 2 y 200 nm, y los grosores ópticos t_2 entre 0,01 y 0,53. Estos valores mínimos y valores máximos para los grosores de capa y/o los grosores ópticos t_1 , t_2 de las capas parciales forman de forma ventajosa valores límites del procedimiento de optimización.

45 Aquí el parámetro σ se optimiza mediante una variación de los grosores ópticos de las diferentes capas parciales en la medida en que el parámetro σ se encuentre en el ámbito deseado. Esta variación se puede obtener a través de procedimientos de optimización no lineales, siendo uno de los procedimientos posibles el cálculo variacional. No obstante, cabe pensar también en otros procedimientos de la optimización no lineal local o global, como por ejemplo algoritmos evolutivos, análisis clúster o redes neuronales. Aquí cabe pensar también en un modo de procedimiento iterativo, en concreto que los resultados de medición de sistemas de capas fabricados se incorporen de nuevo a los parámetros de un nuevo cálculo de optimización, para obtener así resultados más fiables. Para la optimización se pueden utilizar, por ejemplo, procedimientos de optimización / de cálculo habituales en el comercio, por ejemplo de Thin Film Center Inc. (paquete de software Essential Macleod) o Filmstar.

60 Planos

Otras ventajas se derivan de la siguiente descripción de los planos. En los planos se representan ejemplos de realización de la invención. Los planos, la descripción y las reivindicaciones incluyen numerosas características en combinación. El

especialista considerará las características, de forma apropiada, también por sí solas, y las reunirá en otras combinaciones razonables

Se observa, por ejemplo:

- 5 Fig. 1 un elemento óptico según un ejemplo de realización de la invención con sistemas de capas dispuestos en ambas superficies de un sustrato;
- Fig. 2 un sistema de capas según un ejemplo de realización de la invención con tres paquetes de capas;
- 10 Fig. 3 un sistema de capas según otro ejemplo de realización de la invención con cuatro paquetes de capas;
- Fig. 4 un sistema de capas según otro ejemplo de realización de la invención con cinco paquetes de capas;
- 15 Fig. 5 parámetros de un sistema de capas según un ejemplo de realización de la invención con tres paquetes de capas para aplicaciones como revestimiento antirreflectante verde, antirreflectante de bloque azul y antirreflectante de rayos ultravioletas;
- Fig. 6 parámetros de un sistema de capas según un ejemplo de realización de la invención con tres paquetes de capas para aplicaciones como revestimiento antirreflectante incoloro, antirreflectante rojo y antirreflectante dorado;
- 20 Fig. 7 parámetros de un sistema de capas según un ejemplo de realización de la invención con tres paquetes de capas para aplicaciones como azogado azul, azogado rojo, azogado verde y azogado dorado;
- Fig. 8 parámetros de un sistema de capas según otro ejemplo de realización de la invención con cuatro paquetes de capas para aplicaciones como revestimiento antirreflectante verde, antirreflectante de bloque azul y antirreflectante de rayos ultravioletas;
- 25 Fig. 9 parámetros de un sistema de capas según otro ejemplo de realización de la invención con cuatro paquetes de capas para aplicaciones como revestimiento antirreflectante incoloro, antirreflectante rojo y antirreflectante dorado;
- 30 Fig. 10 parámetros de un sistema de capas según otro ejemplo de realización de la invención con cuatro paquetes de capas para aplicaciones como azogado azul, azogado rojo, azogado verde y azogado dorado;
- Fig. 11 parámetros de un sistema de capas según otro ejemplo de realización de la invención con cinco paquetes de capas para aplicaciones como revestimiento antirreflectante verde, antirreflectante de bloque azul y antirreflectante de rayos ultravioletas;
- 35 Fig. 12 parámetros de un sistema de capas según otro ejemplo de realización de la invención con cinco paquetes de capas para aplicaciones como revestimiento antirreflectante incoloro, antirreflectante rojo y antirreflectante dorado;
- 40 Fig. 13 parámetros de un sistema de capas según otro ejemplo de realización de la invención con cinco paquetes de capas para aplicaciones como azogado azul, azogado rojo, azogado verde y azogado dorado;
- Fig. 14 una curva de reflexión de un sistema de capas según un ejemplo de realización de la invención con cuatro paquetes de capas para una aplicación como filtro antirreflectante de bloque azul;
- 45 Fig. 15 una curva de reflexión de un sistema de capas según un ejemplo de realización de la invención con cuatro paquetes de capas para una aplicación como revestimiento antirreflectante incoloro;
- 50 Fig. 16 una curva de reflexión de un sistema de capas según un ejemplo de realización de la invención con cuatro paquetes de capas para una aplicación como filtro antirreflectante de rayos ultravioletas;
- Fig. 17 una curva de reflexión de un sistema de capas según un ejemplo de realización de la invención con cuatro paquetes de capas para una aplicación como revestimiento antirreflectante rojo;
- 55 Fig. 18 una curva de reflexión de un sistema de capas según un ejemplo de realización de la invención con cuatro paquetes de capas para una aplicación como revestimiento antirreflectante amarillo;
- Fig. 19 una curva de reflexión de un sistema de capas según un ejemplo de realización de la invención con cuatro paquetes de capas para una aplicación como azogado rojo; y
- 60

Fig. 20 una curva de reflexión de un sistema de capas según un ejemplo de realización de la invención con cuatro paquetes de capas para una aplicación como azogado azul.

Formas de realización de la invención

5

En las figuras están cifrados con los mismos signos de referencia los componentes del mismo tipo o del mismo efecto. Las figuras muestran únicamente ejemplos, y no se deben entender en sentido restrictivo.

10

La figura 1 muestra un elemento óptico 100 según un ejemplo de realización de la invención, con sistemas de capas 10, 11 dispuestos en ambas superficies 60, 62 de un sustrato 12. En el ejemplo de realización mostrado el sustrato 12 está recubierto en ambas superficies 60, 62 con una capa dura 16, sobre la que se coloca un sistema de capas 10, 11. Esta capa dura 16 puede estar fabricada como capa de barniz orgánica o también como capa inorgánica, como por ejemplo SiO_2 , en su caso también con posibles aditivos.

15

Antes de la aplicación del sistema de capas 10, 11 se puede condicionar las superficies 60, 62 por medio de un tratamiento de plasma. Con el plasma se pueden combinar diferentes gases, como Ar, O_2 , N_2 y similares. El condicionamiento puede consistir en una activación, pero también en una funcionalización de las superficies a revestir, por ejemplo con la finalidad de una compactación. También la capa parcial superior del sistema de capas 10, 11 se puede someter a un condicionamiento por plasma de este tipo.

20

Los dos sistemas de capas 10, 11 pueden tener también estructuras totalmente diferentes si presentan una cantidad diferente de paquetes de capas. Uno de los dos sistemas de capas 10, 11 puede también presentar una capa funcional adicional en el paquete de capas superior, mientras que el otro sistema de capas 10, 11 no presenta una capa de este tipo. La figura 2 muestra en este sentido, como ejemplo, un sistema de capas 10 según un ejemplo de realización de la invención con tres paquetes de capas 20, 22, 24. Como capa inferior el sistema de capas 10 presenta una capa adherente 18 para una mejor adherencia directamente sobre el sustrato 12, ó sobre la capa dura 16 colocada sobre el sustrato 12. Esta capa adherente 18 puede estar formada por óxidos metálicos de menor refracción en cantidades subestequiométricas, cromo, silanos y también siloxanos.

25

Sobre ésta se disponen sucesivamente los correspondientes paquetes de capas 20, 22, 24, donde cada paquete de capas 20, 22 está formado por una capa parcial 30 de refracción mayor, seguida por una capa parcial 32 de refracción menor. La capa parcial inferior 30 en dirección al sustrato 12 tiene una refracción mayor que la otra capa parcial 32. El paquete de capas superior 24 presenta, entre la capa parcial 30 de refracción mayor y la capa parcial 32 de refracción menor, una capa funcional 54 que puede actuar, por ejemplo, para aumentar la capacidad de conducción eléctrica, para la ecualización de tensiones o como barrera de la difusión. Esta capa funcional 54, relevante desde el punto de vista óptico, puede estar construida en un material de refracción baja, y aleada con otros óxidos metálicos, como por ejemplo el aluminio.

30

Sobre el paquete de capas 24 se dispone aún una capa funcional 52. La capa funcional 52 se aplica sobre la última capa parcial 32 ópticamente relevante del paquete de capas 24, y puede contener moléculas con contenido en flúor. La función de esta capa funcional 52 consiste habitualmente en una mejor característica protectora, con características como la función de repeler el agua y el aceite con una energía de superficie habitualmente inferior a 15 mN/m.

35

El procedimiento para la fabricación del sistema de capas 10, en el que se configuran características ópticas del sistema de capas 10, se basa en el hecho de que los correspondientes paquetes de capas 20, 22, 24 están creados en función de un cociente v_1, v_2, v_3 de un primer grosor óptico t_1 de una primera capa parcial 30 de refracción mayor y de un segundo grosor óptico t_2 de una segunda capa parcial 32 de refracción menor del paquete de capas 20, 22, 24, y de que un parámetro σ es una función de una relación de los cocientes v_1, v_2, v_3 . Los grosores ópticos t_1, t_2 de las primeras y segundas capas parciales 30, 32 de uno o varios paquetes de capas 20, 22, 24 se determinan de modo que el parámetro σ se determina mediante un procedimiento de optimización, preferente por medio de cálculo variacional, y que las primeras y segundas capas parciales 30, 32 se fabrican con los parámetros calculados, en particular con los grosores ópticos t_1, t_2 de las capas parciales 30, 32 de los paquetes 20, 22, 24 de una pila 14 de paquetes de capas 20, 22, 24. De forma parecida se pueden fabricar sistemas de capas 10 con cuatro o cinco paquetes de capas 20, 22, 24, 26, 28 mediante variación del parámetro σ .

40

45

En la figura 3 se representa un sistema de capas 10 similar al de la figura 2, según otro ejemplo de realización de la invención, con cuatro paquetes de capas 20, 22, 24, 26. Incluye otro paquete de capas 26. En el caso de este ejemplo de realización la capa funcional 54 está incorporada al paquete de capas 26, pues éste constituye el paquete de capas más externo del sistema de capas 10. La otra capa funcional 52 se ha aplicado sobre la última capa parcial 32 del paquete de capas más exterior.

50

La figura 4 muestra otro sistema de capas 10 según otro ejemplo de realización de la invención, con cinco paquetes de capas 20, 22, 24, 26, 28. En este ejemplo de realización la capa funcional 54 se incorpora al paquete de capas 28, pues éste constituye el paquete de capas más exterior del sistema de capas 10. La otra capa funcional 52 se ha aplicado sobre la última capa parcial 32 del paquete de capas 28 más exterior.

55

En la figura 5 se enumeran parámetros de un sistema de capas 10 según un ejemplo de realización de la invención con tres paquetes de capas 20, 22, 24 para aplicaciones con Antiref_g para un revestimiento antirreflectante verde, Antiref_bb para un revestimiento antirreflectante de bloque azul y Antiref_uv para un revestimiento antirreflectante ultravioleta. El parámetro d designa el grosor y el parámetro MAT designa el material de las capas.

60

Los paquetes de capas 20, 22, 24 están formados por capas parciales 30 con el material similar Ta_2O_5 y capas parciales 32 con el material similar SiO_2 . El paquete de capas 24 presenta, entre las dos capas parciales 30, 32 una capa funcional

54 con Al₂O₃. Aquí Ta₂O₅ presenta, como es típico, un índice de refracción de 2,03, SiO₂ presenta, como es típico, un índice de refracción de entre 1,46 y 1,62 en función de la densidad de construcción y Al₂O₃ presenta, como es típico, un índice de refracción de 1,67. Por tanto, la diferencia de los índices de refracción de la capa parcial con mayor refracción respecto de la capa parcial con menor refracción se sitúa entre 0,2 y 0,5.

5 El índice de refracción de, por ejemplo, Ta₂O₅ y TiO₂ se puede configurar en determinados ámbitos mediante apoyo de plasma. Por ejemplo, para Ta₂O₅ se puede configurar el índice de refracción entre 1,95 y 2,15 aproximadamente. Lo mismo se aplica para TiO₂.

10 El sistema de capas 10, en el que se basa la figura 5, presenta una pila 14 de paquetes de capas sucesivos 20, 22, 24, donde cada paquete de capas 20, 22, 24 incluye una primera capa parcial 30 con un primer grosor óptico t1 y una segunda capa parcial 32 con un segundo grosor óptico t2, diferente del primer grosor óptico t1. Las características ópticas del paquete de capas 20, 22, 24 se pueden predeterminar en función del parámetro σ. Los correspondientes paquetes de capas 20, 22, 24 están formados, dependiendo de un cociente v₁, v₂, v₃ del grosor óptico t1, por una capa parcial 30 de refracción mayor y un grosor óptico t2 de la capa parcial 32 de refracción menor del paquete de capas 20, 22, 24. La capa parcial 30 de refracción mayor incluye en particular una capa parcial 30 de refracción mayor, en el ejemplo de realización de la figura 5 Ta₂O₅, y la capa parcial 32 de refracción menor incluye en particular una capa parcial 32 de refracción menor, en el ejemplo de realización de la figura 5 SiO₂. El parámetro σ es una función de una relación de los cocientes v₁, v₂, v₃. Los grosores ópticos t1, t2 están enumerados en la figura 5 bajo la columna FWOT para las capas parciales 30, 32. Se indican además los grosores físicos en nm. En los paquetes de capas 20, 22, 24 de la pila 14 se disponen capas parciales 32 de refracción menor y capas parciales 30 de refracción mayor en el mismo orden.

20 El parámetro σ para una pila 14 formada por tres paquetes de capas 20, 22, 24 sucesivos y descritos en la figura 5 es σ según la fórmula

$$\sigma = \frac{v_1}{\sum_{i=2}^{nmax} v_i}$$

25 con i = 1 hasta nmax, para nmax = 3, lo que designa la sucesión de los paquetes de capas en la pila,

$$\sigma = \frac{v_1}{v_2 + v_3}$$

30 v₁, v₂ y v₃ resultan de un cociente del grosor óptico t1 de la capa parcial 30 de refracción mayor respecto del grosor óptico t2 de la capa parcial 32 de refracción menor del correspondiente paquete de capas 20, 22, 24, donde v₁ se asigna al paquete de capas 20 situado más cerca del sustrato, v₂ al paquete de capas 22 intermedio y v₃ al paquete de capas 24 más exterior. Se puede predeterminar una reflectividad Rm de la pila 14 de paquetes de capas 20, 22, 24. Aquí se puede conseguir un efecto antideslumbrante / antirreflectante mediante la pila 14 de paquetes de capas 20, 22, 24 si el producto de la reflectividad Rm y del parámetro σ se configura en un valor menor que 1. La reflectividad Rm está aquí promediada en el ámbito visible entre 380 y 800 nm. El azogado se puede conseguir si el producto de la reflectividad Rm y del parámetro σ se configura en un valor mayor o igual a 1. Un efecto antideslumbrante y/o antirreflectante mediante la pila 14 de paquetes de capas 20, 22, 24 se puede conseguir también si el parámetro σ se configura en un valor menor que 4, preferiblemente menor que 1, y con especial preferencia menor que 0,3.

40 La figura 6 muestra los parámetros del sistema de capas 10 según el ejemplo de realización de la invención para una pila 14 con tres paquetes de capas 20, 22, 24 para aplicaciones con Antiref_f para un revestimiento antirreflectante incoloro, Antiref_r para un revestimiento antirreflectante rojo y Antiref_go para un revestimiento antirreflectante dorado, y la figura 7 para aplicaciones de revestimientos con V_b para un azogado azul, V_r para un azogado rojo, V_g azogado verde y V_go para un azogado dorado. El parámetro d designa el grosor y el parámetro MAT designa el material de la capa. Aquí cabe observar que el azogado se consigue con un producto de la reflectividad Rm y del parámetro σ, esto es, σ * Rm, mayor que 1, que en el ejemplo de realización descrito se sitúa, según el orden de magnitudes, en valores entre 11 y 21. En cambio, para valores Rm * σ menores que 1 se consigue un efecto antideslumbrante / antirreflectante. En los sistemas de capas antideslumbrantes σ se sitúa en valores menores o iguales a 0,31.

50 La figura 8 muestra los correspondientes parámetros de un sistema de capas 10 según otro ejemplo de realización de la invención para una pila 14 con cuatro paquetes de capas 20, 22, 24, 26, formados por capas parciales 30 del mismo tipo de Ta₂O₅ y capas parciales 32 de SiO₂, para aplicaciones con Antiref_g para un revestimiento antirreflectante verde, Antiref_bb para un revestimiento antirreflectante de bloque azul y Antiref_uv para un revestimiento antirreflectante ultravioleta. El parámetro d designa el grosor y el parámetro MAT designa el material de la capa. También aquí el paquete de capas superior 26 presenta una capa funcional 54 de Al₂O₃ entre las capas parciales 30 y 32.

55 El parámetro σ para los cuatro paquetes de capas 20, 22, 24, 26 de la figura 8 es

$$\sigma = \frac{v_1 + v_2}{v_3 + v_4}$$

ES 2 811 912 T3

v_1 , v_2 , v_3 y v_4 resultan de un cociente del grosor óptico t_1 de la capa parcial 30 de refracción mayor respecto del grosor óptico t_2 de la capa parcial 32 de refracción menor del correspondiente paquete de capas 20, 22, 24, 26, donde v_1 se asigna al paquete de capas 20, v_2 al paquete de capas 22, v_3 al paquete de capas 24 y v_4 al paquete de capas 26.

La figura 9 muestra los parámetros del sistema de capas 10 según el ejemplo de realización con cuatro paquetes de capas 20, 22, 24, 26 para aplicaciones con Antiref_f para un revestimiento antirreflectante incoloro, Antiref_r para un revestimiento antirreflectante rojo y Antiref_go para un revestimiento antirreflectante dorado. El parámetro d designa el grosor y el parámetro MAT designa el material de la capa.

La figura 10 muestra los parámetros del sistema de capas 10 según el ejemplo de realización con cuatro paquetes de capas 20, 22, 24, 26 para aplicaciones con V_b para un azogado azul, V_r para un azogado rojo, V_g para un azogado verde y V_{go} para un azogado dorado. El parámetro d designa el grosor y el parámetro MAT designa el material de la capa. También aquí se observa que el azogado se consigue con un producto de la reflectividad R_m y del parámetro σ , esto es, $\sigma * R_m$, mayor que 1, que en el ejemplo de realización descrito se sitúa, según el orden de magnitudes, en valores entre 4 y 50. En cambio, para valores $\sigma * R_m$ menores que 1 se consigue un efecto antideslumbrante / antirreflectante. En los sistemas de capas antideslumbrantes σ se sitúa en valores menores o iguales a 0,41.

En la figura 11 se muestran los correspondientes parámetros de un sistema de capas 10 según otro ejemplo de realización de la invención para una pila 14 con cinco paquetes de capas 20, 22, 24, 26, 28, construidos a partir de capas parciales 30 del mismo tipo de Ta_2O_5 y capas parciales 32 de SiO_2 , para aplicaciones con Antiref_g para un revestimiento antirreflectante verde, Antiref_bb para un revestimiento antirreflectante de bloque azul y Antiref_uv para un revestimiento antirreflectante ultravioleta. El parámetro d designa el grosor y el parámetro MAT designa el material de la capa. También aquí el paquete de capas superior 28 presenta una capa funcional 54 de Al_2O_3 entre las capas parciales 30 y 32.

El parámetro σ para cinco paquetes de capas 20, 22, 24, 26, 28 en la figura 11 es σ según la fórmula

$$\sigma = \frac{v_1}{\sum_{i=2}^{nmax} v_i}$$

con $i = 1$ hasta $nmax$, para $nmax = 5$, lo que designa la sucesión de los paquetes de capas en la pila,

$$\sigma = \frac{v_1}{v_2 + v_3 + v_4 + v_5}$$

v_1 , v_2 , v_3 , v_4 y v_5 resultan de un cociente del grosor óptico t_1 de la capa parcial 30 de refracción mayor respecto del grosor óptico t_2 de la capa parcial 32 de refracción menor del correspondiente paquete de capas 20, 22, 24, 26, 28, donde v_1 se asigna al paquete de capas 20, v_2 al paquete de capas 22, v_3 al paquete de capas 24, v_4 al paquete de capas 26 intermedio y v_5 al paquete de capas 28.

La figura 12 muestra los parámetros del sistema de capas 10 según el ejemplo de realización con cinco paquetes de capas 20, 22, 24, 26, 28 para aplicaciones con Antiref_f para un revestimiento antirreflectante incoloro, Antiref_r para un revestimiento antirreflectante rojo y Antiref_go para un revestimiento antirreflectante dorado, y la figura 13 para aplicaciones con V_b para un azogado azul, V_r para un azogado rojo, V_g para un azogado verde y V_{go} para un azogado dorado. El parámetro d designa el grosor y el parámetro MAT designa el material de la capa. También aquí cabe observar que el azogado se consigue con un producto de la reflectividad R_m y del parámetro σ , esto es, $\sigma * R_m$, mayor que 1, que en el ejemplo de realización descrito se sitúa, según el orden de magnitudes, en valores entre 1,06 y 27. En cambio, para valores del producto $R_m * \sigma$ menores que 1 se consigue un efecto antideslumbrante / antirreflectante. En los sistemas de capas antideslumbrantes σ se sitúa en valores menores o iguales a 0,22. En los sistemas antirreflectantes σ se sitúa en valores menores o iguales a 0,22. En el sistema de capas 10 del azogado azul en la figura 13 σ se sitúa también en 0,14, aunque el producto $\sigma * R_m$ es 1,06, esto es, mayor que 1. El producto $\sigma * R_m$ supone, pues, una condición suficiente para que el sistema de capas 10 presente el azogado deseado.

La figura 14 muestra una curva de reflexión de un sistema de capas 10 según un ejemplo de realización de la invención con cuatro paquetes de capas 20, 22, 24, 26 para un aplicación como filtro antirreflectante de bloque azul, donde la reflexión R en % se aplica en nm en el intervalo de longitud de onda λ . En consecuencia, el máximo de la curva de reflexión se sitúa en el ámbito azul del espectro con una longitud de onda de la luz de aprox. 30 nm, para minimizar así la transmisión del componente azul de la luz. Por encima de unos 400 nm la reflexión es muy baja, esto es, la transmisión es muy alta.

La figura 15 muestra, en cambio, una curva de reflexión de un sistema de capas 10 según un ejemplo de realización de la invención con cuatro paquetes de capas 20, 22, 24, 26 para una aplicación como revestimiento antirreflectante incoloro, donde la reflexión R en % se aplica en nm en el intervalo de longitud de onda λ . Aquí la reflexión mínima se sitúa en el intervalo de longitudes de onda entre 380 y 580 nm y aumenta de nuevo lentamente, si bien con 800 nm sigue aún por debajo del 5 %. Así pues, la transmisión es muy elevada a lo largo de un amplio intervalo visible de la luz.

En la figura 16 se representa una curva de reflexión de un sistema de capas 10 según un ejemplo de realización de la invención con cuatro paquetes de capas 20, 22, 24, 26 para una aplicación como filtro antirreflectante de rayos ultravioletas, donde la reflexión R en % se aplica en nm en el intervalo de longitud de onda λ . En este ejemplo de realización la curva de reflexión aumenta con una pendiente muy pronunciada por debajo de una longitud de onda límite desde aproximadamente 300 nm hacia valores más pequeños. De este modo este componente ultravioleta de la luz se bloquea de forma eficaz, mientras que el ámbito visible presenta una transmisión muy elevada de hasta el 95 %.

La figura 17 muestra una curva de reflexión de un sistema de capas 10 según un ejemplo de realización de la invención con cuatro paquetes de capas 20, 22, 24, 26 para una aplicación como revestimiento antirreflectante rojo, donde la reflexión R en % se aplica en nm en el intervalo de longitud de onda λ . En este ejemplo de realización el componente ultravioleta se bloquea de forma eficaz, ya que la reflexión en este intervalo por debajo de los 350 nm aprox. es muy elevada. No obstante, al mismo tiempo aumenta la reflexión a partir de 580 nm, lo que significa que el sistema de capas antirreflectante refleja también el componente rojo de la luz, mientras que la transmisión es muy elevada entre 380 nm y 580 nm.

La figura 18 muestra una curva de reflexión de un sistema de capas 10 según un ejemplo de realización de la invención con cuatro paquetes de capas 20, 22, 24, 26 para una aplicación como revestimiento antirreflectante amarillo, donde la reflexión R en % se aplica en nm en el intervalo de longitud de onda λ . En este ejemplo de realización se observa un máximo de la reflexión con una longitud de onda aproximada de 350 nm, mientras que el intervalo por encima de 400 nm presenta una reflexión muy escasa. De este modo el componente de la luz que se transmite se sitúa claramente en el intervalo amarillo, dado que el intervalo azul se refleja.

En la figura 19 se representa una curva de reflexión de un sistema de capas 10 según un ejemplo de realización de la invención con cuatro paquetes de capas 20, 22, 24, 26 para una aplicación como azogado rojo, donde la reflexión R en % se aplica en nm en el intervalo de longitud de onda λ . En este ejemplo de realización la reflexión aumenta fuertemente tanto por debajo de 300 nm como también en el intervalo rojo por encima de 580 nm, lo que significa que la capa de azogue toma un aspecto rojo.

En cambio la figura 20 muestra una curva de reflexión de un sistema de capas 10 según un ejemplo de realización de la invención con cuatro paquetes de capas 20, 22, 24, 26 para una aplicación como azogue azul, donde la reflexión R en % se aplica en nm en el intervalo de longitud de onda λ . En este ejemplo de realización se observa una reflexión relativamente elevada en un intervalo de longitudes de onda aproximado de 350 nm y 580 nm. Esto da una apariencia azul a la capa de azogue, pues el componente rojo de la luz se transmite por encima de los 580 nm aproximadamente.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la fabricación de un elemento óptico (100), que incluye un sistema de capa (10, 11) interferométrico dispuesto en al menos una superficie (60, 62) de un sustrato (12), con una pila (14) de tres, cuatro o cinco paquetes de capas sucesivos (20, 22, 24, 26, 28),

donde cada paquete de capas (20, 22, 24, 26, 28) incluye una primera capa parcial (30) con un primer grosor óptico (t1) y una segunda capa parcial (32) con un segundo grosor óptico (t2) diferente al primer grosor óptico (t1), y la capa parcial (30) más cercana al sustrato (12) tiene una refracción superior a la de las demás capas parciales (32), donde la primera capa parcial (30) es una capa parcial (30) de refracción alta, y la segunda capa parcial (32) es una capa parcial (32) de refracción baja, y donde la capa parcial (30) de mayor refracción incluye en particular una capa parcial (30) de refracción alta y la capa parcial (32) de menor refracción incluye en particular una capa parcial (32) de refracción baja,

caracterizada porque

las características ópticas del sistema de capa (10) se ajustan mediante variación de los grosores de los paquetes de capas (20, 22, 24, 26) en la pila (14) con el mismo número de paquetes de capas (20, 22, 24, 26), con la misma secuencia de capas y materiales constantes de los paquetes de capas (20, 22, 24, 26), dependiendo de un parámetro (o), con los correspondientes paquetes de capas (20, 22, 24, 26) formándose dependiendo de un cociente (v_i) de un primer grosor óptico (t1) de una primera capa parcial (30) de refracción mayor y de un segundo grosor óptico (t2) de una segunda capa parcial (32) de refracción menor del paquete de capas (20, 22, 24, 26), donde el índice i denomina la sucesión de los paquetes de capas (20, 22, 24, 26) que se siguen uno sobre otro en la pila (14), y donde el parámetro (o) es una función de una relación de los cocientes (v_i),

donde para la pila correspondiente (14) se establece una reflectividad (R_m) de la pila (14) de paquetes de capas (20, 22, 24, 26, 28) promediada en el ámbito visible de la luz desde 380 nm hasta 800 nm, e indicada en porcentaje, y donde un producto (σ* R_m) de reflectividad (R_m) y del parámetro (o) se configura con un valor inferior a 1, para lograr un efecto antideslumbrante y/o antirreflectante de la pila (14) de paquetes de capas (20, 22, 24, 26, 28), o mayor o igual a 1, para lograr un efecto de espejo de esta pila (14),

y donde los grosores ópticos (t1, t2) de las capas parciales primera y segunda (30, 32) de uno o varios paquetes de capas (20, 22, 24, 26, 28) se determinan de forma que el parámetro (o) se determina por medio de un procedimiento de optimización, y las capas parciales primera y segunda (30, 32) se fabrican con los parámetros calculados, en particular con los grosores ópticos (t1, t2) de las capas parciales (30, 32) de los paquetes de capas (20, 22, 24, 26, 28) de una pila (14) de paquetes de capas (20, 22, 24, 26, 28),

donde la función de la relación de cocientes (v_i) del grosor óptico (t1) de una capa parcial (30) de refracción mayor por una parte, y del grosor óptico (t2) de una capa parcial (32) de refracción menor del paquete de capas (20, 22, 24, 26, 28) para el cociente de los parámetros (σ)

(i) es, para una pila (14) formada por tres o cinco paquetes de capas (20, 22, 24, 26, 28) sucesivos,

$$\sigma = \frac{v_1}{\sum_{i=2}^{nmax} v_i}$$

y donde i=1 hasta nmax, para nmax = 3 ó nmax = 5, designa la sucesión de los paquetes de capas (20, 22, 24, 26, 28) en la pila (14), y v_i resulta de un cociente del grosor óptico (t1) de la capa parcial (30) de refracción mayor respecto del grosor óptico (t2) de la capa parcial (32) de refracción menor del correspondiente paquete de capas (20, 22, 24, 26, 28), ó

(ii) es, para una pila (14) formada por cuatro paquetes de capas (20, 22, 24, 26, 28) sucesivos,

$$\sigma = \frac{v_1 + v_2}{v_3 + v_4}$$

y donde los números índices 1 a 4 designan la sucesión de los paquetes de capas (20, 22, 24, 26) en la pila (14), y v_i, con i = 1 a 4, se deriva de un cociente del grosor óptico (t1) de la capa parcial (30) de refracción superior respecto del grosor óptico (t2) de la capa parcial (32) de refracción menor del correspondiente paquete de capas (20, 22, 24, 26).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque**, en el procedimiento de optimización, se establece como valor límite para los grosores de capa de las capas parciales de refracción mayor, valores mínimos de 2 nm y valores máximos de 150 nm, y también, para los grosores ópticos (t1) primeros, valores mínimos de 0,01 y valores máximos de 0,55, y donde se configuran como valores límite, para los grosores de capa de las capas parciales de refracción menor, valores mínimos de 2 nm y valores máximos de 200 nm, y, para los grosores ópticos (t2) segundos, valores mínimos de 0,01 y valores máximos de 0,53.

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado porque**, en los paquetes de capas (20, 22, 24, 26, 28) de la pila (14), se disponen capas parciales (32) de refracción menor y capas parciales (30) de refracción mayor en la misma sucesión en cada caso.
- 5
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** la pila (14) en cuestión de paquetes de capas (20, 22, 24, 26, 28) presenta la correspondiente función antirreflectante si el parámetro (o) es menor que 4, preferentemente menor que 1, y con especial preferencia menor que 0,3.
- 10
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque**, en el paquete de capas (24, 26, 28) último en cada caso de la pila (14) en cuestión de paquetes de capas (20, 22, 24, 26, 28), se dispone entre las dos capas parciales (30, 32) una capa funcional (54), en particular una capa funcional (54) de refracción menor, para aumentar la capacidad de transmisión eléctrica, para la ecualización de tensión o como barrera de la difusión.
- 15
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** en dos superficies (60, 62) contrapuestas del sustrato (12) se disponen respectivamente un sistema de capas (10, 11) con la misma cantidad de paquetes de capas (20, 22, 24, 26, 28) ó con una cantidad diferente de paquetes de capas (20, 22, 24, 26, 28).

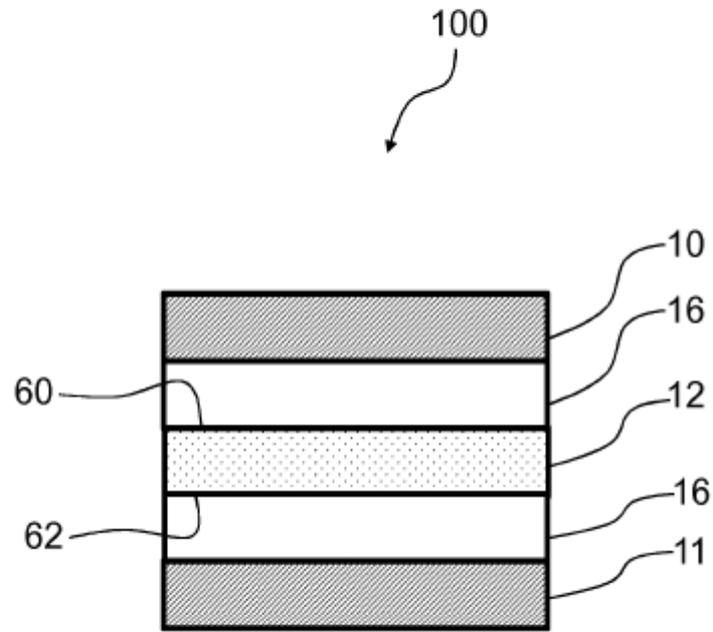


Fig. 1

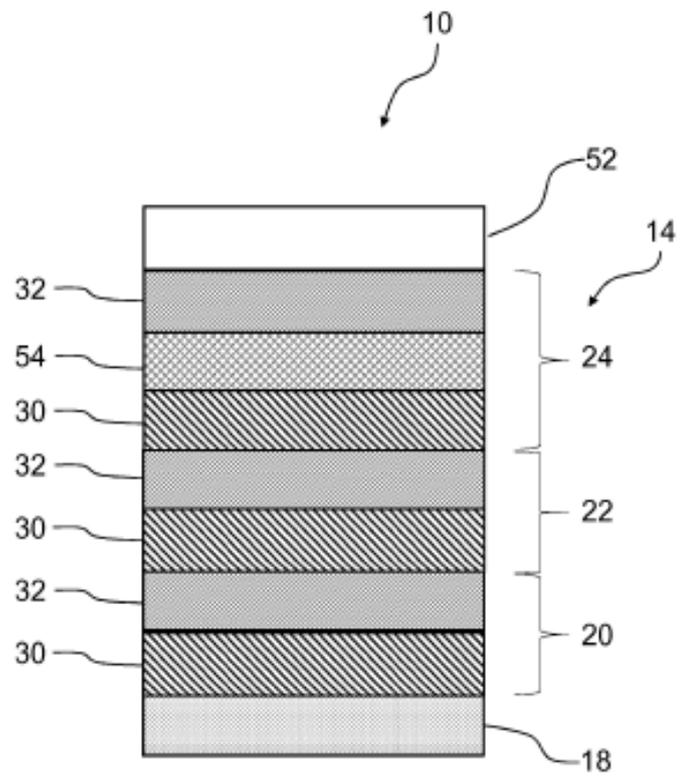


Fig. 2

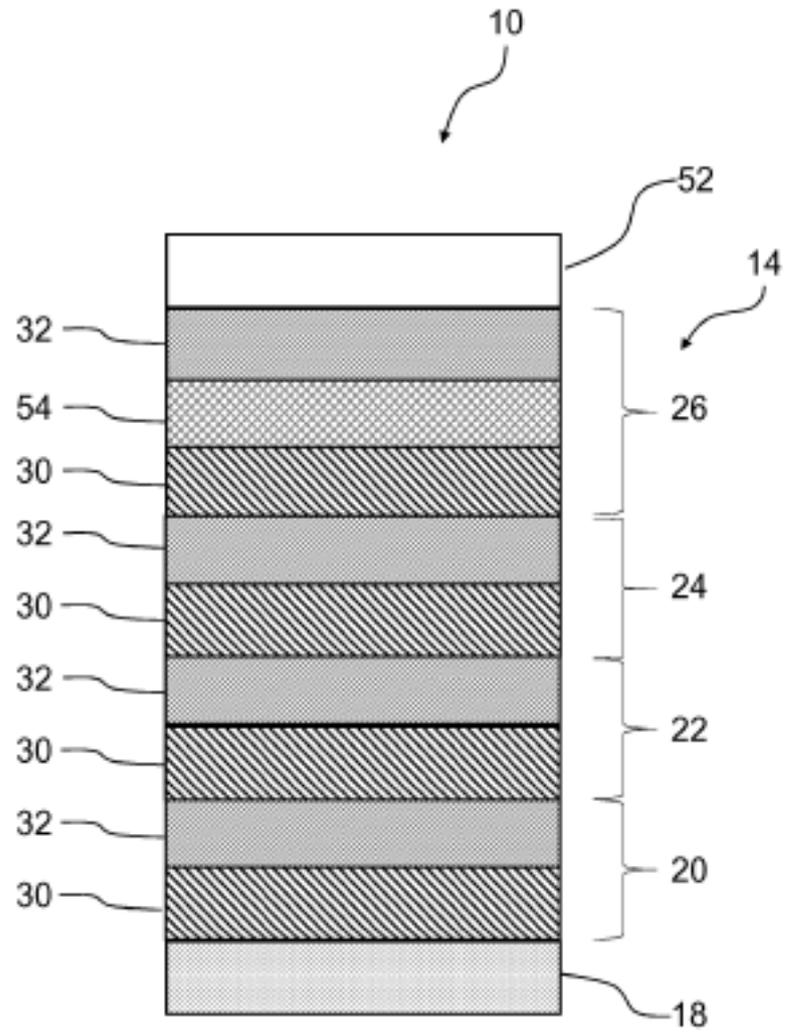


Fig. 3

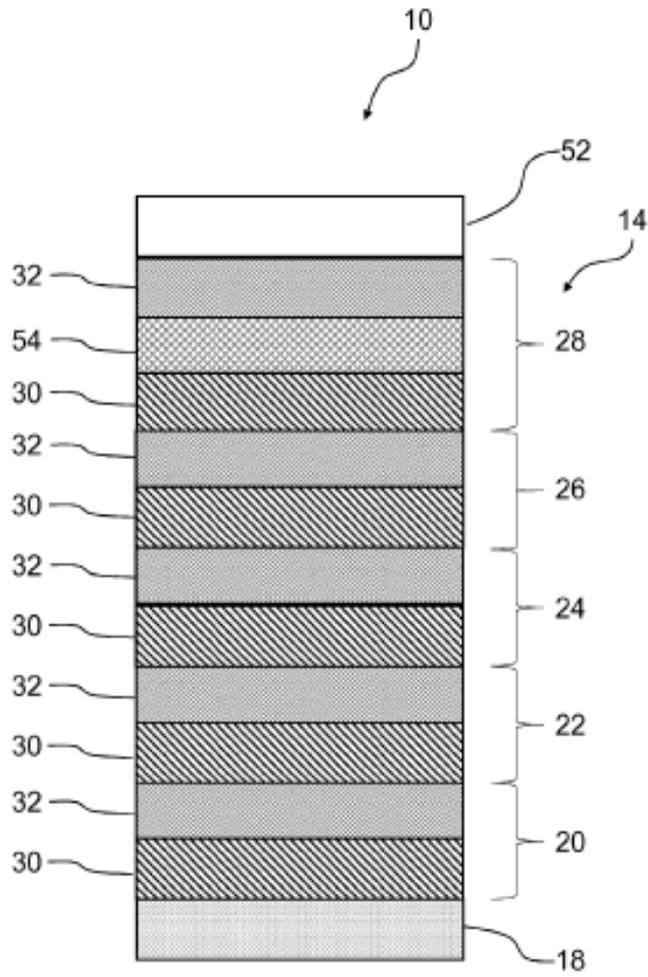


Fig. 4

	Antiref_g			Antiref_bb			Antiref_uv				
	MAT	d / nm	FWOT	MAT	d / nm	FWOT	MAT	d / nm	FWOT		
24	32	SiO ₂	74,3	0,20	SiO ₂	90,0	0,24	SiO ₂	70,4	0,19	
	54	Al ₂ O ₃	10,0	0,03	Al ₂ O ₃	10,0	0,03	Al ₂ O ₃	10,0	0,03	
	30	Ta ₂ O ₅	149,0	0,55	Ta ₂ O ₅	124,0	0,46	Ta ₂ O ₅	77,7	0,29	
22	32	SiO ₂	15,8	0,04	SiO ₂	30,0	0,08	SiO ₂	1,9	0,00	
	30	Ta ₂ O ₅	62,4	0,17	Ta ₂ O ₅	27,0	0,07	Ta ₂ O ₅	31,8	0,09	
20	32	SiO ₂	25,5	0,07	SiO ₂	42,0	0,11	SiO ₂	16,1	0,04	
	30	Ta ₂ O ₅	24,2	0,09	Ta ₂ O ₅	6,0	0,02	Ta ₂ O ₅	15,0	0,06	
σ			0,21			0,08			0,07		
Rm			1,89			1,22			1,15		
$\sigma^* Rm$			0,39			0,09			0,08		

Fig. 5

	Antiref_f			Antiref_r			Antiref_go				
	MAT	d / nm	FWOT	MAT	d / nm	FWOT	MAT	d / nm	FWOT		
24	32	SiO ₂	71,9	0,19	SiO ₂	99,0	0,18	SiO ₂	74,1	0,20	
	54	Al ₂ O ₃	10,0	0,03	Al ₂ O ₃	10,0	0,03	Al ₂ O ₃	10,0	0,03	
	30	Ta ₂ O ₅	71,0	0,26	Ta ₂ O ₅	50,0	0,18	Ta ₂ O ₅	35,0	0,13	
22	32	SiO ₂	1,3	0,00	SiO ₂	12,0	0,03	SiO ₂	26,6	0,07	
	30	Ta ₂ O ₅	62,8	0,14	Ta ₂ O ₅	38,0	0,10	Ta ₂ O ₅	27,2	0,07	
20	32	SiO ₂	26,6	0,07	SiO ₂	28,0	0,07	SiO ₂	33,9	0,09	
	30	Ta ₂ O ₅	19,3	0,07	Ta ₂ O ₅	12,0	0,04	Ta ₂ O ₅	11,9	0,04	
σ			0,02			0,15			0,31		
Rm			0,88			1,83			2,01		
$\sigma^* Rm$			0,02			0,27			0,62		

Fig. 6

	V _b				V _r			V _g			V _{go}				
	MAT	d / nm	FWOT		MAT	d / nm	FWOT		MAT	d / nm	FWOT		MAT	d / nm	FWOT
24	32	SiO ₂	110,3	0,29	SiO ₂	83,0	0,17		SiO ₂	162,3	0,43		SiO ₂	50,0	0,13
	54	Al ₂ O ₃	10,0	0,03	Al ₂ O ₃	10,0	0,03		Al ₂ O ₃	10,0	0,03		Al ₂ O ₃	10,0	0,03
	30	Ta ₂ O ₅	66,2	0,24	Ta ₂ O ₅	58,0	0,21		Ta ₂ O ₅	56,5	0,21		Ta ₂ O ₅	75,0	0,28
22	32	SiO ₂	18,7	0,05	SiO ₂	60,0	0,16		SiO ₂	99,0	0,26		SiO ₂	33,0	0,09
	30	Ta ₂ O ₅	5,5	0,01	Ta ₂ O ₅	6,0	0,02		Ta ₂ O ₅	15,8	0,04		Ta ₂ O ₅	34,0	0,09
20	32	SiO ₂	15,2	0,04	SiO ₂	73,0	0,20		SiO ₂	129,0	0,34		SiO ₂	21,0	0,06
	30	Ta ₂ O ₅	32,3	0,12	Ta ₂ O ₅	113,0	0,42		Ta ₂ O ₅	64,6	0,24		Ta ₂ O ₅	48,0	0,18
	σ		2,81			1,82			1,14				1,16		
	Rm		5,44			10,59			18,41				9,75		
	σ* Rm		15,27			19,24			20,92				11,32		

Fig. 7

		Antiref_g			Antiref_bb			Antiref_uv		
		MAT	d / nm	FWOT	MAT	d / nm	FWOT	MAT	d / nm	FWOT
26	32	SiO ₂	79,0	0,21	SiO ₂	103,0	0,28	SiO ₂	70,0	0,19
	54	Al ₂ O ₃	10,0	0,03	Al ₂ O ₃	10,0	0,03	Al ₂ O ₃	13,5	0,04
	30	Ta ₂ O ₅	50,0	0,18	Ta ₂ O ₅	30,0	0,14	Ta ₂ O ₅	112,0	0,41
24	32	SiO ₂	4,0	0,01	SiO ₂	32,0	0,09	SiO ₂	25,0	0,07
	30	Ta ₂ O ₅	33,0	0,12	Ta ₂ O ₅	28,5	0,11	Ta ₂ O ₅	24,0	0,09
22	32	SiO ₂	78,0	0,21	SiO ₂	84,0	0,22	SiO ₂	82,0	0,17
	30	Ta ₂ O ₅	8,5	0,02	Ta ₂ O ₅	10,5	0,03	Ta ₂ O ₅	15,0	0,04
20	32	SiO ₂	69,0	0,18	SiO ₂	91,0	0,24	SiO ₂	50,0	0,13
	30	Ta ₂ O ₅	4,5	0,02	Ta ₂ O ₅	6,5	0,02	Ta ₂ O ₅	10,0	0,04
σ		0,02			0,13			0,17		
Rm		1,55			1,88			1,63		
$\sigma * Rm$		0,03			0,25			0,27		

Fig. 8

		Antiref_f			Antiref_r			Antiref_go		
		MAT	d / nm	FWOT	MAT	d / nm	FWOT	MAT	d / nm	FWOT
26	32	SiO ₂	72,0	0,19	SiO ₂	67,0	0,18	SiO ₂	85,0	0,22
	54	Al ₂ O ₃	11,0	0,03	Al ₂ O ₃	10,0	0,03	Al ₂ O ₃	10,0	0,03
	30	Ta ₂ O ₅	3,0	0,01	Ta ₂ O ₅	44,0	0,16	Ta ₂ O ₅	59,0	0,22
24	32	SiO ₂	16,8	0,04	SiO ₂	14,0	0,04	SiO ₂	29,0	0,07
	30	Ta ₂ O ₅	25,0	0,09	Ta ₂ O ₅	40,0	0,15	Ta ₂ O ₅	35,0	0,13
22	32	SiO ₂	34,0	0,09	SiO ₂	21,0	0,06	SiO ₂	100,0	0,27
	30	Ta ₂ O ₅	20,0	0,05	Ta ₂ O ₅	8,0	0,02	Ta ₂ O ₅	9,0	0,02
20	32	SiO ₂	42,0	0,11	SiO ₂	18,0	0,04	SiO ₂	74,0	0,20
	30	Ta ₂ O ₅	5,5	0,03	Ta ₂ O ₅	7,0	0,03	Ta ₂ O ₅	14,0	0,05
σ		0,41			0,21			0,14		
Rm		1,37			1,93			1,54		
$\sigma * Rm$		0,56			0,40			0,21		

Fig. 9

		V_b			V_r			V_g			V_go		
		MAT	d / nm	FWOT									
26	32	SiO ₂	133,0	0,36	SiO ₂	57,0	0,15	SiO ₂	97,0	0,26	SiO ₂	49,0	0,13
	54	Al ₂ O ₃	13,0	0,04	Al ₂ O ₃	10,0	0,03	Al ₂ O ₃	13,5	0,04	Al ₂ O ₃	15,0	0,05
	30	Ta ₂ O ₅	82,0	0,30	Ta ₂ O ₅	90,0	0,33	Ta ₂ O ₅	34,0	0,13	Ta ₂ O ₅	81,0	0,30
24	32	SiO ₂	25,0	0,07	SiO ₂	123,0	0,33	SiO ₂	13,5	0,04	SiO ₂	90,0	0,24
	30	Ta ₂ O ₅	20,5	0,08	Ta ₂ O ₅	5,5	0,02	Ta ₂ O ₅	77,0	0,28	Ta ₂ O ₅	37,0	0,14
22	32	SiO ₂	37,0	0,10	SiO ₂	18,0	0,05	SiO ₂	35,0	0,09	SiO ₂	10,0	0,03
	30	Ta ₂ O ₅	9,0	0,02	Ta ₂ O ₅	109,0	0,29	Ta ₂ O ₅	91,0	0,24	Ta ₂ O ₅	64,0	0,17
20	32	SiO ₂	10,0	0,03	SiO ₂	26,0	0,07	SiO ₂	14,0	0,04	SiO ₂	83,0	0,22
	30	Ta ₂ O ₅	6,5	0,02	Ta ₂ O ₅	10,5	0,04	Ta ₂ O ₅	110,0	0,41	Ta ₂ O ₅	11,0	0,04
σ		0,60			3,52			1,62			2,91		
Rm		6,54			6,93			5,20			17,14		
$\sigma^* Rm$		3,93			24,40			8,43			49,89		

Fig. 10

ES 2 811 912 T3

	Antiref_g			Antiref_bb			Antiref_uv			
	MAT	d/nm	FWOT	MAT	d/nm	FWOT	MAT	d/nm	FWOT	
28	32	SiO ₂	78,0	0,20	SiO ₂	80,8	0,22	SiO ₂	72,5	0,19
	54	Al ₂ O ₃	10,0	0,03	Al ₂ O ₃	10,0	0,03	Al ₂ O ₃	10,0	0,03
	30	Ta ₂ O ₅	136,0	0,50	Ta ₂ O ₅	123,1	0,45	Ta ₂ O ₅	132,9	0,49
26	32	SiO ₂	44,0	0,12	SiO ₂	40,6	0,11	SiO ₂	29,8	0,08
	30	Ta ₂ O ₅	29,0	0,08	Ta ₂ O ₅	35,0	0,09	Ta ₂ O ₅	26,4	0,07
24	32	SiO ₂	56,0	0,15	SiO ₂	40,6	0,11	SiO ₂	33,2	0,09
	30	Ta ₂ O ₅	29,8	0,08	Ta ₂ O ₅	21,9	0,06	Ta ₂ O ₅	21,6	0,06
22	32	SiO ₂	14,0	0,04	SiO ₂	4,4	0,01	SiO ₂	13,5	0,04
	30	Ta ₂ O ₅	8,0	0,02	Ta ₂ O ₅	11,5	0,03	Ta ₂ O ₅	4,0	0,01
20	32	SiO ₂	42,0	0,11	SiO ₂	29,4	0,08	SiO ₂	23,0	0,06
	30	Ta ₂ O ₅	15,0	0,05	Ta ₂ O ₅	21,5	0,06	Ta ₂ O ₅	15,1	0,06
σ			0,13			0,18			0,22	
Rm			0,84			1,61			1,24	
σ* Rm			0,11			0,29			0,27	

Fig. 11

	Antiref_f			Antiref_r			Antiref_go			
	MAT	d/nm	FWOT	MAT	d/nm	FWOT	MAT	d/nm	FWOT	
28	32	SiO ₂	75,5	0,20	SiO ₂	80,3	0,21	SiO ₂	75,5	0,20
	54	Al ₂ O ₃	10,0	0,03	Al ₂ O ₃	10,0	0,03	Al ₂ O ₃	10,0	0,03
	30	Ta ₂ O ₅	134,3	0,50	Ta ₂ O ₅	145,8	0,54	Ta ₂ O ₅	142,7	0,53
26	32	SiO ₂	35,0	0,09	SiO ₂	35,7	0,10	SiO ₂	35,0	0,09
	30	Ta ₂ O ₅	25,4	0,07	Ta ₂ O ₅	25,0	0,07	Ta ₂ O ₅	25,4	0,07
24	32	SiO ₂	60,0	0,16	SiO ₂	61,2	0,16	SiO ₂	60,0	0,16
	30	Ta ₂ O ₅	16,1	0,04	Ta ₂ O ₅	16,0	0,04	Ta ₂ O ₅	16,1	0,04
22	32	SiO ₂	27,2	0,07	SiO ₂	27,7	0,07	SiO ₂	27,2	0,07
	30	Ta ₂ O ₅	5,1	0,01	Ta ₂ O ₅	8,2	0,02	Ta ₂ O ₅	5,1	0,01
20	32	SiO ₂	31,8	0,09	SiO ₂	33,2	0,09	SiO ₂	31,9	0,09
	30	Ta ₂ O ₅	10,8	0,04	Ta ₂ O ₅	12,0	0,05	Ta ₂ O ₅	10,8	0,04
σ			0,14			0,15			0,14	
Rm			0,72			0,80			0,78	
σ* Rm			0,10			0,12			0,11	

Fig. 12

	V_b			V_r			V_g			V_gp			
	MAT	d/nm	FWOT	MAT	d/nm	FWOT	MAT	d/nm	FWOT	MAT	d/nm	FWOT	
28	32	SiO ₂	100,0	0,29	SiO ₂	90,1	0,24	SiO ₂	121,1	0,32	SiO ₂	70,0	0,21
	54	Al ₂ O ₃	10,0	0,03	Al ₂ O ₃	10,0	0,03	Al ₂ O ₃	10,0	0,03	Al ₂ O ₃	10,0	0,03
	30	Ta ₂ O ₅	152,1	0,71	Ta ₂ O ₅	35,6	0,13	Ta ₂ O ₅	95,1	0,35	Ta ₂ O ₅	30,8	0,11
26	32	SiO ₂	48,9	0,13	SiO ₂	54,5	0,15	SiO ₂	54,4	0,15	SiO ₂	47,2	0,13
	30	Ta ₂ O ₅	39,3	0,10	Ta ₂ O ₅	21,0	0,06	Ta ₂ O ₅	49,1	0,13	Ta ₂ O ₅	18,2	0,05
24	32	SiO ₂	85,8	0,23	SiO ₂	202,9	0,54	SiO ₂	145,1	0,39	SiO ₂	175,7	0,47
	30	Ta ₂ O ₅	23,1	0,08	Ta ₂ O ₅	109,6	0,29	Ta ₂ O ₅	17,3	0,05	Ta ₂ O ₅	94,9	0,25
22	32	SiO ₂	36,2	0,10	SiO ₂	32,1	0,09	SiO ₂	100,0	0,27	SiO ₂	27,8	0,07
	30	Ta ₂ O ₅	7,4	0,02	Ta ₂ O ₅	14,8	0,04	Ta ₂ O ₅	18,7	0,05	Ta ₂ O ₅	12,8	0,03
20	32	SiO ₂	42,4	0,11	SiO ₂	36,5	0,10	SiO ₂	20,0	0,05	SiO ₂	31,8	0,08
	30	Ta ₂ O ₅	14,4	0,05	Ta ₂ O ₅	115,7	0,43	Ta ₂ O ₅	31,5	0,12	Ta ₂ O ₅	100,2	0,37
	σ	0,14		2,34		0,99		2,35					
	Rm	7,76		8,79		15,29		11,55					
	σ* Rm	1,06		20,58		15,10		27,15					

Fig. 13

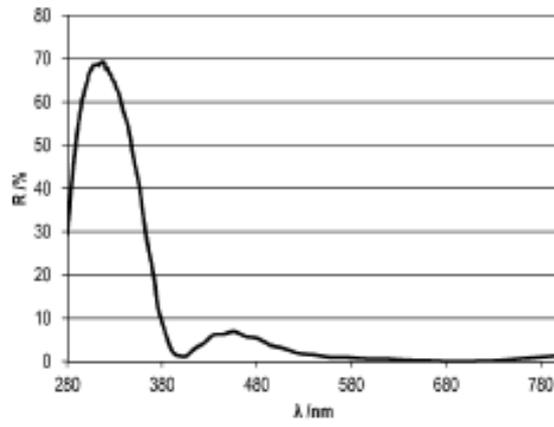


Fig. 14

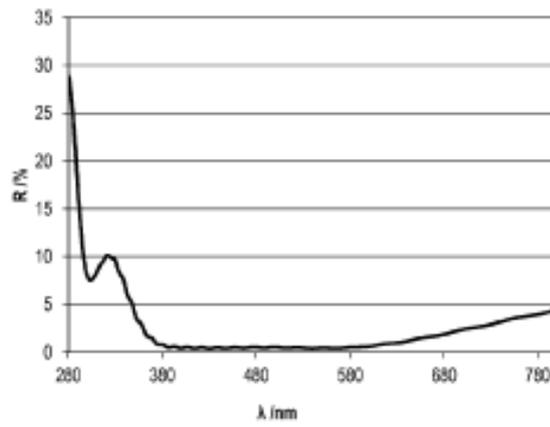


Fig. 15

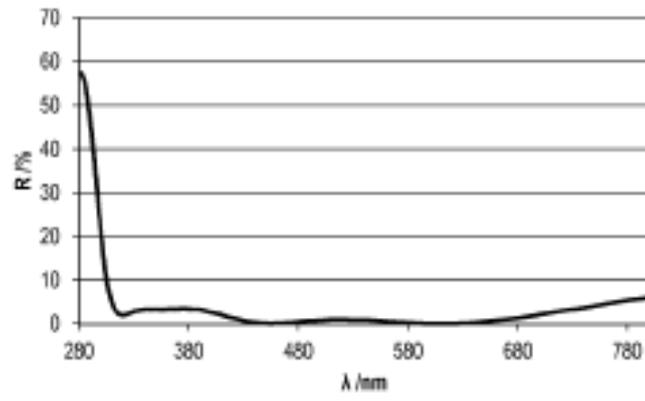


Fig. 16

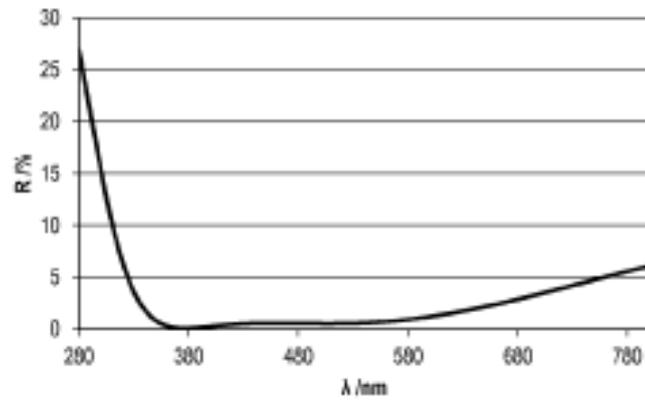


Fig. 17

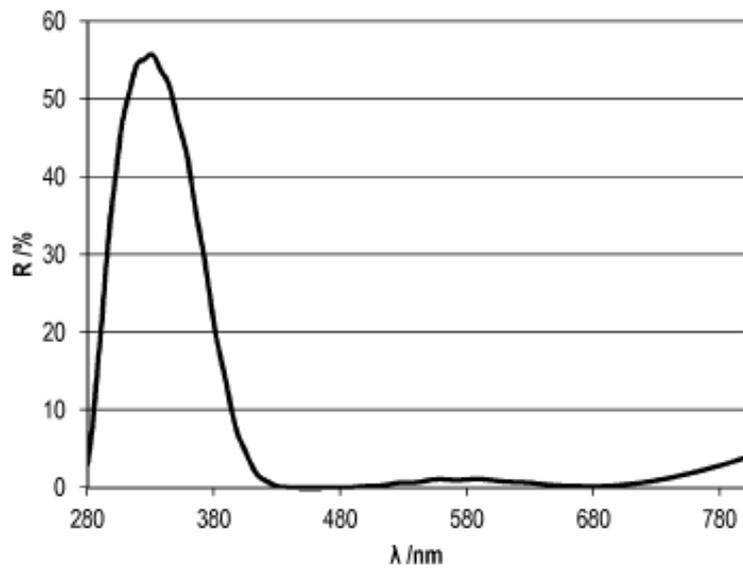


Fig. 18

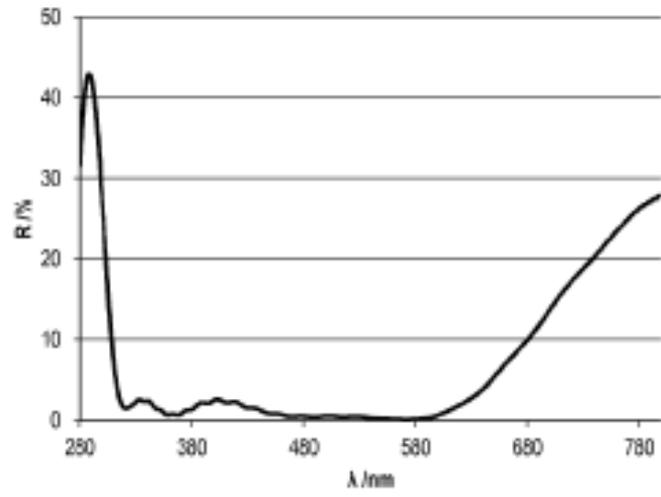


Fig. 19

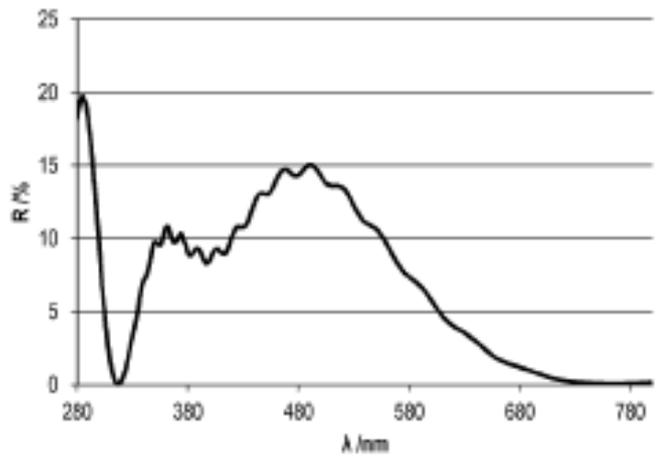


Fig. 20