

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 999 209**

51 Int. Cl.:

**G02B 1/12** (2006.01)

**G02B 1/118** (2015.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.10.2020 PCT/FR2020/051933**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.04.2021 WO21079077**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2020 E 20808492 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2024 EP 4022364**

54 Título: **Dispositivo óptico**

30 Prioridad:

**24.10.2019 FR 1911937**

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

**25.02.2025**

73 Titular/es:

**HYDROMECHANIQUE ET FROTTEMENT (25.00%)  
69 Avenue Benoît Fourneyron  
42160 Andrézieux-Bouthéon, FR;  
UNIVERSITÉ JEAN MONNET SAINT-ÉTIENNE  
(25.00%);  
MANUTECH-USD (25.00%) y  
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE (25.00%)**

72 Inventor/es:

**KÄMPFE, THOMAS;  
DUBOST, LAURENT y  
SEDAO, XXX**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 999 209 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

Dispositivo óptico

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un dispositivo óptico, adaptado a la transmisión o reflexión de radiaciones en una gama predeterminada de longitud de onda, por ejemplo, del tipo ultravioleta, visible, infrarrojos o microondas.

10 El campo de la invención es el de los dispositivos ópticos, diseñados, por ejemplo, para equipar sistemas de obtención de imágenes. En la práctica, las aplicaciones dependen de la gama de longitud de onda.

Técnica anterior

15 De manera conocida, los efectos antirreflejantes o de espejo pueden obtenerse mediante la construcción multicapa y/o mediante la estructuración de dispositivos ópticos.

Los siguientes documentos describen diferentes ejemplos de dispositivos ópticos.

20 - El documento EP3206059A1 describe un dispositivo difractivo de banda ancha, que comprende una pluralidad de zonas elementales y microestructuras dispuestas para formar un material artificial que presenta una variación del índice efectivo en la superficie del dispositivo.

25 - El documento BRUYNOOGHE (2016), "Broadband and wide-angle hybrid antireflection coatings prepared by combining interference multilayers with subwavelength structures", Journal of Nanophotonics, SPIE, International Society for Optics and Photonics. Este documento describe una construcción multicapa combinada con estructuras estocásticas producidas por grabado en seco.

30 - El documento KUBOTA (2014), "Optimization of hybrid antireflection structure integrating surface texturing and multi-layer interference coating", Thin Films for Solar and Energy Technology VI, Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University, Japón. Este documento describe el estudio teórico de la combinación de una construcción multicapa y una red de tipo de ojo de polilla ("moth-eye" en inglés).

35 - El documento CAMARGO (2012), "Multi-scale structured, superhydrophobic and wide-angle, antireflective coating in the near-infrared region", Chem. Commun., 2012, 48, 4992-4994, Royal Society of Chemistry, Reino Unido. Este documento describe la estructuración de varias capas, centrándose en la mejora de ciertos comportamientos superficiales.

40 - El documento RALCHENKO (1999), "Fabrication of CVD Diamond Optics with Antireflective Surface Structures", phys. stat. sol., General Physics Institute, Moscú, Rusia. Este documento describe la estructuración del diamante depositado por CVD para conseguir un efecto antirreflejante.

- El documento WO 2011/021752 A1

45 - El documento EP 1.785.748 A1

- El documento WO 2010/056500 A2

- El documento US 2008/074748 A

50 - El documento US 2015/103396 A1

Exposición de la invención

55 El objetivo de la presente invención es proponer un dispositivo óptico, de tipo antirreflejante o de espejo, que presente propiedades mejoradas.

A tal efecto, la invención tiene por objeto un dispositivo óptico según la reivindicación 1.

60 De este modo, la invención permite modificar de manera controlada el frente de una onda electromagnética.

La texturización permite variar el índice de refracción efectivo en la superficie del dispositivo texturizado. En particular, la texturización permite obtener de manera controlada índices de refracción efectivos más bajos en la capa de revestimiento texturizada y en la zona texturizada del sustrato. La texturización permite obtener índices efectivos que no pueden lograrse directamente utilizando multicapas. Los índices varían en función de la longitud de onda de la radiación.

Asimismo, la invención permite aumentar la gama de ángulos de incidencia para la que la validez de la función óptica es interesante.

5 La estructura del dispositivo forma al menos un sistema de dos capas que comprende la capa de revestimiento texturizada y la capa de sustrato texturizada que supera la parte no texturizada del sustrato.

Según una primera aplicación, el dispositivo óptico tiene una función antirreflejante.

10 De manera ventajosa, la invención permite mejorar la transmisión del dispositivo, en términos de anchura espectral y transmisión máxima (es decir, absorción mínima), con respecto a un sustrato no texturizado y no revestido; un sustrato texturizado y no revestido; un sustrato revestido con una capa de revestimiento no texturizada; e incluso un sustrato revestido con una capa de revestimiento texturizada, pero cuya texturización no penetra en el sustrato. Esta mejora depende de la configuración del dispositivo, en particular, de las características del par sustrato-revestimiento y la texturización.

15 En comparación con un sustrato texturizado y no revestido la capa de revestimiento texturizada permite mejorar la transmisión formando cavidades menos profundas. De este modo, la texturización es más rápida y fácil de realizar.

20 En comparación con un sustrato revestido de una capa de revestimiento no texturizada, se modifica el comportamiento de la superficie del dispositivo.

25 En la práctica, el dispositivo no permite mejorar la transmisión en todo el espectro electromagnético, pero está configurado para una transmisión en una gama de longitud de onda en el infrarrojo (IR) que depende de las características del par sustrato-revestimiento y de la texturización.

Las gamas de longitud de onda se definen según las subdivisiones recomendadas por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE):

30 - Rayos gamma: menos de 10  $\mu\text{m}$

- Rayos X: 10 pm a 10 nm

35 - Ultravioleta: 10 nm a 380 nm

- Visible: 380 nm a 780 nm

- IR-A (IR cercano): 0,78  $\mu\text{m}$  a 1,4  $\mu\text{m}$

40 - IR-B (IR medio): 1,4  $\mu\text{m}$  a 3  $\mu\text{m}$

- IR-C (IR lejano): 3  $\mu\text{m}$  a 1 mm

45 - Ondas radioeléctricas: superior a 1 mm

Para la gama IR, también pueden utilizarse las siguientes subdivisiones:

- NIR (IR cercano): 0,75  $\mu\text{m}$  a 1,4  $\mu\text{m}$

50 - SWIR: 1,4  $\mu\text{m}$  a 3  $\mu\text{m}$

- MWIR: 3  $\mu\text{m}$  a 8  $\mu\text{m}$

- LWIR: 8  $\mu\text{m}$  a 15  $\mu\text{m}$

55 - FIR (IR lejano): 15  $\mu\text{m}$  a 1 mm

60 En términos de transmisión, las diferentes variantes del dispositivo no son necesariamente más eficaces que los dispositivos del estado de la técnica. Sin embargo, el dispositivo según la invención presenta otras ventajas: sencillez de fabricación, tensión superficial, etc.

Según una segunda aplicación, el dispositivo óptico tiene una función de espejo.

65 De este modo, la invención permite mejorar la reflexión del dispositivo, con respecto a un sustrato no texturizado y no revestido, un sustrato texturizado y no revestido, o un sustrato revestido con una capa de revestimiento no texturizada.

Como alternativa (o en combinación con las funciones de reflectancia y transmitancia), el dispositivo óptico puede tener una función de modificación del frente de onda de las superficies ópticas, diferente de las funciones antirreflejante y de espejo.

- 5 Según un primer modo de realización, el dispositivo consta de una sola capa de sustrato que soporta una o varias capas de revestimiento.
- El sustrato tiene preferentemente un grosor comprendido entre 0,1 y 30 mm, por ejemplo, de alrededor de 1 o 2 mm.
- 10 - La capa de revestimiento tiene preferentemente un grosor comprendido entre 0,01 y 50  $\mu\text{m}$ , por ejemplo, de alrededor de 0,5  $\mu\text{m}$  o 2  $\mu\text{m}$  para la gama IR.
- El material del sustrato es, por ejemplo, silicio Si, germanio Ge, sulfuro de zinc ZnS, seleniuro de zinc ZnSe, etc., para aplicaciones IR.
- 15 - El sustrato presenta generalmente una estructura cristalina.
- El revestimiento puede presentar una estructura amorfa o cristalina.
- 20 - El material de la capa de revestimiento es, por ejemplo, silicio Si, germanio Ge, sulfuro de zinc ZnS, seleniuro de zinc ZnSe, pentóxido de tántalo Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, dióxido de hafnio HfO<sub>2</sub>, alúmina Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
- El dispositivo consta de al menos una capa trasera.
- 25 - El dispositivo puede comprender un único sustrato y una única capa de revestimiento. En este caso, preferentemente, el sustrato tiene un índice de refracción superior al índice de refracción del revestimiento antes de la texturización.
- El dispositivo puede comprender un único sustrato y varias capas de revestimiento texturizadas. En este caso, preferentemente, el sustrato tiene un índice de refracción superior al índice de refracción de los revestimientos antes de la texturización. Como alternativa, el sustrato puede tener un índice de refracción inferior al de al menos una de las capas de revestimiento.
- 30
- Según un segundo modo de realización, la estructura del dispositivo forma una pila de capas que comprende más de una capa de revestimiento y una capa de sustrato. En este caso, cada sustrato se define como una capa de soporte para una capa de revestimiento.
- 35
- Los sustratos y las capas de revestimiento tienen preferentemente un grosor comprendido entre 0,01 y 50  $\mu\text{m}$ , por ejemplo, de alrededor de 0,5  $\mu\text{m}$  o 2  $\mu\text{m}$  para la gama IR.
- 40 - El sustrato puede presentar una estructura amorfa o cristalina.
- El revestimiento puede presentar una estructura amorfa o cristalina.
- 45 - El dispositivo consta de al menos una capa trasera.
- 50 - La capa trasera dispuesta contra el último sustrato tiene preferentemente un grosor comprendido entre 0,1 y 30 mm, por ejemplo, de alrededor de 1 o 2 mm.
- La capa trasera dispuesta contra el último sustrato puede presentar una estructura cristalina.
- 55 - Si el dispositivo consta de varias capas traseras, la segunda capa trasera tiene preferentemente un grosor comprendido entre 0,01 y 50  $\mu\text{m}$ , por ejemplo, de alrededor de 0,5  $\mu\text{m}$  o 2  $\mu\text{m}$  para la gama IR.
- El material de la capa trasera puede ser silicio Si, germanio Ge, sulfuro de zinc ZnS o seleniuro de zinc ZnSe.
- 60 - El dispositivo puede comprender una pila de varios sustratos y capas de revestimiento alternados, incluyendo al menos una primera combinación de una primera capa de revestimiento y un primer sustrato, orientada hacia el lado superior que recibe la radiación incidente, y una última combinación de una última capa de revestimiento y un último sustrato.
- 65 - Las cavidades pueden formarse únicamente en la primera combinación, orientada hacia el lado superior que recibe la radiación incidente.
- Las cavidades pueden atravesar completamente la pila excepto el último sustrato, que está parcialmente ahuecado.
- 65 -Preferentemente, las cavidades presentan una sección de área estrictamente decreciente en dirección del último

sustrato.

- Las cavidades pueden atravesar completamente la capa de revestimiento y ahuecar parcialmente el sustrato para cada combinación que forma la pila.

5 - La pila puede comprender al menos una combinación intermedia entre la primera combinación y la última combinación.

10 - El dispositivo puede constar de una capa trasera para cada combinación de sustrato-revestimiento. En este caso, la capa trasera puede ser atravesada eventualmente por las cavidades que penetran en la siguiente capa de revestimiento. Como alternativa, el dispositivo puede constar de una única capa trasera para la última combinación. En este caso, la capa trasera no es atravesada por las cavidades.

Según otras características ventajosas de la invención, tomadas solas o en combinación:

15 - Las cavidades se forman en el sustrato a una profundidad comprendida, preferentemente, entre 0,5 y 10  $\mu\text{m}$ , por ejemplo, de alrededor de 1  $\mu\text{m}$  para la gama IR lejano, por encima de 3  $\mu\text{m}$ .

20 - Las cavidades se forman en el sustrato a una profundidad comprendida entre 0,08  $\mu\text{m}$  y 3  $\mu\text{m}$ , preferentemente, por ejemplo, de alrededor de 200 nm, para la gama IR cercano o IR medio entre 780 nm y 3  $\mu\text{m}$ .

- Las cavidades se forman en el sustrato a una profundidad comprendida entre 1 nm a 600 nm, preferentemente, por ejemplo, de alrededor de 80 nm para la gama visible.

25 - Preferentemente para las aplicaciones IR, el sustrato y la capa de revestimiento son transparentes/reflejantes para toda la gama de longitud de onda comprendida entre 1  $\mu\text{m}$  y 50  $\mu\text{m}$ .

30 - Preferentemente para la gama IR lejano comprendida entre 8  $\mu\text{m}$  y 12  $\mu\text{m}$ , el dispositivo permite una transmitancia/reflectancia de al menos el 90 % de la radiación infrarroja incidente para la dioptría en cuestión.

- Las características de las cavidades (forma, dimensiones, distribución, etc.) dependen de la técnica de texturización y de los parámetros utilizados.

35 - Preferentemente, las cavidades tienen una anchura más grande o un diámetro comprendido entre 0,02 y 3  $\mu\text{m}$ , concretamente entre 1 y 2  $\mu\text{m}$ .

- La capa de revestimiento puede realizarse mediante una técnica de deposición de película fina, tal como PVD o CVD.

40 - La texturización puede realizarse mediante cualquier tipo de técnica adaptada para atravesar la capa de revestimiento y ahuecar parcialmente el sustrato, por ejemplo, ablación por láser, fotolitografía, nanoimpresión, etc. La texturización por láser es relativamente barata y se controla bien.

45 - La texturización puede realizarse con un láser ultracorto, con una duración de impulso en el régimen de femtosegundo o picosegundo. La longitud de onda del láser, que varía normalmente entre 200 y 16.000 nm, se elige en función de las características de texturización deseadas (forma y dimensiones de las cavidades, motivos, etc.).

- El entorno optomecánico del láser comprende platinas motorizadas, un objetivo de microscopio (y/o un escáner galvano, y/o una monocapa de microesferas), una unidad de visualización en línea, etc.

50 - Preferentemente, las cavidades tienen un perfil continuo en la transición entre la capa de revestimiento y el sustrato. Este perfil continuo puede obtenerse formando las cavidades en la capa de revestimiento y en el sustrato en una misma operación de texturización, por ejemplo, una texturización por láser. Un perfil continuo mejora el control de la forma buscada del frente de onda. De hecho, las discontinuidades pueden generar difracción u otros efectos no deseados.

55 - Las cavidades pueden tener una sección circular.

- Las cavidades presentan una sección de área estrictamente decreciente en dirección del último sustrato.

60 - Las cavidades pueden presentar un perfil cóncavo en un plano axial, con una sección de área decreciente según la profundidad.

- Las cavidades pueden presentar un perfil cóncavo simétrico en un plano axial.

65 - Las cavidades pueden presentar un perfil cóncavo asimétrico en un plano axial.

- Las cavidades pueden presentar diferentes dimensiones, concretamente, diámetros, anchuras y/o profundidades diferentes.
- 5 - Las dimensiones de las cavidades pueden variar periódicamente.
- Las dimensiones de las cavidades pueden presentar una periodicidad variable que evoluciona según una regla definida y no de manera aleatoria.
- 10 - Las cavidades pueden distribuirse de manera aleatoria en la superficie del dispositivo.
- Las cavidades pueden distribuirse según una red regular en la superficie del dispositivo.
- Las cavidades pueden distribuirse según una red que presenta una malla triangular, cuadrada, hexagonal, etc.
- 15 - Las cavidades pueden distribuirse con una periodicidad variable en la superficie del dispositivo.
- La periodicidad variable evoluciona según una regla definida y no de manera aleatoria.
- La periodicidad variable evoluciona de manera regular.
- 20 - Las cavidades pueden tener una periodicidad diferente entre el centro y los bordes del dispositivo.
- Las cavidades pueden estar más juntas en el centro del dispositivo.
- 25 - En la capa de revestimiento, las cavidades tienen una densidad comprendida entre el 20 y el 91 %, es decir, una tasa de ocupación del espacio comprendida entre el 20 y el 91 %. La tasa del 91 % corresponde a las cavidades dispuestas hexagonalmente y que se tocan.
- 30 - El dispositivo puede comprender al menos una capa trasera realizada de un material diferente al sustrato y al revestimiento, estando el revestimiento formado en un primer lado del sustrato, estando la capa trasera formada en un segundo lado del sustrato opuesto al primer lado.
- El dispositivo puede comprender dos caras, con cada una de las cuales una capa de revestimiento y una texturización de la superficie que forman cavidades que atraviesan la capa de revestimiento y penetran parcialmente en el sustrato o en uno de los sustratos.
- 35 - El dispositivo puede comprender una primera cara con una capa de revestimiento y una texturización de la superficie que forman cavidades que atraviesan la capa de revestimiento y penetran parcialmente en el sustrato o en uno de los sustratos, y una segunda cara con una capa de revestimiento que puede carecer de texturización conforme a la invención, o bien recibir un tratamiento diferente de la texturización de la primera cara, o bien no recibir ningún tratamiento.
- 40 - Las capas de revestimiento de las dos caras pueden ser diferentes (material, grosor, etc.).
- 45 - Las caras del dispositivo pueden ser paralelas o no. Por ejemplo, las caras pueden disponerse en planos inclinados. Según otro ejemplo, las caras pueden ser cóncavas o convexas.
- 50 La invención también tiene por objeto un procedimiento de fabricación de un dispositivo óptico, adaptado a la transmisión/reflexión de una radiación electromagnética en una gama de longitud de onda del espectro electromagnético, comprendiendo dicho procedimiento al menos las siguientes etapas
- formar al menos una combinación de un sustrato realizado de un primer material, y una capa de revestimiento realizada de un segundo material diferente del primer material, luego
- 55 - realizar una texturización de la superficie formando las cavidades en el dispositivo, caracterizado por que las cavidades atraviesan la capa de revestimiento y ahuecan parcialmente el sustrato.
- La invención puede encontrar muchas aplicaciones en el campo de los dispositivos ópticos:
- 60 - Aplicaciones IR: cámara, lente, ventana óptica, superficie de camuflaje, señuelo, etc.
- Aplicaciones del IR cercano: ventanas ópticas, lentes, espejos, para cámaras dispositivos de obtención de imágenes, líneas láser, conformación de haz, etc.
- 65 Breve descripción de los dibujos

La invención se comprenderá mejor tras la lectura de la siguiente descripción, dada únicamente a título de ejemplo no limitativo y hecha con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

- 5 La [Fig. 1] es una representación esquemática en corte de un dispositivo que comprende un sustrato de silicio Si, una capa de revestimiento de carbono amorfo DLC, y una texturización que forma cavidades en el dispositivo, atravesando las cavidades la capa de revestimiento y ahuecando parcialmente el sustrato.
- 10 La [Fig. 2] es un corte similar a la Figura 1 que muestra un dispositivo formado por un sustrato de Si y un revestimiento de DLC no texturizados.
- 15 La [Fig. 3] es un corte similar a la Figura 1, que muestra un dispositivo formado por un sustrato de Si texturizado y no revestido.
- La [Fig. 4] es un corte similar a la Figura 1, que muestra un dispositivo formado por un sustrato de Si no texturizado y un revestimiento de DLC texturizado.
- 20 La [Fig. 5] es un corte similar a la Figura 1, que muestra un dispositivo formado por un sustrato de Si no texturizado y no revestido.
- La [Fig. 6] es una representación esquemática vista desde arriba del dispositivo de la Figura 1.
- La [Fig. 7] es un gráfico que muestra la evolución de la transmisión (T de 0 a 1) en función de la longitud de onda (WL de 3 a 15  $\mu\text{m}$ ) para cada uno de los dispositivos de las Figuras 1 a 5.
- 25 La [Fig. 8] es un gráfico que muestra la evolución de la transmisión (T en %) en función del ángulo de incidencia (Ángulo de 0 a 80°) de la radiación en la superficie del dispositivo para los dispositivos de las Figuras 1 y 2.
- La [Fig. 9] es un gráfico similar a la Figura 8 que muestra la evolución de la transmisión (T en %) en función del ángulo de incidencia (Ángulo de 0 a 60°) para los dispositivos de las Figuras 1 y 2.
- 30 La [Fig. 10] es un diagrama que muestra la evolución de la transmisión (T en %) en función de la longitud de onda (WL de 3 a 15  $\mu\text{m}$ ) y del ángulo de incidencia (Ángulo de 0 a 80°), para el dispositivo de la Figura 1 conforme a la invención.
- 35 La [Fig. 11] es un diagrama similar a la Figura 10 para el dispositivo de la Figura 2.
- La [Fig. 12] es un gráfico similar a la Figura 7 que muestra la evolución de la transmisión (T de 0,7 a 1) en función de la longitud de onda (WL de 0,8 a 3  $\mu\text{m}$ ), para cinco dispositivos diferentes, configurados como en las Figuras 1 a 5, con un sustrato de seleniuro de zinc ZnSe y, para algunos, una capa de revestimiento de dióxido de silicio SiO<sub>2</sub>.
- 40 La [Fig. 13] es un gráfico similar a la Figura 9, para dos dispositivos cuya transmisión se representa en la Figura 12, a saber, un dispositivo conforme a la invención que comprende un sustrato y un revestimiento texturizados, y un dispositivo que comprende un sustrato y un revestimiento no texturizados.
- 45 La [Fig. 14] es un gráfico similar a la Figura 7 que muestra la evolución de la transmisión (T de 0,96 a 1) en función de la longitud de onda (WL de 0,3 a 1  $\mu\text{m}$ ) para cinco dispositivos diferentes, configurados como en las Figuras 1 a 5, con un sustrato de dióxido de silicio SiO<sub>2</sub> y, para algunos, una capa de revestimiento de fluoruro de magnesio MgF<sub>2</sub>.
- 50 La [Fig. 15] es un gráfico similar a la Figura 9, para dos dispositivos cuya transmisión se representa en la Figura 14, a saber, un dispositivo conforme a la invención que comprende un sustrato y un revestimiento texturizados, y un dispositivo que comprende un sustrato y un revestimiento no texturizados.
- 55 La [Fig. 16] es un gráfico similar a la Figura 7, que muestra la evolución de la transmisión (T de 0,966 a 1) en función de la longitud de onda (WL de 0,3 a 1  $\mu\text{m}$ ), para cinco dispositivos diferentes, configurados como en las Figuras 1 a 5, con un sustrato de alúmina Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y, para algunos, una capa de revestimiento de dióxido de silicio SiO<sub>2</sub>.
- La [Fig. 17] es una representación esquemática de una vista desde arriba de una variante de dispositivo conforme a la invención, cuyas cavidades presentan una periodicidad variable en la superficie del dispositivo, estando más juntas en el centro que en los bordes del dispositivo.
- 60 La [Fig. 18] es un corte similar a la Figura 2 que muestra una variante de dispositivo conforme a la invención, teniendo las cavidades un perfil cóncavo simétrico con una corte decreciente según la profundidad y no un perfil cilíndrico.
- La [Fig. 19] es un corte similar a la Figura 2 que muestra una variante de dispositivo conforme a la invención, teniendo las cavidades un perfil cóncavo asimétrico.
- 65 La [Fig. 20] es un corte similar a la Figura 2, que muestra una variante de dispositivo conforme a la invención, teniendo

las cavidades profundidades variables.

La [Fig. 21] es un corte similar a la Figura 2 que muestra una variante de dispositivo conforme a la invención, teniendo las cavidades diámetros variables.

5 La [Fig. 22] es un corte similar a la Figura 2 que muestra una variante de dispositivo conforme a la invención que comprende una pila de dos sustratos y dos capas de revestimiento alternadas, estando las cavidades formadas únicamente en la primera capa de revestimiento y en el primer sustrato.

10 La [Fig. 23] es un corte similar a la Figura 2 que muestra una variante de dispositivo conforme a la invención, que comprende una pila de dos sustratos y dos capas de revestimiento alternadas, atravesando las cavidades completamente la pila excepto el último sustrato que está parcialmente ahuecado.

15 La [Fig. 24] es un corte similar a la Figura 2 que muestra una variante de dispositivo conforme a la invención que comprende una capa trasera realizada de un material diferente del sustrato y del revestimiento.

20 La [Fig. 25] es un corte similar a la Figura 2 que muestra una variante de dispositivo conforme a la invención, con dos caras, comprendiendo cada una un sustrato, una capa de revestimiento y una texturización de la superficie que forma cavidades que atraviesan la capa de revestimiento y penetran parcialmente en el sustrato.

25 La [Fig. 26] es un corte similar a la Figura 2, que muestra una variante de dispositivo conforme a la invención, con una primera cara que comprende una capa de revestimiento y una texturización de la superficie que forma cavidades que atraviesan la capa de revestimiento y penetran parcialmente en el sustrato, y una segunda cara que comprende una capa de revestimiento que carece de texturización, carece de tratamiento, o que recibe un tratamiento diferente de la textura de la primera cara.

30 La [Fig. 27] es un corte similar a la Figura 2 que muestra una variante de dispositivo conforme a la invención, con dos caras, comprendiendo cada una un sustrato, una capa de revestimiento y una texturización y una capa intermedia formada entre los dos sustratos.

La [Fig. 28] es un esquema que ilustra la reversibilidad del dispositivo.

La [Fig. 29] es un esquema que ilustra la equivalencia óptica de un dispositivo complejo y de dos dispositivos simples.

35 La [Fig. 30] es un corte similar a la Figura 2 que muestra una variante de dispositivo conforme a la invención, que comprende una pila de dos sustratos y dos capas de revestimiento alternadas, así como una capa trasera, estando las cavidades formadas únicamente en la primera capa de revestimiento y en el primer sustrato.

40 La [Fig. 31] es un gráfico similar a la Figura 7 que muestra la evolución de la transmisión (T) en función de la longitud de onda (WL de 340 a 840 nm) para tres dispositivos diferentes, incluyendo dos dispositivos con una pila de dos capas de sustrato de HfO<sub>2</sub>, con dos capas de revestimiento de SiO<sub>2</sub> y una capa trasera de carbono amorfo.

45 La [Fig. 32] es un gráfico similar a la Figura 7 que muestra la evolución de la transmisión (T) en función de la longitud de onda (WL de 1 a 2,4 μm) para tres dispositivos diferentes, a saber, un dispositivo formado por una única capa de carbono amorfo y dos dispositivos con una pila de dos capas de sustrato de Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, de dos capas de revestimiento de SiO<sub>2</sub> y una capa trasera de ZnSe, incluyendo un dispositivo texturizado y un dispositivo no texturizado.

50 La [Fig. 33] es un gráfico similar a la Figura 9, para los dos dispositivos multicapa cuya transmisión se representa en la Figura 32.

55 La [Fig. 34] es un gráfico similar a la Figura 7 que muestra la evolución de la transmisión (T) en función de la longitud de onda (WL de 7 a 15 μm) para tres dispositivos diferentes, a saber, un dispositivo formado por una única capa de carbono amorfo e incluyendo dos dispositivos con una pila de dos capas de sustrato de TiO<sub>2</sub> de dos capas de revestimiento de DLC y una capa trasera de ZnSe, incluyendo un dispositivo texturizado y un dispositivo no texturizado.

La [Fig. 35] es un gráfico similar a la Figura 9, para los dos dispositivos multicapa cuya transmisión se representa en la Figura 34.

60 La [Fig. 36] es un gráfico similar a la Figura 7 que muestra la evolución de la transmisión (T) en función de la longitud de onda (WL de 7 a 15 μm) para tres dispositivos diferentes, a saber, un dispositivo formado por una única capa de carbono amorfo y dos dispositivos con una pila de dos capas de sustrato de TiO<sub>2</sub>, de dos capas de revestimiento de DLC y una capa trasera de Si, incluyendo un dispositivo texturizado y un dispositivo no texturizado.

65 La [Fig. 37] es un gráfico similar a la Figura 9, para los dos dispositivos multicapa cuya transmisión se representa en la Figura 36.

Descripción detallada de la invención

En las Figuras 1 y 2 se representa un dispositivo óptico antirreflejante (1).

5 El dispositivo (1) se adapta correctamente a la transmisión de una radiación electromagnética en una gama de longitud de onda IR lejano, entre 7 y 15  $\mu\text{m}$  (LWIR).

El dispositivo (1) comprende un sustrato de silicio Si (10) con, por ejemplo, un grosor (E10) de 1 o 2 mm. El sustrato (10) tiene un índice de refracción  $n = 3,43$  y es transparente en la gama de longitud de onda mencionada anteriormente.

10 El dispositivo (1) comprende una capa de revestimiento de carbono amorfo (20), también denominado DLC, con un grosor (E20) de 1.425 nm. El DLC tiene un índice de refracción  $n = 1,8$  y es transparente en la gama de longitud de onda mencionada anteriormente.

15 El dispositivo (1) comprende una texturización de la superficie (30) que forma cavidades distintas (31), que atraviesan la capa de revestimiento (20) y ahuecan parcialmente el sustrato (10). Las cavidades (31) están distribuidas según una red regular en la superficie del dispositivo (1). Las cavidades (31) tienen una periodicidad (L31) de 2  $\mu\text{m}$ , un diámetro (D31) de 1,6  $\mu\text{m}$ , y una profundidad (P31) de alrededor de 2,34  $\mu\text{m}$ . Las cavidades (31) penetran en el sustrato (10), en una capa texturizada (11) que tiene una profundidad (P11) de 915 nm, muy inferior al grosor (E10) del sustrato (10). La texturización (30) permite reducir el índice de refracción efectivo en la capa texturizada (11) del sustrato (10) de manera controlada.

25 La texturización (30) puede realizarse mediante cualquier tipo de técnica adaptada para atravesar la capa de revestimiento (20) y ahuecar parcialmente el sustrato (10), por ejemplo, ablación por láser, fotolitografía, nanoimpresión, etc. La texturización por láser es relativamente barata y se controla bien. En particular, la texturización (30) puede realizarse con un láser ultracorto, con una duración de impulso en el régimen de femtosegundo o picosegundo. La longitud de onda del láser, que varía normalmente entre 200 a 16.000 nm, se selecciona en función de las características de texturización deseadas (30), tal como la forma y las dimensiones de las cavidades (31), motivos, periodicidad, etc.

30 Se pueden consultar las siguientes referencias para definir los parámetros del sistema láser:

- El documento YU (2013), "Femtosecond laser nanomachining initiated by ultraviolet multiphoton ionization", Optics Express.

35 - El documento SEDA0 (2012), "Large area laser surface micro/nanopatterning by contact microsphere lens arrays", Applied Physics A.

40 En las Figuras 3 a 6 se representan diferentes dispositivos (2, 3, 4, 5) no conformes a la invención. Salvo las diferencias que se detallan a continuación, el sustrato (10), la capa de revestimiento (20) y la texturización (30) tienen las mismas características que para el dispositivo (1) descrito anteriormente.

45 En la Figura 3, el dispositivo (2) está formado por un sustrato de silicio Si (10) y un revestimiento de DLC (20) no texturizados.

En la Figura 4, el dispositivo (3) está formado por un sustrato de silicio Si (10) texturizado, pero no revestido. El sustrato (10) del dispositivo (3) tiene el mismo grosor que el dispositivo (1). Las cavidades (31) tienen la misma profundidad (P31) para los dos dispositivos (1, 3).

50 En la Figura 5, el dispositivo (4) está formado por un sustrato de silicio Si (10) no texturizado y un revestimiento de DLC (20) texturizado. Las cavidades (31) atraviesan el revestimiento (20), pero no penetran en el sustrato (10).

En la Figura 6, el dispositivo (5) está formado por un sustrato de Si (10) no texturizado y no revestido.

55 El sustrato (10) del dispositivo (3) tiene el mismo grosor que el sustrato (10) del dispositivo (1).

En la Figura 7, el gráfico consta de cinco curvas que muestran la evolución de la transmisión (T1, T2, T3, T4, T5) en función de la longitud de onda (WL) para los dispositivos (1, 2, 3, 4, 5). En el eje de abscisas, la longitud de onda (WL) varía entre 3 a 15  $\mu\text{m}$ . En el eje de ordenadas, la transmisión (T) varía de 0 a 1.

60 - La curva de transmisión (T1) corresponde al dispositivo (1) mostrado en las Figuras 1 y 2.

- La curva de transmisión (T2) corresponde al dispositivo (2) mostrado en la Figura 3.

65 - La curva de transmisión (T3) corresponde al dispositivo (3) mostrado en la Figura 4.

- La curva de transmisión (T4) corresponde al dispositivo (4) mostrado en la Figura 5.

- La curva de transmisión (T5) corresponde al dispositivo (5) mostrado en la Figura 6.

5 Como se muestra en el gráfico de la Figura 7, la transmisión (T1) del dispositivo (1) se mejora con respecto a cada uno de los dispositivos (2, 3, 4, 5), en términos de anchura espectral y transmisión máxima (es decir, absorción mínima).

10 Las transmisiones (T1, T3) presentan un recorte de alrededor de 3 a 5  $\mu\text{m}$ , posiblemente relacionado con la profundidad de las cavidades (31) que penetran en el sustrato (10).

15 En las Figuras 8 y 9, los gráficos constan de dos curvas que muestran la evolución de la transmisión (T1, T2) en función del ángulo de incidencia (Ángulo) para los dispositivos (1, 2). Puede observarse que la anchura angular de transmisión es mayor para el dispositivo (1) que para el dispositivo (2).

20 En las Figuras 10 y 11, los diagramas muestran la evolución de la transmisión (T1, T2) en función de la longitud de onda (WL) y del ángulo de incidencia (Ángulo). La evolución de la transmisión (T1, T2) se representa en dos dimensiones por tonos de color. Puede observarse que el rango de transmisión es mayor para el dispositivo (1) que para el dispositivo (2), excepto para longitudes de onda (WL) de alrededor de 3 a 5  $\mu\text{m}$ .

25 La estructura del dispositivo (1) forma un sistema de dos capas que comprende una capa de revestimiento texturizada (20) y una capa texturizada (11) del sustrato (10), que supera la parte no texturizada del sustrato (10).

Gracias a la texturización (30), la estructura del dispositivo (1) permite obtener rendimientos antirreflejantes mejorados con respecto a los dispositivos (2, 3, 4, 5).

30 Los rendimientos antirreflejantes del dispositivo (1) son comparables a los de los sistemas multicapa que constan de varias capas de revestimiento superpuestas (20). La realización de la texturización (30) es especialmente ventajosa cuando no es posible, práctico o deseable aplicar revestimientos multicapa.

35 En la Figura 12 se representa un gráfico similar a la Figura 7 que muestra la evolución de la transmisión (T1, T2, T3, T4, T5) para cinco dispositivos (1, 2, 3, 4, 5) configurados como en las Figuras 1 a 5, con una capa de revestimiento de dióxido de silicio  $\text{SiO}_2$  (20) depositada sobre un sustrato de seleniuro de zinc  $\text{ZnSe}$  (10). En el eje de abscisas, la longitud de onda (WL) varía de 0,8 a 3  $\mu\text{m}$ , en la gama de IR cercano y medio. En el eje de ordenadas, transmisión (T) varía de 0,7 a 1.

Para los dispositivos (1, 2, 3, 4, 5), el sustrato de seleniuro de zinc  $\text{ZnSe}$  (10) tiene un índice de refracción  $n = 2,46$ .

40 Para los dispositivos (1, 2, 4), la capa de revestimiento de dióxido de silicio  $\text{SiO}_2$  (20) tiene un grosor (E20) de 230 nm y un índice de refracción  $n = 1,44$ .

Para los dispositivos (1, 3, 4), las cavidades (31) tienen una periodicidad (L31) de 320 nm y un diámetro (D31) de 265 nm.

45 Para los dispositivos (1, 4), las cavidades (31) tienen una profundidad (P31) de alrededor de 400 nm.

El dispositivo (1) se adapta correctamente a la transmisión de una radiación electromagnética en una gama de longitud de onda IR cercano y medio, entre 0,8 y 3  $\mu\text{m}$ .

50 Como se muestra en el gráfico de la Figura 12, la transmisión (T1) del dispositivo (1) se mejora con respecto a cada uno de los dispositivos (2, 3, 4, 5), en términos de anchura espectral y transmisión máxima (es decir, absorción mínima).

55 En la Figura 13, el gráfico consta de dos curvas que muestran la evolución de la transmisión (T1, T2) en función del ángulo de incidencia (Ángulo) para los dispositivos (1, 2) descritos anteriormente en línea con la Figura 12. Puede observarse que la anchura angular de transmisión es mayor para el dispositivo (1) que para el dispositivo (2).

60 En la Figura 14 se representa un gráfico similar a la Figura 7 que muestra la evolución de la transmisión (T1, T2, T3, T4, T5) para cinco dispositivos (1, 2, 3, 4, 5) configurados como en las Figuras 1 a 5, con una capa de revestimiento de fluoruro de magnesio  $\text{MgF}_2$  (20) depositada sobre un sustrato de dióxido de silicio  $\text{SiO}_2$  (10). En el eje de abscisas, la longitud de onda (WL) varía de 0,3 a 1  $\mu\text{m}$ , en la gama visible, IR cercano y medio. En el eje de ordenadas, la transmisión (T) varía de 0,96 a 1.

65 Para los dispositivos (1, 2, 3, 4, 5), el sustrato de dióxido de silicio  $\text{SiO}_2$  (10) tiene un índice de refracción  $n = 1,44$ .

Para los dispositivos (1, 2, 4), la capa de revestimiento de fluoruro de magnesio  $\text{MgF}_2$  (20) tiene un grosor (E20) de

57 nm y un índice de refracción  $n = 1,38$ .

Para los dispositivos (1, 3, 4), las cavidades (31) tienen una periodicidad (L31) de 202 nm y un diámetro (D31) de 160 nm.

Para los dispositivos (1, 4), las cavidades (31) tienen una profundidad (P31) de alrededor de 94 nm.

El dispositivo (1) se adapta correctamente a la transmisión de una radiación electromagnética en una gama de longitud de onda visible, entre 0,38 y 0,78  $\mu\text{m}$ .

Como se muestra en el gráfico de la Figura 14, la transmisión (T1) del dispositivo (1) se mejora con respecto a las transmisiones (T2, T5) de los dispositivos (2, 5), en términos de anchura espectral y transmisión máxima (es decir, absorción mínima). En cambio, la transmisión (T1) del dispositivo (1) está relativamente cerca de las transmisiones (T3, T4) de los dispositivos (3, 4).

En la Figura 15, el gráfico consta de dos curvas que muestran la evolución de la transmisión (T1, T2) en función del ángulo de incidencia (Ángulo) para los dispositivos (1, 2) descritos anteriormente en línea con la Figura 14. Puede observarse que la anchura angular de transmisión es mayor para el dispositivo (1) que para el dispositivo (2).

En la Figura 16 se representa un gráfico similar a la Figura 7 que muestra la evolución de la transmisión (T1, T2, T3, T4, T5) para cinco dispositivos (1, 2, 3, 4, 5) configurados como en las Figuras 1 a 5, con una capa de revestimiento de dióxido de silicio SiO<sub>2</sub> (20) depositada sobre un sustrato de alúmina Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (10). En el eje de abscisas, la longitud de onda (WL) varía de 0,3 a 1  $\mu\text{m}$ , en la gama visible, IR cercano y medio. En el eje de ordenadas, la transmisión (T) varía de 0,96 a 1.

Para los dispositivos (1, 2, 3, 4, 5), el sustrato de alúmina Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (10) tiene un índice de refracción  $n = 1,69$ .

Para los dispositivos (1, 2, 4), la capa de revestimiento de dióxido de silicio SiO<sub>2</sub> (20) tiene un grosor (E20) de 83 nm y un índice de refracción  $n = 1,44$ .

Para los dispositivos (1, 3, 4), las cavidades (31) tienen una periodicidad (L31) de 176 nm y un diámetro (D31) de 159 nm.

Para los dispositivos (1, 4), las cavidades (31) tienen una profundidad (P31) de alrededor de 156 nm.

El dispositivo (1) se adapta correctamente a la transmisión de una radiación electromagnética en una gama de longitud de onda visible, IR cercano y medio, entre 0,3 y 1  $\mu\text{m}$ .

Como se muestra en el gráfico de la Figura 16, la transmisión (T1) del dispositivo (1) se mejora con respecto a cada uno de los dispositivos (2, 3, 4, 5), en términos de anchura espectral y transmisión máxima (es decir, absorción mínima), en particular, para una gama de longitud de onda del IR cercano y medio.

En las Figuras 17 a 37 se muestran otras variantes de un dispositivo (1) conforme a la invención. En aras de la simplicidad, los elementos constitutivos comparables a los del primer modo de realización descrito anteriormente llevan las mismas referencias numéricas.

En la Figura 17, las cavidades (31) se distribuyen por la superficie del dispositivo (1) con una periodicidad variable. Esta periodicidad variable evoluciona según una regla definida y no de manera aleatoria. Las cavidades (31) son distintas y no están en comunicación las unas con las otras. Las variaciones se controlan, no se deben a un estado de superficie irregular del dispositivo (1) y/o a imprecisiones del procedimiento de texturización. La periodicidad es diferente entre el centro y los bordes del dispositivo (1). Las cavidades (31) están más juntas en el centro que en los bordes.

En la Figura 18, las cavidades (31) presentan un perfil cóncavo simétrico en un plano axial, con un diámetro (D31) y una sección de área decreciente con la profundidad (P31).

En la Figura 19, las cavidades (31) presentan un perfil cóncavo asimétrico en un plano axial, con una dimensión mayor (D31) y una sección de área decreciente con la profundidad (P31). Si la sección es circular, la dimensión mayor (D31) es un diámetro, en caso contrario, para una sección no circular, la dimensión mayor (D31) es una longitud. En la práctica, la texturización (30) produce diferentes efectos ópticos según la orientación de la radiación incidente. Este fenómeno se ve reforzado por la asimetría de las cavidades (31).

En la Figura 20, las cavidades (31) presentan profundidades (P31a, P31b) diferentes.

En la Figura 21, las cavidades (31) presentan diámetros (D31a, D31b) diferentes.

- 5 En la Figura 22, el dispositivo (1) comprende una pila de dos sustratos (10) y dos capas de revestimiento (20) alternadas. Las cavidades (31) se forman únicamente en la primera combinación (10+20) de un sustrato (10) y una capa de revestimiento (20), orientado hacia el lado superior que recibe la radiación incidente. En el caso de un dispositivo (1) antirreflejante de banda ancha multicapa, esta solución permite mejorar la corrección del frente de onda en comparación con un dispositivo multicapa no texturizado. Asimismo, esta solución representa un ahorro de tiempo con respecto a un dispositivo multicapa en el que todas las capas (20, 30) están atravesadas por las cavidades (31), como se describe a continuación.
- 10 En la Figura 23, el dispositivo (1) también comprende una pila de dos sustratos (10) y dos capas de revestimiento (20) alternadas. Las cavidades (31) atraviesan completamente la pila, excepto el último sustrato (10), que está parcialmente ahuecado.
- 15 En la Figura 24, el dispositivo (1) conforme a la invención comprende una capa trasera (40) realizada de un material diferente del sustrato (10) y de la capa de revestimiento (20). El revestimiento (20) se forma en un primer lado del sustrato (10), mientras que la capa trasera (40) se forma en un segundo lado del sustrato (10) opuesto al primer lado. La capa trasera (40) tiene una función diferente a la capa de revestimiento (20). Por ejemplo, en el caso de un dispositivo antirreflejante (1), esta capa trasera (40) puede garantizar funciones antirreflejantes y mecánicas en la cara trasera, mientras que la capa de revestimiento (20) tiene una función antirreflejante de banda ancha. Según otro ejemplo, en el caso de un dispositivo de espejo (1), esta capa trasera (40) puede diseñarse para reflejar parte de las radiaciones.
- 20 En la Figura 25, el dispositivo (1) comprende dos caras configuradas según la invención, con un sustrato central (10). Cada cara consta de una capa de revestimiento (20) y una texturización (30) que forman cavidades (31) que atraviesan la capa de revestimiento (20) y penetran parcialmente en el sustrato (10). Las dos capas de revestimiento (20) pueden ser idénticas o diferentes (materiales, grosores, etc.).
- 25 Como se ilustra en la Figura 28, en el caso de que no haya orden de difracción, el comportamiento de una superficie del dispositivo (1) no depende de la dirección de la trayectoria óptica. En otras palabras, la dirección de paso de la luz desde el aire hacia el dispositivo (1) o desde el dispositivo (1) hacia el aire no cambia las tasas de reflexión y transmisión del dispositivo (1). La Figura 28 muestra esquemáticamente que, en estas condiciones, independientemente del sentido del dispositivo (1), entonces para una radiación óptica incidente (I), las radiaciones ópticas reflejadas (R) y transmitidas (T) son las mismas.
- 30 Asimismo, como se ilustra en la Figura 29, si la longitud de coherencia de la luz no supera el grosor del dispositivo (1), entonces el dispositivo (1) ilustrado en la Figura 25 puede considerarse como el ensamblaje de dos dispositivos simples independientes (1a, 1b) que se habrían yuxtapuesto. La tasa de transmisión del dispositivo (1) ilustrado es entonces la multiplicación de las tasas de transmisión de estos dos dispositivos simples independientes.
- 35 Esta configuración permite aumentar el rendimiento del dispositivo (1), ya que el sistema óptico se encuentra equipado con un doble dispositivo de corrección de frente de onda. Esta solución es ventajosa para mejorar la corrección del frente de onda, porque permite utilizar las dos caras de un mismo dispositivo (1) para corregir correctamente el frente de onda dos veces, en lugar de añadir un segundo dispositivo para complementar el primero. El volumen global sigue siendo moderado.
- 40 En la Figura 26, el dispositivo (1) comprende una primera cara configurada según la invención, con una capa de revestimiento (20) y una texturización (30) que penetran parcialmente en el sustrato (10), y una segunda cara con una capa de revestimiento (20) que carece de texturización, o carece de tratamiento, o que recibe un tratamiento diferente de la texturización de la primera cara. Conforme a las explicaciones dadas anteriormente, con referencia a las Figuras 25, 28 y 29, esta configuración permite disponer del equivalente de dos dispositivos complementarios (1). Estando la segunda cara adaptada en términos de tratamiento o de texturización, esta solución permite elegir el efecto o efectos de los que se quiera disponer para una o unas gamas de longitud de ondas. En un primer ejemplo, se pueden aplicar diferentes tratamientos en una misma gama de longitud de ondas, por ejemplo, un tratamiento antirreflejante en forma de V y un tratamiento antirreflejante de banda ancha.
- 45 Según un segundo ejemplo, se pueden aplicar diferentes tratamientos en gamas de longitud de ondas diferentes. Según un tercer ejemplo, se puede aplicar un mismo tratamiento en dos gamas de longitud de ondas separadas, yuxtapuestas o superpuestas. Si las dos gamas de longitud de ondas tratadas por cada una de las caras están yuxtapuestas o superpuestas, el dispositivo (1) puede utilizarse para tratar una gama más grande que con un dispositivo de una sola cara. Como alternativa, si las dos gamas de longitud de ondas tratadas por cada una de las caras están separadas, el dispositivo (1) puede garantizar el papel de filtro. Según una aplicación particular, puede haber un primer tratamiento de corrección de frente de onda para una primera gama de longitudes de onda asociada a un primer detector, y un segundo tratamiento de corrección de frente de onda para una segunda gama de longitudes de onda asociada a un segundo detector.
- 50 Según un segundo ejemplo, se pueden aplicar diferentes tratamientos en gamas de longitud de ondas diferentes. Según un tercer ejemplo, se puede aplicar un mismo tratamiento en dos gamas de longitud de ondas separadas, yuxtapuestas o superpuestas. Si las dos gamas de longitud de ondas tratadas por cada una de las caras están yuxtapuestas o superpuestas, el dispositivo (1) puede utilizarse para tratar una gama más grande que con un dispositivo de una sola cara. Como alternativa, si las dos gamas de longitud de ondas tratadas por cada una de las caras están separadas, el dispositivo (1) puede garantizar el papel de filtro. Según una aplicación particular, puede haber un primer tratamiento de corrección de frente de onda para una primera gama de longitudes de onda asociada a un primer detector, y un segundo tratamiento de corrección de frente de onda para una segunda gama de longitudes de onda asociada a un segundo detector.
- 55 En la Figura 27, el dispositivo (1) comprende dos caras configuradas según la invención, con una capa central (20/40). Cada cara consta de una capa de revestimiento (20) y una texturización (30) que forman cavidades (31) que
- 60
- 65

atraviesan la capa de revestimiento (20) y penetran parcialmente en el sustrato (10). El sustrato (10) y las capas de revestimiento (20) de las dos caras pueden ser idénticos o diferentes (materiales, grosores, etc.).

5 En la Figura 30, el dispositivo (1) comprende dos pilas de sustrato (10) y revestimiento (20), así como una capa trasera (40). Las cavidades (31) se forman únicamente en la primera combinación (10+20) de un sustrato (10) y una capa de revestimiento (20), orientado hacia el lado superior que recibe la radiación incidente. A partir de dicha configuración, se realizaron varios ensayos.

10 El primer ensayo se refiere a longitudes de ondas del campo visible, comprendidas entre 350 nm y 750 nm. El dispositivo (1) está configurado de la siguiente manera:

- el sustrato (10) es de HfO<sub>2</sub>, el revestimiento (20) es de SiO<sub>2</sub>, y la capa trasera (40) es de carbono amorfo;
- el primer grosor de revestimiento (E201) mide 98 nm;
- el primer grosor de sustrato (E101) mide 409 nm;
- el segundo grosor de revestimiento (E202) mide 174 nm;
- 15 - el segundo grosor de sustrato (E102) mide 73 nm;
- no se impone el grosor de la capa trasera (40);
- las cavidades (31) de la texturización (30) tienen una profundidad de 377 nm que atraviesan de este modo la primera capa de revestimiento (20) y ahuecan parcialmente la primera capa de sustrato (10). Son circulares, de 138 nm de diámetro, y se reparten regularmente según una matriz cuadrada con un paso de 174 nm.

20 La Figura 31 muestra la curva de transmisión (T3) de este dispositivo (1), comparada:

- con la curva de transmisión (T2) de un dispositivo que comprende las mismas pilas de sustrato (10) y revestimiento (20) y capa trasera (40), pero sin texturización (30);
- con la curva de transmisión (T1) de un dispositivo que solo comprende una capa de carbono amorfo.

25 Se observa claramente que el dispositivo (1) según la configuración anterior permite obtener una transmisión mejorada con respecto a las otras dos configuraciones, y en un rango de longitud de ondas mucho mayor.

30 El segundo ensayo se refiere a las longitudes de ondas del campo de infrarrojo cercano, comprendidas entre 1 y 2 μm. El dispositivo (1) está configurado de la siguiente manera:

- el sustrato (10) es de Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, el revestimiento (20) es de SiO<sub>2</sub>, y la capa trasera (40) es de ZnSe;
- el primer grosor de revestimiento (E201) mide 228 nm;
- el primer grosor de sustrato (E101) mide 452 nm;
- el segundo grosor de revestimiento (E202) mide 461 nm;
- 35 - el segundo grosor de sustrato (E102) mide 166 nm;
- no se impone el grosor de la capa trasera (40);
- las cavidades (31) de la texturización (30) tienen una profundidad de 351 nm que atraviesan de este modo la primera capa de revestimiento (20) y ahuecan parcialmente la primera capa de sustrato (10). Las cavidades (31) son circulares, de 255 nm de diámetro, y están repartidas regularmente según una matriz cuadrada con un paso de 320 nm.

40 Las Figuras 32 y 33 muestran la curva de transmisión (T3) de este dispositivo (1), comparada:

- con la curva de transmisión (T2) de un dispositivo que comprende las mismas pilas de sustrato (10) y revestimiento (20) y capa trasera (40), pero sin texturización (30);
- con la curva de transmisión (T1) de un dispositivo que comprende solo una capa de carbono amorfo (únicamente en la Figura 32).

45 Se observa claramente en la Figura 32 que el dispositivo (1) según la configuración anterior permite obtener una transmisión mejorada con respecto a las otras dos configuraciones, y en un rango de longitud de ondas mucho mayor.

50 Se observa en la Figura 33 que según el ángulo de incidencia de la radiación óptica sobre el dispositivo (1), la transmisión (T3) del dispositivo (1) mejora con respecto a la transmisión (T2).

El tercer ensayo se refiere a las longitudes de ondas del campo de infrarrojo medio, comprendidas entre 7 y 15 μm. El dispositivo (1) está configurado de la siguiente manera:

- el sustrato (10) es de TiO<sub>2</sub>, el revestimiento (20) es de DLC, y la capa trasera (40) es de Si;
- el primer grosor de revestimiento (E201) mide 1.393 nm;
- el primer grosor de sustrato (E101) mide 541 nm;
- el segundo grosor de revestimiento (E202) mide 2.843 nm;
- el segundo grosor de sustrato (E102) mide 838 nm;
- 60 - no se impone el grosor de la capa trasera (40);
- las cavidades (31) de la texturización (30) tienen una profundidad de 1.934 nm que atraviesan de este modo la primera capa de revestimiento (20) y ahuecan parcialmente la primera capa de sustrato (10). Las cavidades (31) son circulares, de 1600 nm de diámetro, y están repartidas regularmente según una matriz cuadrada con un paso de 2000 nm.

65 Las Figuras 34 y 35 muestran la curva de transmisión (T3) de este dispositivo (1), comparada:

- con la curva de transmisión (T2) de un dispositivo que comprende las mismas pilas de sustrato (10) y revestimiento (20) y capa trasera (40), pero sin texturización (30);
- con la curva de transmisión (T1) de un dispositivo que comprende solo una capa de carbono amorfo (únicamente en la Figura 34).

5 Se observa claramente en la Figura 34 que el dispositivo (1) según la configuración anterior permite obtener una transmisión mejorada con respecto a las otras dos configuraciones, y en un rango de longitud de ondas mucho mayor.

10 Se observa en la Figura 35 que según el ángulo de incidencia de la radiación óptica sobre el dispositivo (1), la transmisión (T3) del dispositivo (1) mejora con respecto a la transmisión (T2).

El cuarto ensayo se refiere asimismo a las longitudes de ondas del campo infrarrojo medio, comprendidas entre 7 y 15  $\mu\text{m}$ . El dispositivo (1) está configurado de la siguiente manera:

- el sustrato (10) es de  $\text{TiO}_2$ , el revestimiento (20) es de DLC, y la capa trasera (40) es de Si;
- 15 - el primer grosor de revestimiento (E201) mide 1.054 nm;
- el primer grosor de sustrato (E101) mide 2.160 nm;
- el segundo grosor de revestimiento (E202) mide 142 nm;
- el segundo grosor de sustrato (E102) mide 1.293 nm;
- 20 - no se impone el grosor de la capa trasera (40);
- las cavidades (31) de la texturización (30) tienen una profundidad de 1.968 nm que atraviesan de este modo la primera capa de revestimiento (20) y ahuecan parcialmente la primera capa de sustrato (10). Las cavidades (31) son circulares, de 1600 nm de diámetro, y están repartidas regularmente según una matriz cuadrada con un paso de 2000 nm.

25 Las Figuras 36 y 37 muestran la curva de transmisión (T3) de este dispositivo (1), comparada:

- con la curva de transmisión (T2) de un dispositivo que comprende las mismas pilas de sustrato (10) y revestimiento (20) y capa trasera (40), pero sin texturización (30);
- con la curva de transmisión (T1) de un dispositivo que comprende solo una capa de carbono amorfo (únicamente en la Figura 36).

30 Se observa claramente en la Figura 36 que el dispositivo (1) según la configuración anterior permite obtener una transmisión mejorada con respecto a las otras dos configuraciones, y en un rango de longitud de ondas mucho mayor.

35 Se observa en la Figura 37 que según el ángulo de incidencia de la radiación óptica sobre el dispositivo (1), la transmisión (T3) del dispositivo (1) mejora con respecto a la transmisión (T2).

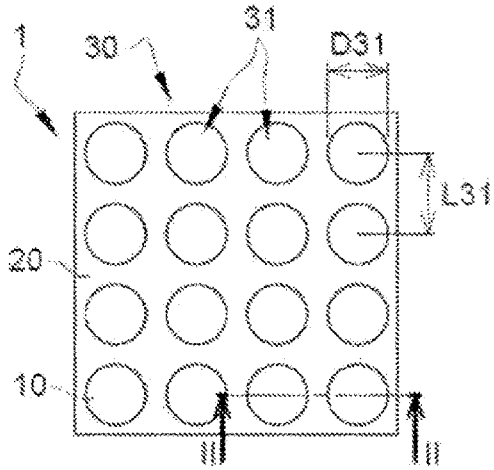
40 Por otro lado, el dispositivo (1) puede tener una forma diferente a las Figuras 1 a 37 sin salirse del alcance de la invención, que está definido por las reivindicaciones. Además, las características técnicas de los diferentes modos de realización y variantes mencionados anteriormente pueden combinarse entre sí, totalmente o para algunas de ellas. De este modo, el dispositivo (1) puede adaptarse en términos de coste, funcionalidades y rendimientos.

REIVINDICACIONES

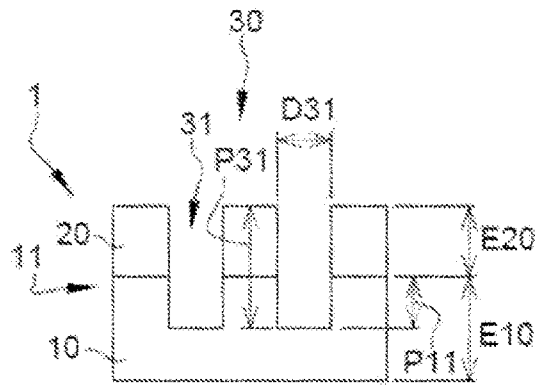
1. Dispositivo óptico (1), adaptado a la transmisión/reflexión de una radiación electromagnética en una gama de longitud de onda del espectro electromagnético correspondiente a una radiación infrarroja, sin orden de difracción, en donde la dirección de paso de la luz desde el aire hacia el dispositivo (1) o desde el dispositivo (1) hacia el aire no cambia las tasas de reflexión y de transmisión del dispositivo (1), comprendiendo dicho dispositivo (1) al menos:
- un sustrato (10) realizado de un primer material de entre los siguientes materiales: silicio Si, germanio Ge, sulfuro de zinc ZnS, seleniuro de zinc ZnSe,
  - una capa de revestimiento (20) formada en un primer lado del sustrato (10) y realizada de un segundo material, diferente del primer material, eligiéndose este segundo material de entre los siguientes materiales: silicio Si, germanio Ge, sulfuro de zinc ZnS, seleniuro de zinc ZnSe, pentóxido de tántalo Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, dióxido de hafnio HfO<sub>2</sub>, alúmina Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, y
  - una texturización de la superficie (30) que forma las cavidades (31) en el dispositivo (1), y que varía el índice de refracción efectivo en la superficie del dispositivo, atravesando las cavidades (31) la capa de revestimiento (20) y ahuecando parcialmente el sustrato (10),
  - al menos una capa trasera (40), formada en un segundo lado del sustrato (10) opuesto al primer lado y que tiene una función diferente a la de la capa de revestimiento (20), realizada de un material diferente al sustrato (10) y al revestimiento (20), eligiéndose el material de la capa trasera de entre los siguientes materiales: silicio Si, germanio Ge, sulfuro de zinc ZnS o seleniuro de zinc ZnSe.
2. Dispositivo (1) según la reivindicación 1, caracterizado por que las cavidades (31) tienen un perfil continuo entre la capa de revestimiento (20) y el sustrato (10).
3. Dispositivo (1) según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que las cavidades (31) tienen una sección circular.
4. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que las cavidades (31) presentan un perfil cóncavo en un plano axial, con una sección de área decreciente según la profundidad.
5. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que las cavidades (31) presentan un perfil cóncavo simétrico en un plano axial.
6. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que las cavidades (31) presentan un perfil cóncavo asimétrico en un plano axial.
7. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que las cavidades (31) están distribuidas según una red regular en la superficie del dispositivo (1).
8. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que las cavidades (31) están distribuidas en la superficie del dispositivo (1) con una periodicidad variable, que evoluciona según una regla definida y no de manera aleatoria, por ejemplo, una periodicidad diferente entre el centro y los bordes del dispositivo (1).
9. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende una pila de varios sustratos (10) y capas de revestimiento (20) alternados, incluyendo al menos una primera combinación (10+20) de una primera capa de revestimiento (20) y un primer sustrato (10), y una última combinación (10+20) de una última capa de revestimiento (20) y un último sustrato (10).
10. Dispositivo (1) según la reivindicación 9, caracterizado por que las cavidades (31) se forman únicamente en la primera combinación (10+20).
11. Dispositivo (1) según la reivindicación 9, caracterizado por que las cavidades (31) atraviesan completamente la pila, excepto el último sustrato (10), que está parcialmente ahuecado, y por que las cavidades (31) presentan una sección de área estrictamente decreciente en dirección del último sustrato (10).
12. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado por que la pila comprende al menos una combinación intermedia (10+20) entre la primera combinación (10+20) y la última combinación (10+20).
13. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones anteriores 1 a 12, caracterizado por que comprende dos caras, con cada una de las cuales una capa de revestimiento (20) y una texturización de la superficie (30) que forman cavidades (31) que atraviesan la capa de revestimiento y penetran parcialmente en el sustrato o en uno de los sustratos.
14. Dispositivo (1) según una de las reivindicaciones anteriores 1 a 12, caracterizado por que comprende una primera cara con una capa de revestimiento (20) y una texturización de la superficie (30) que forma cavidades (31) que atraviesan la capa de revestimiento (20) y penetran parcialmente en el sustrato (10) o en uno de los sustratos (10), y una segunda cara con una capa de revestimiento (20) que carece de texturización, o carece de tratamiento, o que recibe un tratamiento diferente de la texturización de la primera cara.

15. Procedimiento de fabricación de un dispositivo óptico, adaptado a la transmisión/reflexión de una radiación electromagnética en una gama de longitud de onda del espectro electromagnético correspondiente a una radiación infrarroja, en donde la dirección de paso de la luz desde el aire hacia el dispositivo (1) o desde el dispositivo (1) hacia el aire no cambia las tasas de reflexión y de transmisión del dispositivo (1), comprendiendo dicho procedimiento al menos las siguientes etapas:
- 5 - formar al menos una combinación:
    - o de un sustrato realizado de un primer material de entre los siguientes materiales: silicio Si, germanio Ge, sulfuro de zinc ZnS, seleniuro de zinc ZnSe,
    - 10 o de una capa de revestimiento realizada de un segundo material diferente del primer material, eligiéndose este segundo material de entre los siguientes materiales: silicio Si, germanio Ge, sulfuro de zinc ZnS, seleniuro de zinc ZnSe, pentóxido de tántalo Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, dióxido de hafnio HfO<sub>2</sub>, alúmina Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, y
    - o de una capa trasera que tiene una función diferente a la de la capa de revestimiento (20), realizada de un material diferente al sustrato y al revestimiento, eligiéndose el material de la capa trasera de entre los
  - 15 estando el revestimiento formado en un primer lado del sustrato, estando la capa trasera formada en un segundo lado del sustrato opuesto al primer lado, luego
  - realizar una texturización de la superficie formando cavidades en el dispositivo, y variando el índice de refracción efectivo en la superficie del dispositivo, las cavidades atraviesan la capa de revestimiento y ahuecan
  - 20 parcialmente el sustrato.

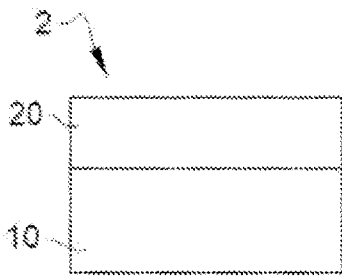
**Fig. 1**



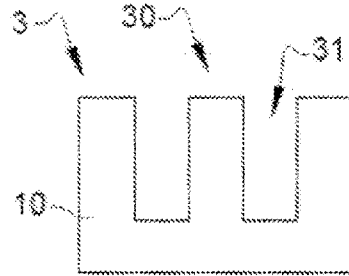
**Fig. 2**



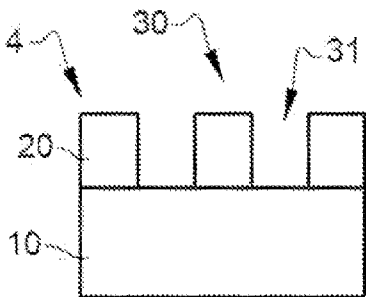
**Fig. 3**



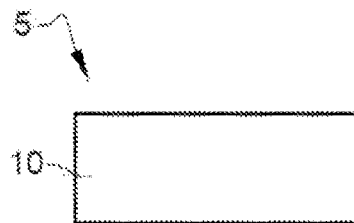
**Fig. 4**



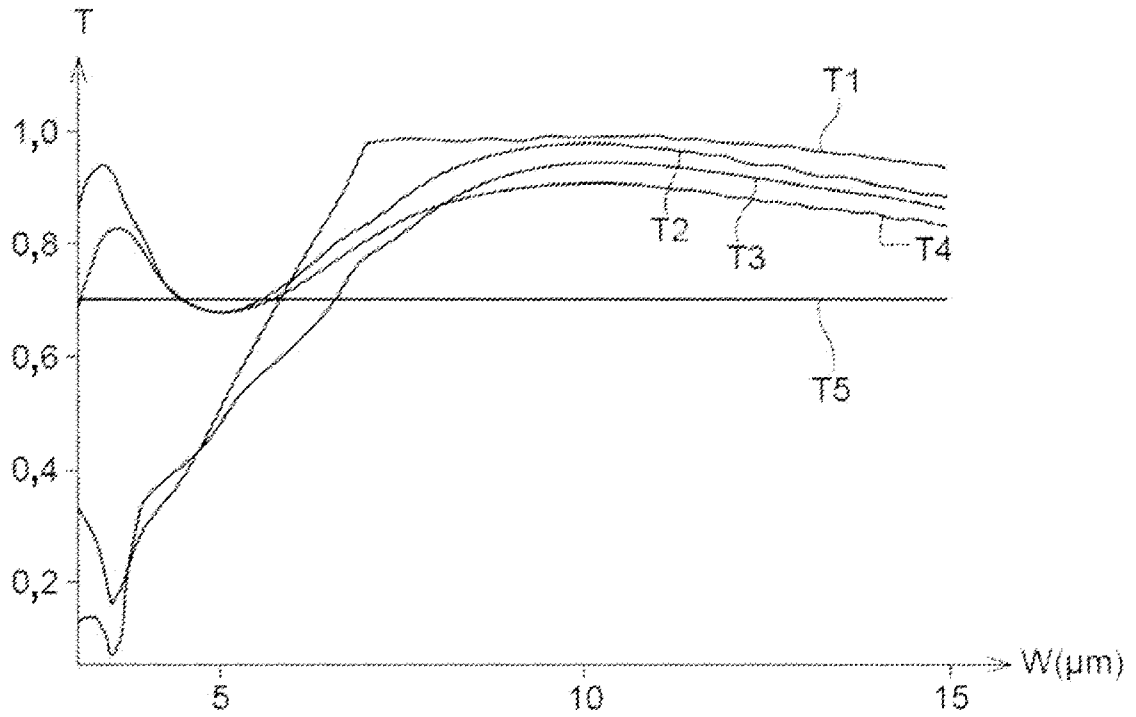
**Fig. 5**



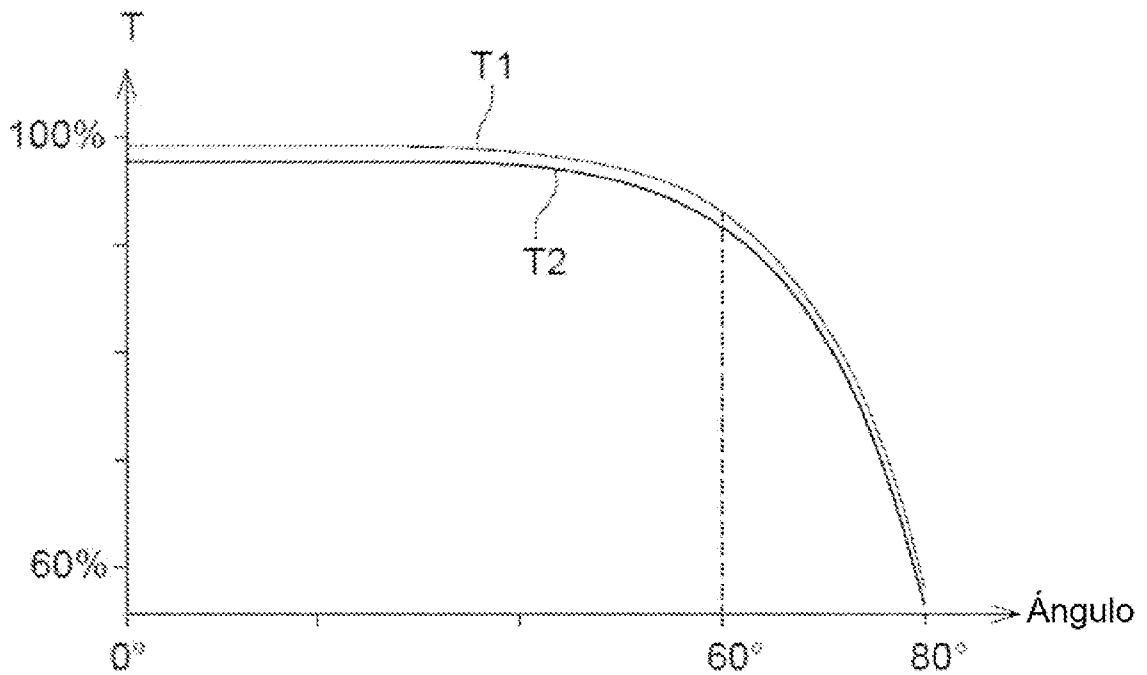
**Fig. 6**



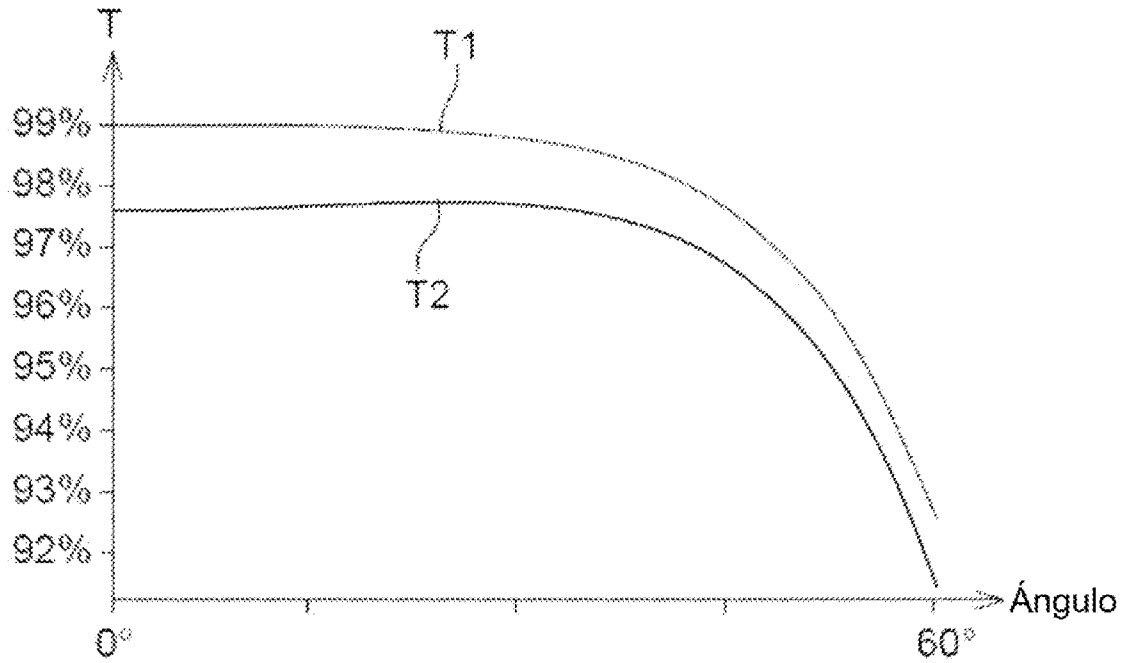
**Fig. 7**



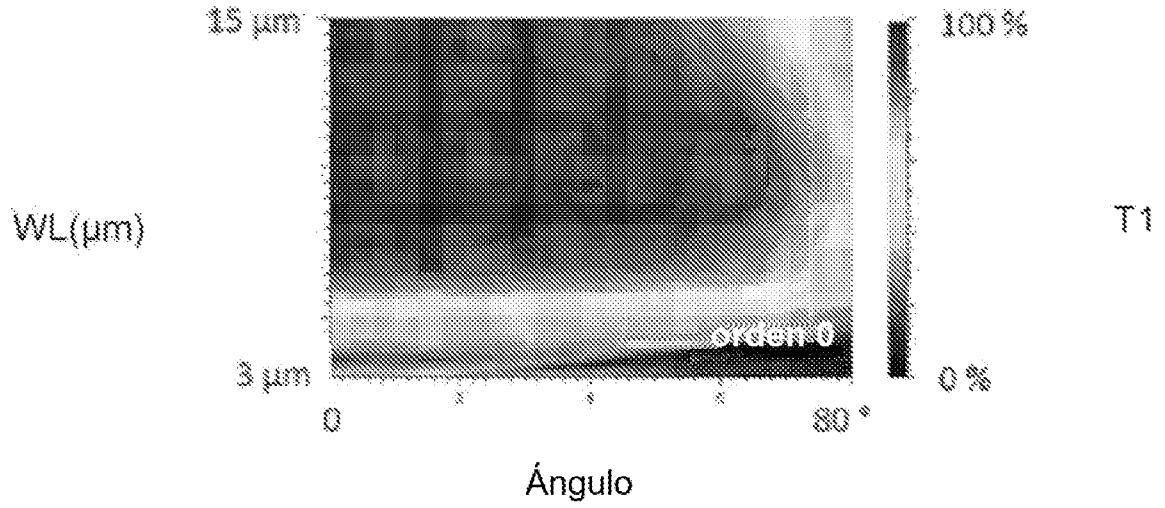
**Fig. 8**



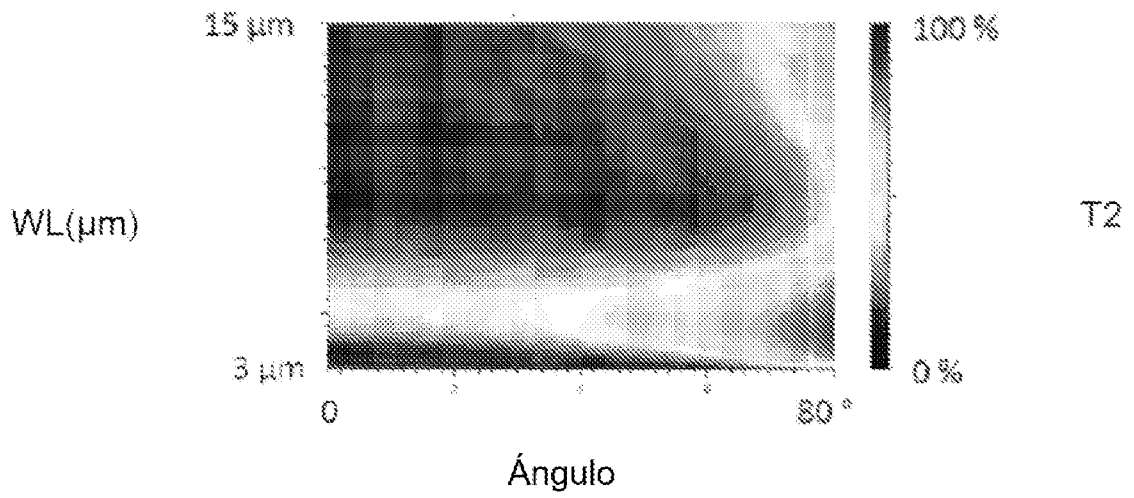
**Fig. 9**



**Fig. 10**

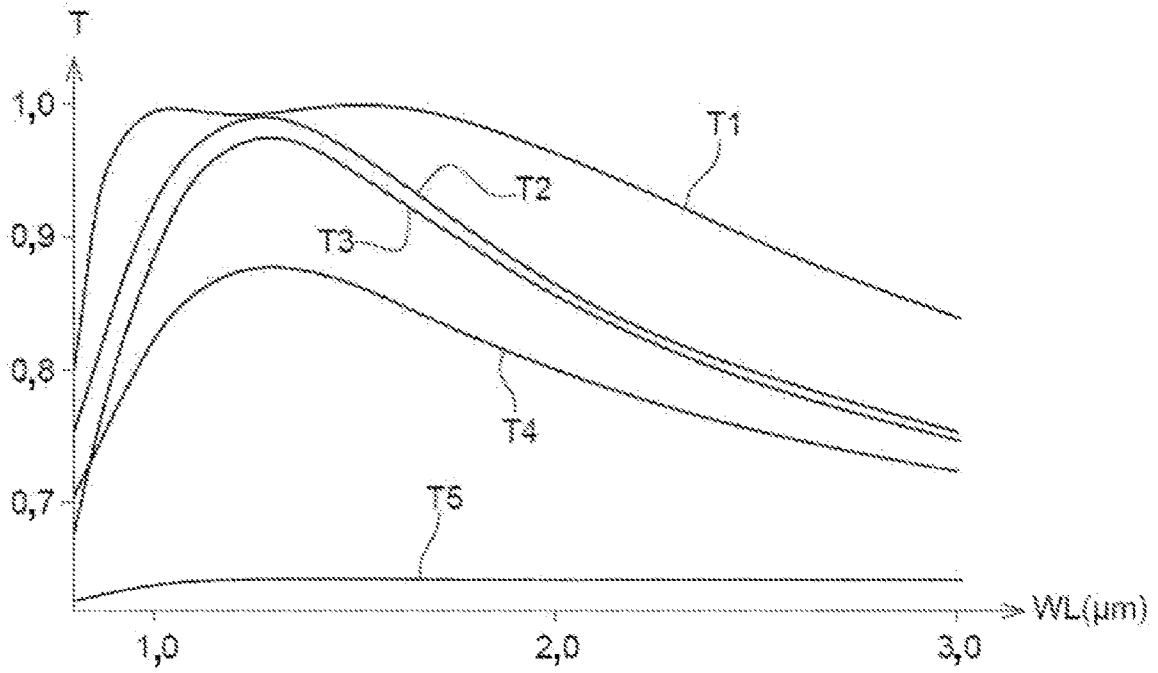


**Fig. 11**

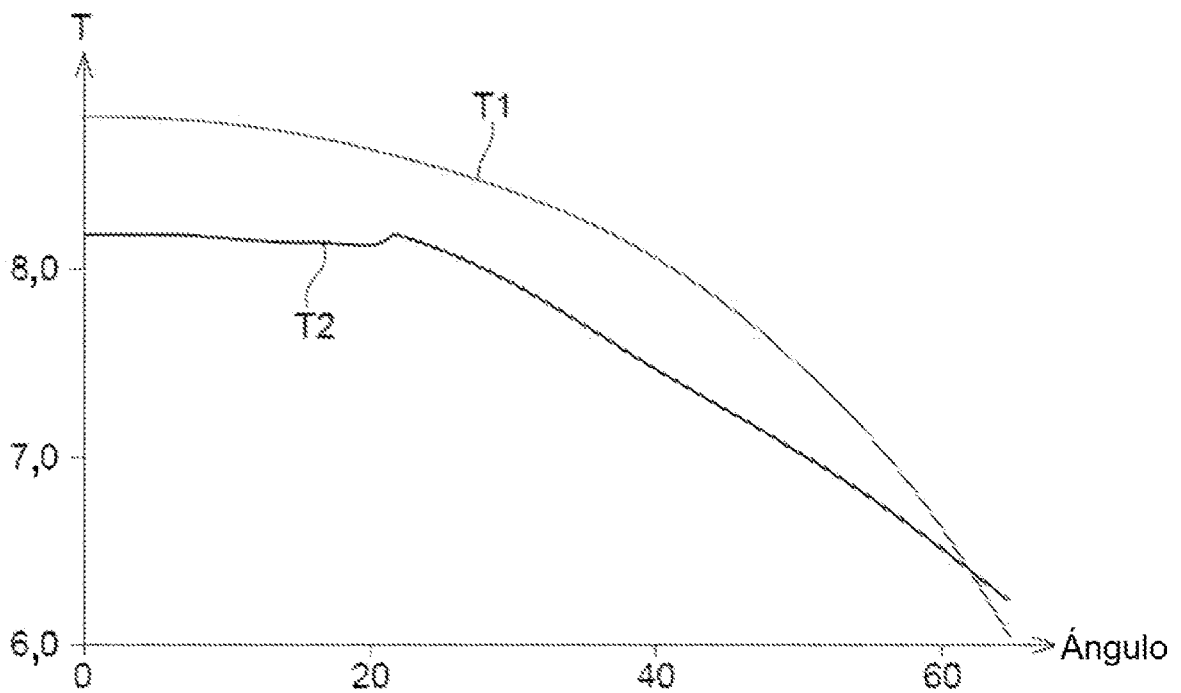


**Fig. 12**

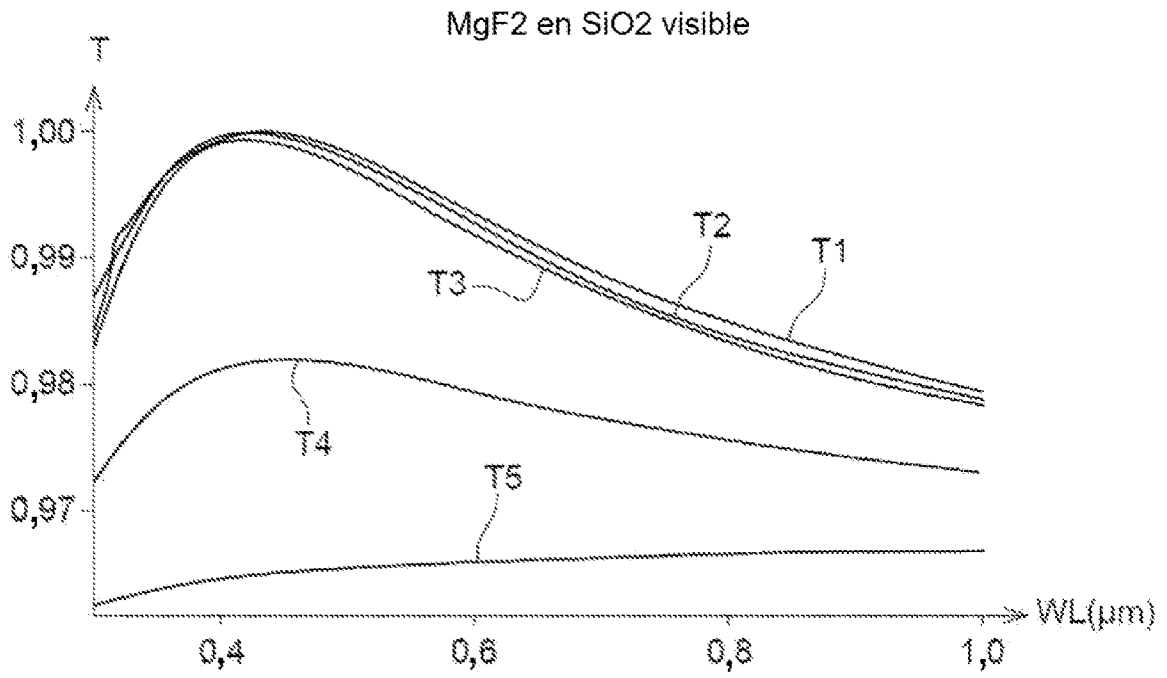
SiO<sub>2</sub> en ZnSe



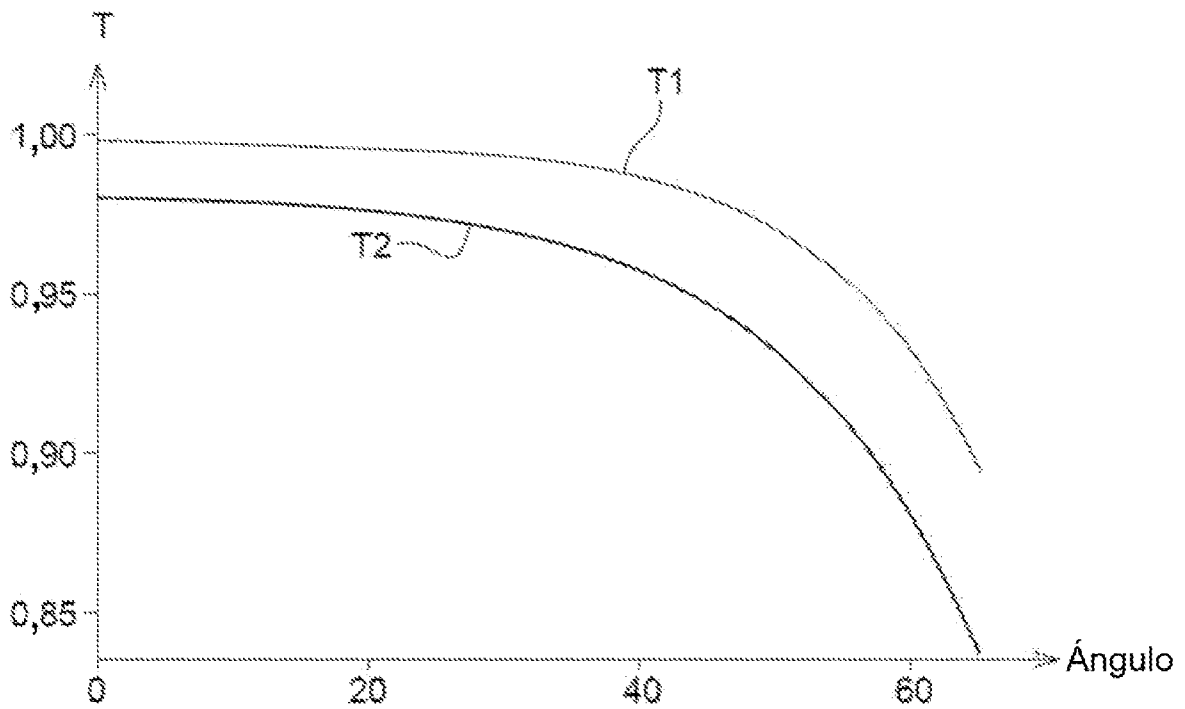
**Fig. 13**



**Fig. 14**

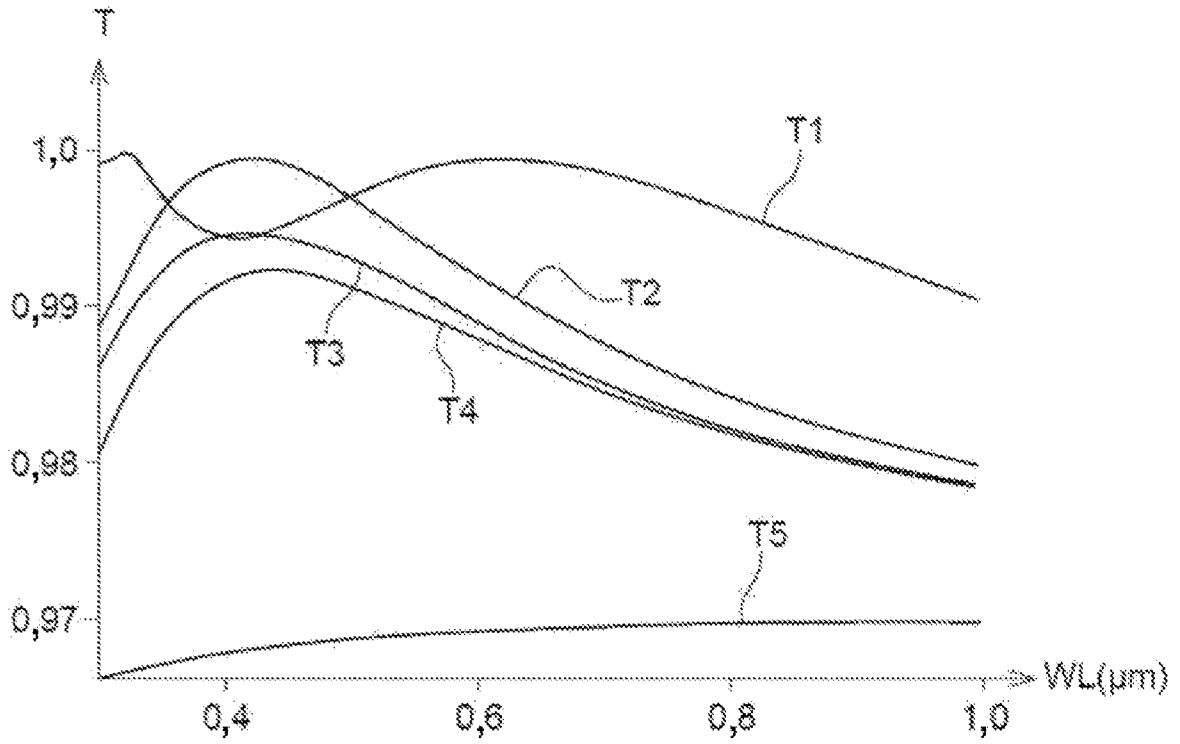


**Fig. 15**

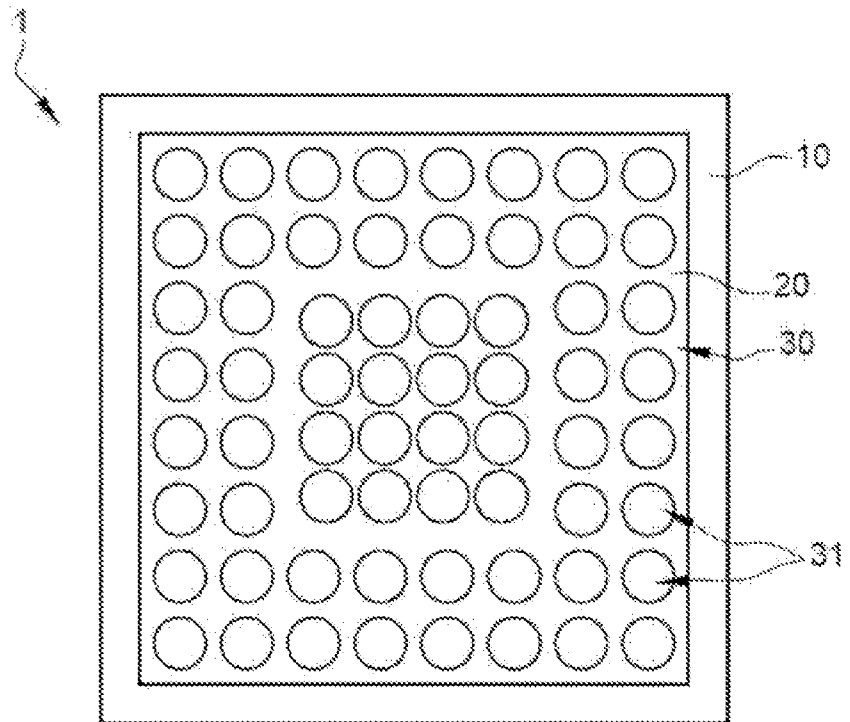


**Fig. 16**

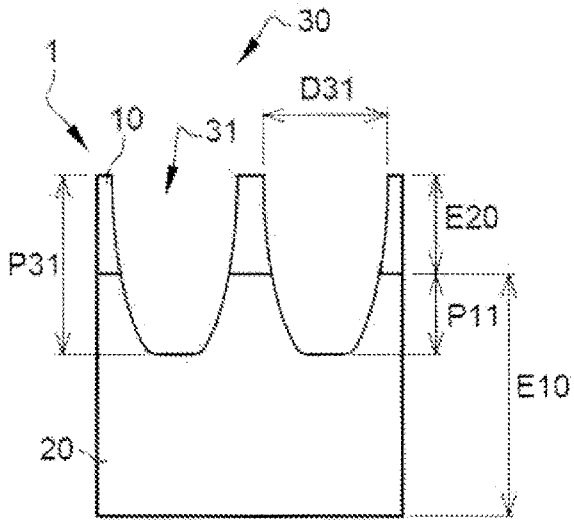
Visible SiO<sub>2</sub> en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



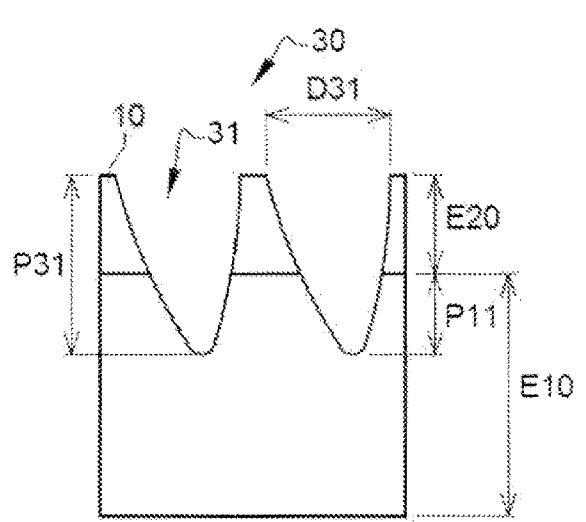
**Fig. 17**



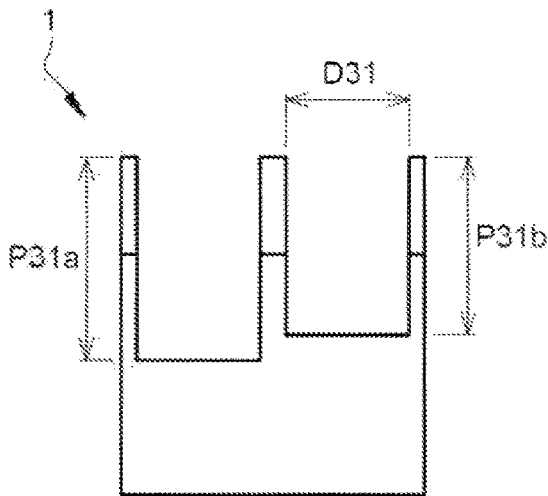
**Fig. 18**



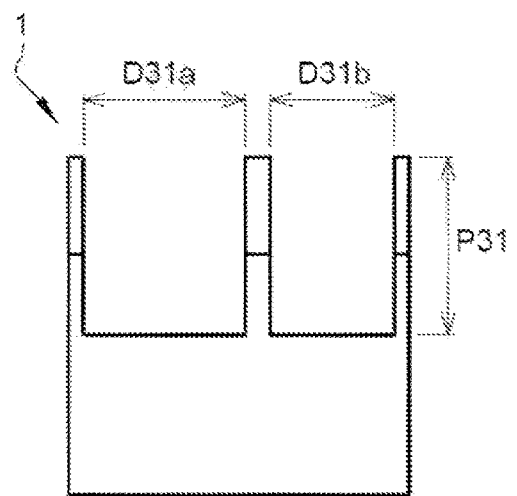
**Fig. 19**



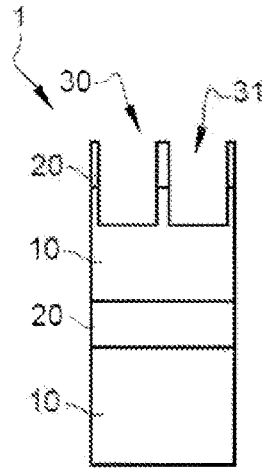
**Fig. 20**



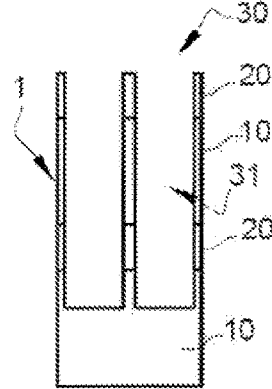
**Fig. 21**



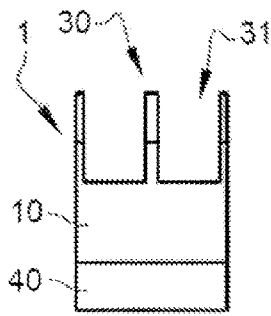
**Fig. 22**



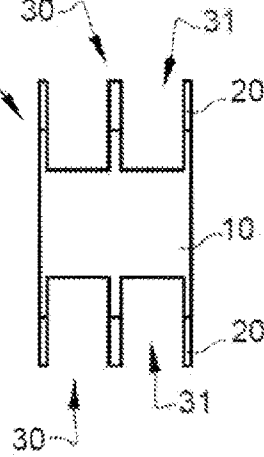
**Fig. 23**



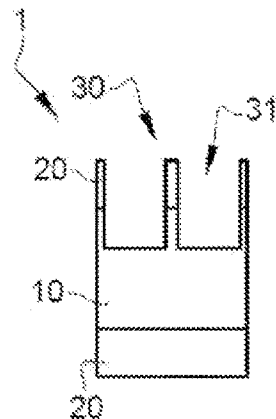
**Fig. 24**



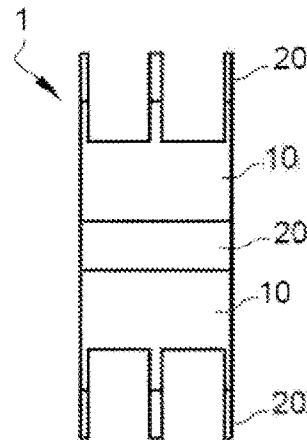
**Fig. 25**



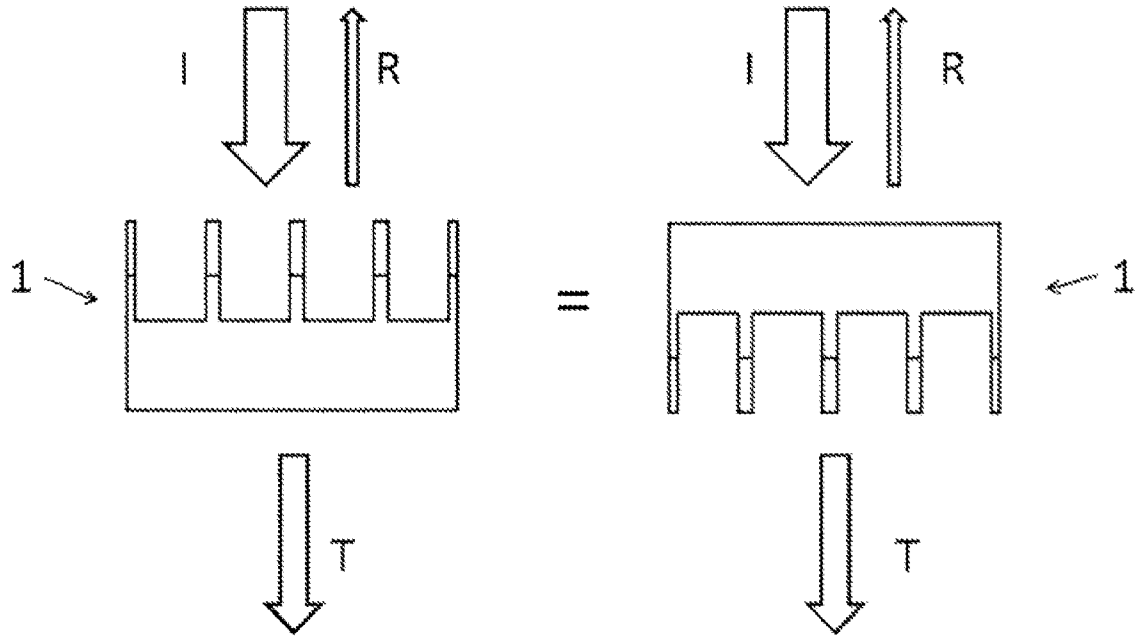
**Fig. 26**



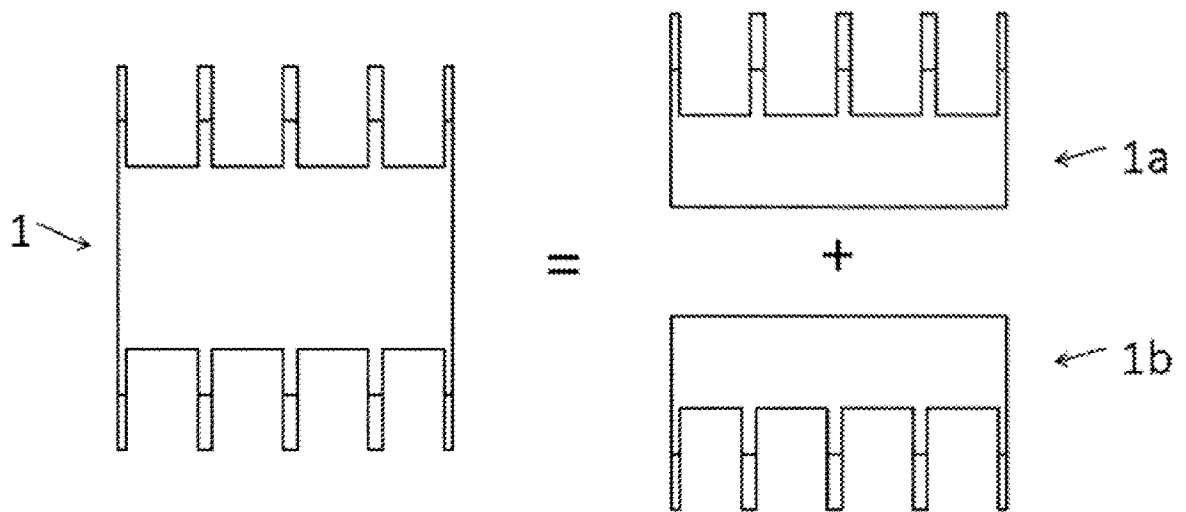
**Fig. 27**



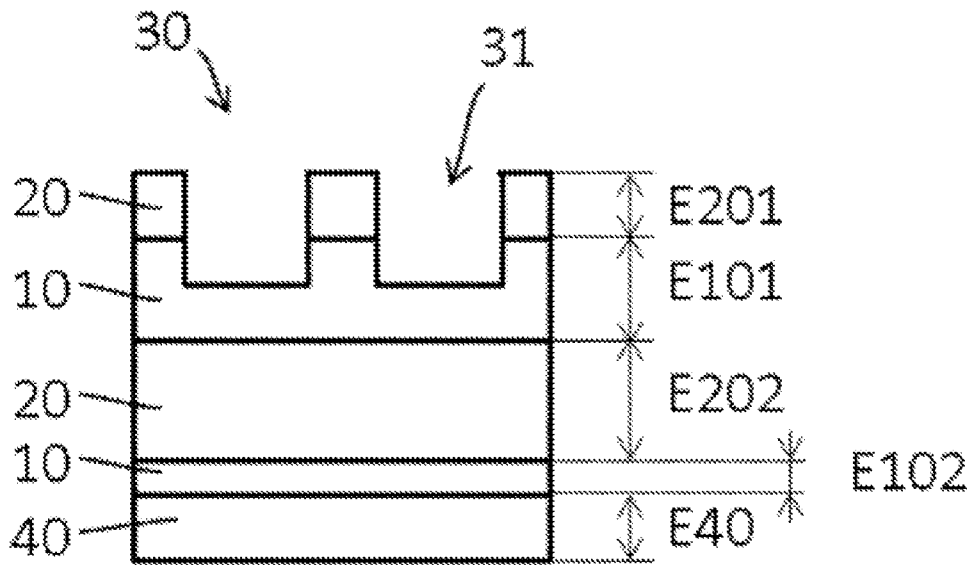
**Fig. 28**



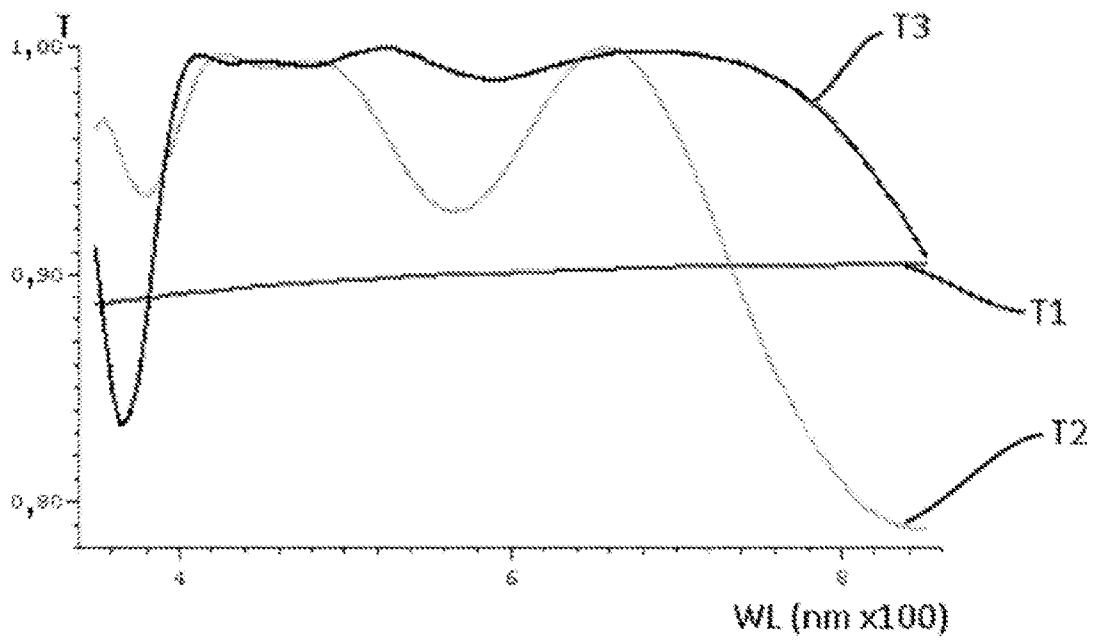
**Fig. 29**



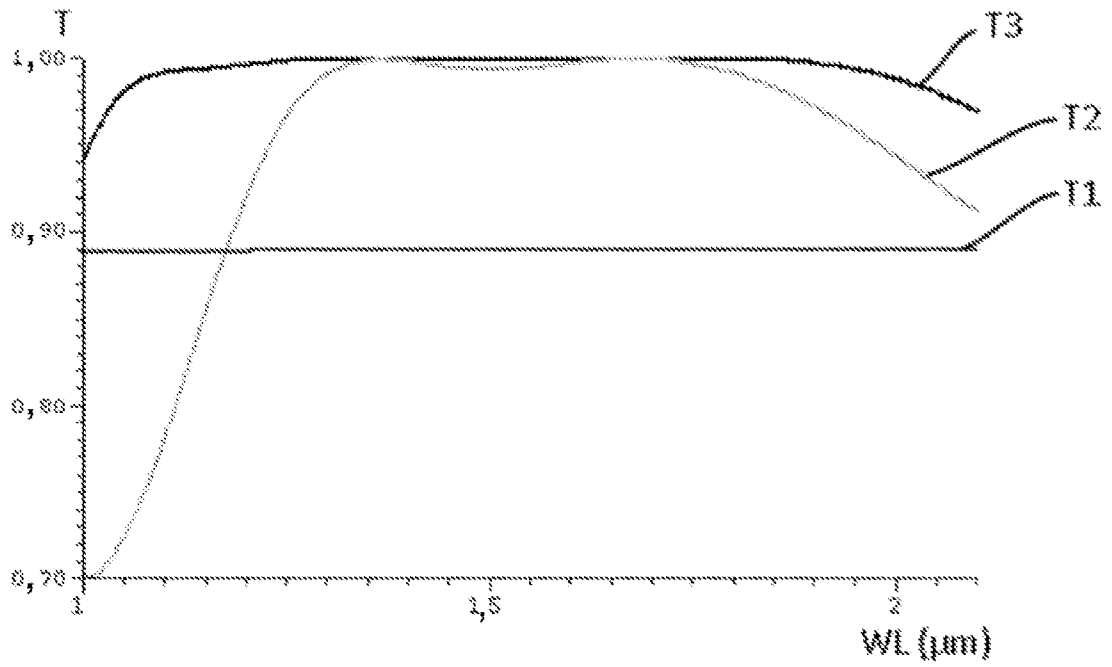
**Fig. 30**



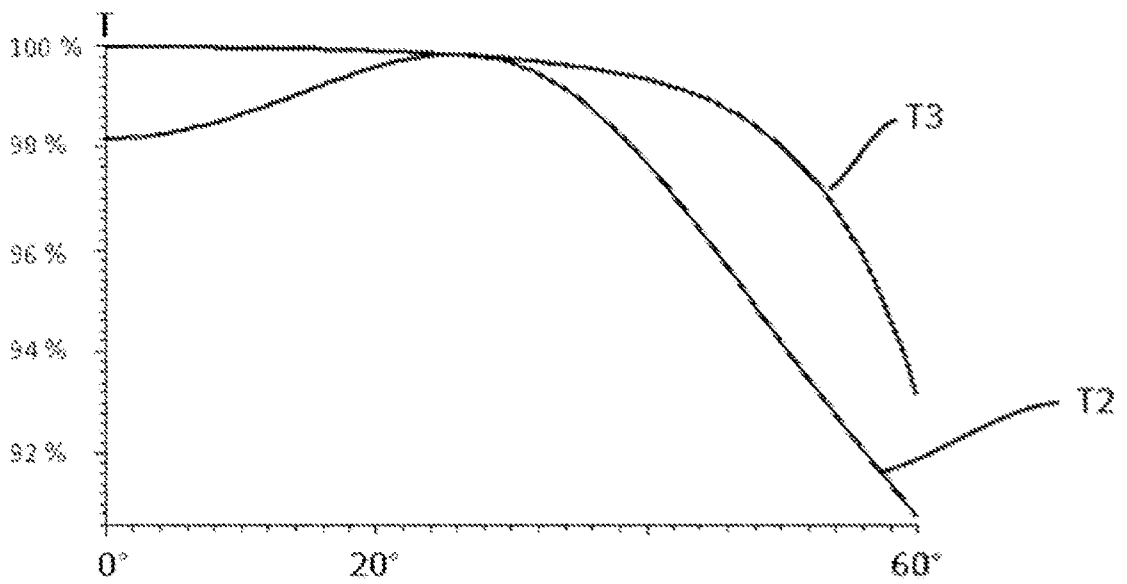
**Fig. 31**



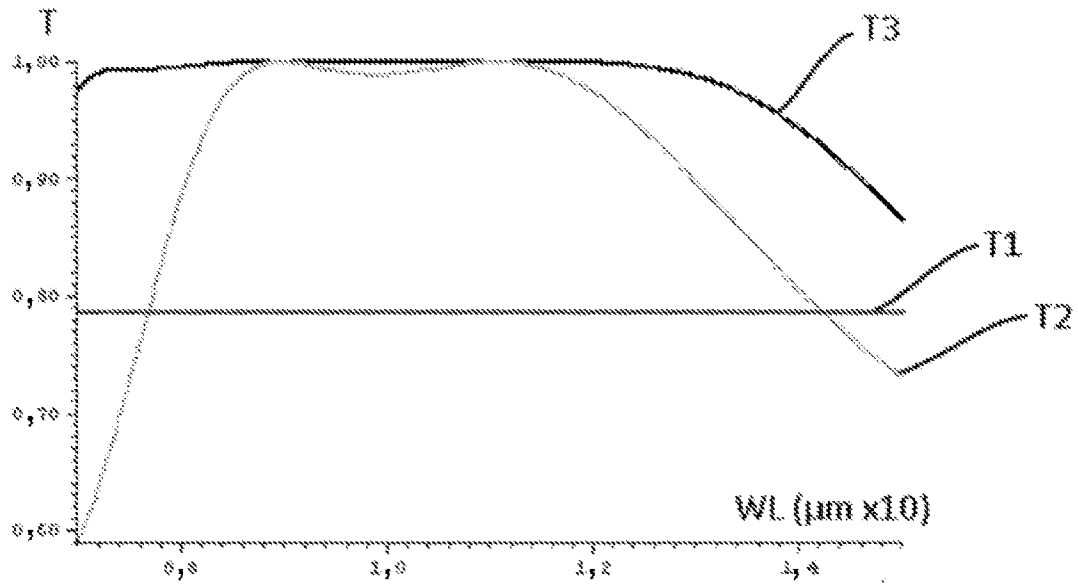
**Fig. 32**



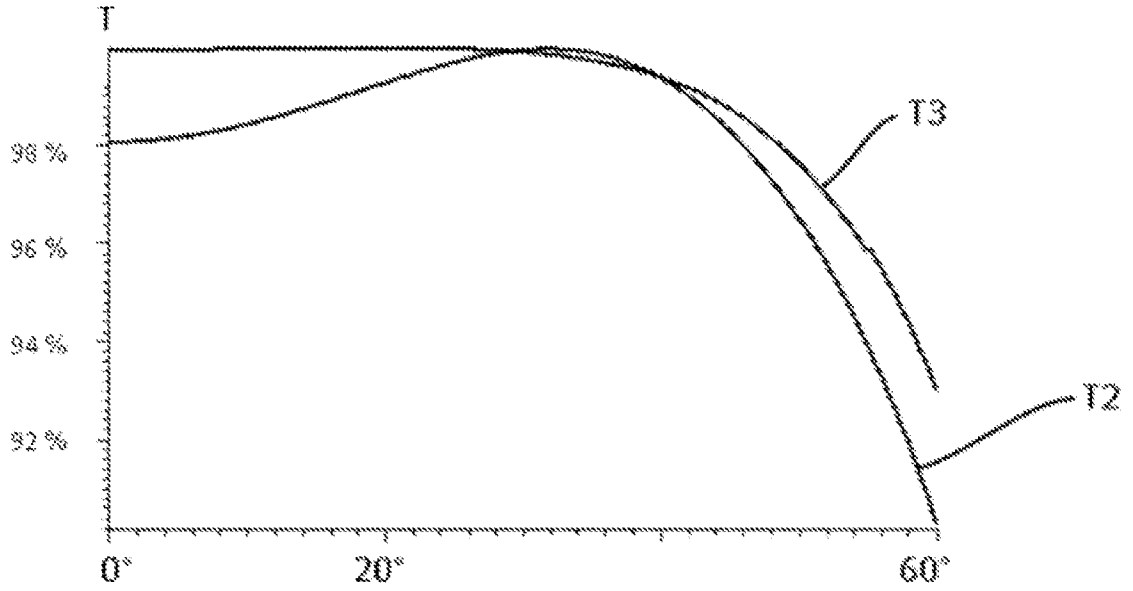
**Fig. 33**



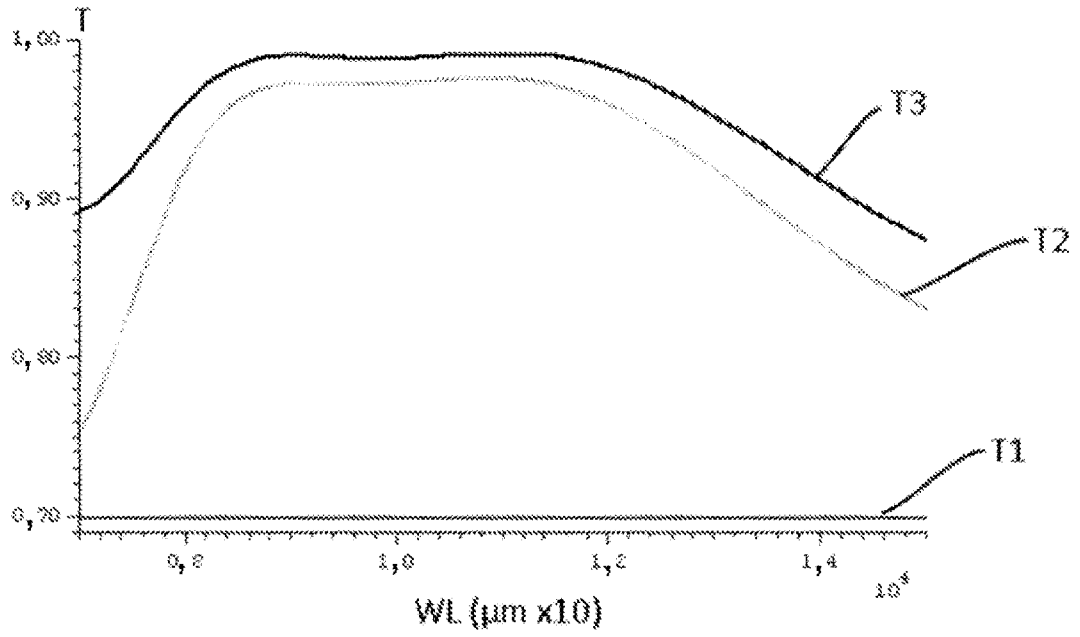
**Fig. 34**



**Fig. 35**



**Fig. 36**



**Fig. 37**

