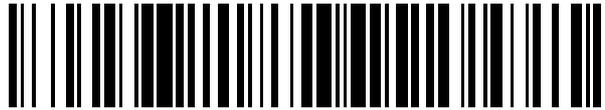


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 807 600**

51 Int. Cl.:

G02B 1/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.08.2017 PCT/IB2017/001156**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.02.2018 WO18029540**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.08.2017 E 17771862 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2020 EP 3497488**

54 Título: **Lente oftálmica que comprende un aditivo absorbente de la luz encapsulado**

30 Prioridad:

09.08.2016 EP 16306039

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

23.02.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**FROMENTIN, PIERRE;
LERTWATTANASERI, TIPPARAT;
PHOMPAN, WARANYA y
HOKPUTSA, SANYA**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 807 600 T3

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

DESCRIPCIÓN

Lente oftálmica que comprende un aditivo absorbente de la luz encapsulado

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a una lente oftálmica que absorbe eficazmente los rayos de luz, que comprende una composición derivada de un monómero u oligómero, un catalizador, al menos un aditivo absorbente de la luz contenido en nanopartículas que están dispersadas en dicho monómero u oligómero.

10

Antecedentes de la invención

La luz que alcanza el ojo humano y penetra en el mismo se divide en luz visible, que comprende longitudes de onda de aproximadamente 380 a 780 nm, y luz no visible, que incluye luz en el intervalo ultravioleta (luz UV-A y UV-B de aproximadamente 280 a 380 nm) y el intervalo infrarrojo (luz de IR cercano de aproximadamente 780 a 1400 nm).

15

Se sabe que la luz UV es dañina para el ojo humano. En particular, puede acelerar el envejecimiento ocular, lo que puede desembocar en una catarata precoz o en trastornos más extremos, tales como fotoqueratitis o «ceguera de la nieve».

20

La luz azul, también conocida como luz visible de alta energía (HEV), corresponde a la luz visible en la banda azul-violeta entre 380 y 500 nm. La exposición prolongada a la luz azul emitida por dispositivos digitales tales como televisores, ordenadores portátiles, tabletas y teléfonos inteligentes y la iluminación fluorescente y LED son dañina ya que la luz azul es capaz de alcanzar la retina. Se ha demostrado que algunos intervalos específicos de luz azul causan fotorretinitis; fatiga visual digital o síndrome visual informático que incluye visión borrosa, dificultad para enfocar, ojos secos e irritados, dolores de cabeza, dolor de cuello y espalda; alteración del ritmo circadiano; disminución de la producción de melanina; degeneración macular relacionada con la edad; glaucoma; enfermedades degenerativas de la retina; cáncer de mama y próstata; diabetes; cardiopatía; obesidad y depresión. Se cree que la luz azul en el intervalo de aproximadamente 420 a 450 nm es especialmente dañina.

25

30

Los daños causados por la luz ultravioleta y la luz azul se pueden prevenir mediante la incorporación de aditivos absorbentes de la luz en lentes oftálmicas.

35

Se pueden utilizar tres procedimientos diferentes para preparar lentes oftálmicas absorbentes de la luz. El primer procedimiento es la impregnación de una lente polimerizada en un baño que contiene un aditivo absorbente de la luz tal como se describe en la patente europea N° 1 085 349. Sin embargo, este procedimiento añade una etapa al proceso de producción de la lente, lo que no es deseable en términos de coste y de tiempo.

40

El segundo procedimiento es realizar un recubrimiento con una sustancia capaz de absorber los rayos de luz en la superficie de lentes oftálmicas tal como se divulga en la patente de Estados Unidos N° 5 949 518. No obstante, la incorporación de altas cantidades de aditivos absorbentes de la luz en un recubrimiento debilita sus propiedades mecánicas.

45

El tercer procedimiento es la incorporación de un aditivo absorbente de la luz en la formulación líquida en masa (es decir, antes de la polimerización) tal como se enseña en la patente europea N° 1 085 348. En este documento, una composición termoendurecible que comprende un monómero de bisalilcarbonato de dietilenglicol o de sulfuro de bis(β -epitiopropilo), peroxidicarbonato de diisopropilo como catalizador y 2-(2-hidroxi-4-octiloxifenil)-benzotriazol como aditivo absorbente de la luz se vierte en un molde para lentes y se calienta hasta su polimerización. No obstante, la lente obtenida mediante este procedimiento es propensa a amarillearse de forma no deseada debido a la degradación del aditivo absorbente de la luz.

50

El amarilleamiento de la lente es resultado de la interacción entre los radicales y el aditivo absorbente de la luz durante la polimerización. Este efecto de amarilleamiento es particularmente evidente cuando se utilizan altas concentraciones de catalizadores para iniciar la polimerización, especialmente con monómeros que tienen una reactividad débil tales como monómeros de alilo.

55

El amarilleamiento de la lente no es deseable por razones estéticas y porque puede afectar a la percepción del color por parte del usuario de las lentes y eventualmente disminuir la transmitancia de las lentes.

60

En particular, para lentes que absorben luz azul, se pueden superponer dos efectos de amarilleamiento. La interacción entre los radicales y el aditivo absorbente de la luz induce el amarilleamiento tal como se ha indicado anteriormente. Con respecto a la luz que pasa a través de la lente, se absorbe una parte de la luz azul, lo que da como resultado que la luz transmitida parezca amarillenta para el usuario de la lente.

El amarilleamiento de la lente podría evitarse si se usa menos catalizador, pero la polimerización no se completaría y las propiedades mecánicas de la lente no serían aceptables.

5 La solicitud de patente US 20120188503 divulga el uso de catalizadores suaves diferentes de los peroxodicarbonatos para asegurar que las propiedades absorbentes de un tinte de azaporfirina resistan el proceso de polimerización. Entre los peróxidos alternativos propuestos, se prefieren particularmente los peroxiésteres y los peracetales.

10 Patentes tales como los documentos EP2282713, EP2263788 y JP3347140 describen absorbentes de UV encapsulados en matrices minerales para aplicaciones cosméticas para proporcionar protección contra las quemaduras solares. Sin embargo, la gran cantidad de absorbentes de UV contenidos en las nanopartículas y en la composición cosmética no es compatible con una composición polimerizable líquida para la preparación de una lente oftálmica.

15 El documento US 2014/080972 A1 divulga en los ejemplos 4 y 5 una composición líquida polimerizable que comprende CR39®, TRIGONOX® y partículas nanométricas que comprenden un aditivo absorbente de la luz. Las composiciones polimerizables se utilizan para fabricar, por ejemplo, una lente oftálmica.

20 Por lo tanto, existe la necesidad de una lente oftálmica que tenga un espectro de absorción predeterminado que no se vea afectado durante la polimerización.

El solicitante ha descubierto que esta necesidad podría satisfacerse encapsulando un aditivo absorbente de la luz en nanopartículas que se dispersan en una composición termoendurecible.

25 Sumario de la invención

Un primer objeto de la presente invención es una lente oftálmica que comprende un sustrato compuesto que comprende:

30 - Una matriz obtenida por polimerización de al menos un monómero u oligómero alílico o no alílico en presencia de un catalizador para iniciar la polimerización de dicho monómero u oligómero; y

- Nanopartículas que contienen al menos un aditivo absorbente de la luz, estando dichas nanopartículas dispersadas en dicha matriz en la que:

35 -Las nanopartículas encapsulan un aditivo absorbente de la luz.

Preferentemente, el aditivo absorbente de la luz no es un tinte fotocromático.

40 La encapsulación del aditivo absorbente de la luz tiene muchas ventajas. Lo más importante es que permite usar una diversidad de compuestos que podrían haber interactuado de forma inadecuada con los monómeros, catalizadores y/o aditivos utilizados para formar la matriz. Dichas interacciones inadecuadas incluyen problemas de solubilidad, degradación, cambio de color, etc.

45 Por ejemplo, la encapsulación de un material sensible puede evitar que reaccione con la matriz que, en caso contrario, lo degradaría.

50 Las partículas minerales son un buen material de encapsulación para aditivos solubles en agua absorbentes de la luz. De hecho, estas partículas presentan una buena compatibilidad con medios apróticos tales como el monómero. La modificación de la superficie permite que estas partículas sean compatibles con la mayor parte de los medios. Esto permite el uso de aditivos absorbentes de la luz solubles en agua en disolventes hidrófobos o en una matriz hidrófoba.

55 En algunas aplicaciones tales como la transferencia de energía de resonancia de fluorescencia (FRET), los tintes deben mantenerse cerca uno del otro. La FRET es una técnica interesante que permite aumentar los desplazamientos de Stokes: la luz absorbida por un primer aditivo fluorescente absorbente de la luz A se reemite hacia un segundo aditivo absorbente de la luz B que puede absorber y reemitir la luz, induciendo así un cambio de longitud de onda. Para que ocurra esta transferencia, los aditivos absorbentes de luz A y B deben estar espacialmente lo suficientemente cerca como para permitir una polarización mutua, por lo tanto, una transferencia de energía. Dicha corta distancia se puede lograr mediante una concentración muy alta, que no es compatible con la mayor parte de los usos oftálmicos (ya sea en términos de coste, de propiedades mecánicas, de color o cosméticos). La encapsulación de ambos agentes proporciona la cercanía muy necesaria a una baja concentración de aditivo absorbente de la luz: por ejemplo, ambos agentes pueden estar atrapados en una única cápsula.

60 El mismo principio puede asegurar una alta concentración local de antioxidantes en la vecindad de un compuesto sensible absorbente de la luz.

65

La encapsulación del aditivo absorbente de la luz también puede permitir ajustar la absorción de luz. De hecho, los cambios en la composición de la matriz de nanopartículas, o en menor medida, la exposición a condiciones de recocido, pueden conducir a cambios en la longitud de onda de absorción del aditivo absorbente de la luz encapsulado, lo que puede permitir ajustar dicha longitud de onda de absorción modificando la matriz adecuadamente.

5 Otra ventaja de la encapsulación es que mejora la fotoestabilidad de la mayor parte de los compuestos.

10 El rendimiento cuántico de algunos aditivos absorbentes de luz fluorescentes aumenta intensamente cuando están ocultos en una nanopartícula. Cuando se acoplan a células fotoeléctricas, y a ópticas adecuadas (guías de onda, lentes que actúan como concentradoras de luz), dicho efecto podría permitir alimentar sistemas de gafas activos.

15 Por último, pero no menos importante, las nanopartículas se pueden considerar como un agente de estandarización: cualquiera que sea el aditivo absorbente de la luz encapsulado, la superficie externa de la nanopartícula que interactúa con el monómero puede ser la misma, permitiendo así la fácil introducción de un aditivo absorbente de la luz dado en una formulación si ya se ha introducido un sustrato similar en una formulación, incluso con un aditivo absorbente de la luz diferente.

20 En la presente invención, el agente absorbente de la luz preferentemente no es un tinte fotocromico. Por "tinte fotocromico" se entiende un tinte que, cuando se activa por UV-A o luz visible violeta en cualquier longitud de onda entre 315 y 420 nm es capaz de oscurecerse hasta tal punto que el factor de transmisión de luz visible disminuye significativamente. En realidad, los tintes fotocromicos tienen dos configuraciones moleculares diferentes. Tras la excitación por UV-A o luz visible violeta, los tintes fotocromicos sufren un cambio molecular, que requiere cierta flexibilidad en la matriz en la que están dispersados. Es muy difícil obtener dicha flexibilidad en nanopartículas.

25 Los agentes absorbentes de luz no fotocromicos no cambian la configuración molecular. La absorción de luz está asociada a las transiciones de energía en los orbitales moleculares, que casi no son sensibles a la matriz en la que están embebidos.

30 Un segundo objeto de la presente invención es un proceso para preparar la lente oftálmica de la invención, que comprende las etapas siguientes:

- a) proporcionar monómeros u oligómeros a partir de los cuales se puede preparar la matriz;
- 35 b) preparar nanopartículas que encapsulan un aditivo absorbente de la luz, ya sea en forma de un polvo que es dispersable en los monómeros u oligómeros o en forma de una dispersión de nanopartículas en un líquido que es dispersable en los monómeros u oligómeros;
- c) proporcionar un catalizador para iniciar la polimerización de dichos monómeros u oligómeros;
- 40 d) mezclar los monómeros u oligómeros, las nanopartículas y el catalizador para obtener una composición líquida polimerizable en la que están dispersadas las nanopartículas;
- e) opcionalmente depositar la composición líquida polimerizable sobre un sustrato;
- 45 f) curar la composición líquida polimerizable.

Descripción detallada

50 La lente oftálmica de la invención comprende una matriz polimérica y nanopartículas que están dispersadas en la misma, en la que las nanopartículas encapsulan un aditivo absorbente de la luz.

Preferentemente, el aditivo absorbente de la luz no es un tinte fotocromico.

55 La matriz polimérica (en el presente documento también llamada "matriz") se obtiene por polimerización de al menos un monómero u oligómero alílico o no alílico en presencia de un catalizador para iniciar la polimerización de dicho monómero u oligómero.

60 La matriz polimérica y las nanopartículas dispersadas en la misma forman así un sustrato compuesto, es decir, un material compuesto que tiene dos superficies principales correspondientes en la lente oftálmica final a las caras anterior y posterior de la misma.

En una forma de realización, la lente oftálmica consiste esencialmente en la matriz polimérica y las nanopartículas dispersadas en la misma.

En otra forma de realización, la lente oftálmica comprende un sustrato óptico sobre el que se deposita un recubrimiento de la matriz polimérica y las nanopartículas dispersadas en la misma.

La matriz polimérica es preferentemente una matriz transparente.

La matriz polimérica se puede elegir ventajosamente de entre una resina termoplástica, tal como una poliamida, una poliimida, una polisulfona, un policarbonato, un poli(tereftalato de etileno), un poli((met)acrilato de metilo), un triacetato de celulosa o copolímeros de los mismos, o se elige de entre una resina termoendurecible, tal como un copolímero de olefina cíclica, un homopolímero o copolímero de ésteres alílicos, un homopolímero o copolímero de carbonatos de alilo de polioles alifáticos o aromáticos lineales o ramificados, un homopolímero o copolímero de ácido (met)acrílico y sus ésteres, un homopolímero o copolímero de ácido tio(met)acrílico y sus ésteres, un homopolímero o copolímero de uretano y tiouretano, un homopolímero o copolímero de epoxi, un homopolímero o copolímero de sulfuro, un homopolímero o copolímero de disulfuro, un homopolímero o copolímero de episulfuro, un homopolímero o copolímero de tiol e isocianato, y combinaciones de los mismos.

El aditivo absorbente de la luz se elige preferentemente de entre un colorante, tal como un tinte o un pigmento, un aditivo incoloro absorbente de la luz o mezclas de los mismos. A continuación, se dan ejemplos de dichos aditivos absorbentes de la luz.

El coeficiente de absorción molar del aditivo absorbente de la luz es preferentemente superior a 5000, en su máxima absorción. En realidad, se prefiere un alto coeficiente de absorción molar ya que permite el uso de agentes absorbentes de la luz a una concentración muy baja para un buen rendimiento de atenuación. Como la concentración del agente absorbente de la luz en la matriz es función de la concentración de nanopartículas en la matriz y la carga de nanopartículas en el agente absorbente de la luz, un alto coeficiente de absorción molar limita las restricciones sobre la carga de nanopartículas, a veces difícil de aumentar, y limita la concentración de nanopartículas, que puede conducir a turbidez o debilidad mecánica de la lente oftálmica.

En una forma de realización, las nanopartículas tienen una composición homogénea de dentro hacia fuera en la que el aditivo absorbente de la luz está distribuido uniformemente. Esta característica permite un control agudo de las propiedades ópticas de las nanopartículas en general.

En otra forma de realización, las nanopartículas tienen un núcleo que contiene el aditivo absorbente de la luz y una cubierta que rodea el núcleo. La cubierta se elige preferentemente a fin de aislar el núcleo de la matriz. Como tal, la naturaleza de la cubierta se asociará preferentemente a la matriz en la que se pretende utilizar la partícula correspondiente.

Las nanopartículas pueden presentar una superficie externa que no comprende ningún compuesto orgánico.

Las nanopartículas pueden comprender un óxido mineral, tal como SiO₂, TiO₂, ZrO₂, Al₂O₃ o mezclas de los mismos.

El índice de refracción de las nanopartículas es preferentemente de 1,47 a 1,74, medido según la norma ISO 489:1999. De forma más preferida, el índice de refracción de las nanopartículas es idéntico al índice de refracción de la matriz polimérica. De hecho, cuanto más cerca se encuentren ambos índices de refracción, menor será el efecto de las nanopartículas sobre la transmisión general de la composición.

El tamaño de las nanopartículas es preferentemente de 1 nm a 10 µm, de forma más preferida de 10 nm a 5 µm, medido según el procedimiento de dispersión dinámica de la luz.

La cantidad de aditivo absorbente de la luz en las nanopartículas puede ser del 0,0001 al 90% en peso, en particular del 0,01 al 50% en peso, más particularmente del 0,1 al 10% en peso, con respecto al peso total de las nanopartículas.

La cantidad de nanopartículas en la matriz polimérica puede ser del 0,01 al 2% en peso, preferentemente del 0,05 al 1% en peso, con respecto al peso de la matriz polimérica.

La composición líquida polimerizable utilizada para generar la matriz mencionada anteriormente, denominada en lo sucesivo "la composición polimerizable" de la invención comprende un monómero u oligómero, un catalizador y nanopartículas que contienen un aditivo absorbente de la luz. Dicho monómero u oligómero puede ser un compuesto alílico o no alílico.

El monómero alílico u oligómero alílico incluido en la composición según la presente invención es un compuesto que comprende un grupo alilo.

Los ejemplos de compuesto alílico adecuado incluyen bis(alilcarbonato) de dietilenglicol, bis(alilcarbonato) de etilenglicol, oligómeros de bis(alilcarbonato) de dietilenglicol, oligómeros de bis(alilcarbonato) de etilenglicol,

bis(alilcarbonato) de bisfenol A, ftalatos de dialilo tales como ftalato de dialilo, isoftalato de dialilo y tereftalato de dialilo, y mezclas de los mismos.

Los ejemplos de compuestos no alílicos adecuados incluyen materiales termoendurecibles conocidos tales como monómeros acrílicos que tienen grupos acrílicos o metacrílicos. Los (met)acrilatos pueden ser (met)acrilatos monofuncionales o (met)acrilatos multifuncionales que tienen de 2 a 6 grupos (met)acrílicos o mezclas de los mismos. Sin limitación, los monómeros de (met)acrilato se seleccionan de entre:

- (met)acrilatos de alquilo, en particular

- (met)acrilatos derivados de adamantina, norborneno, isoborneno, ciclopentadieno o dicitopentadieno,
- (met)acrilatos de alquilo C1-C4 tales como (met)acrilato de metilo y (met)acrilato de etilo,

- (met)acrilatos aromáticos tales como (met)acrilato de bencilo, (met)acrilatos de fenoxi o (met)acrilatos de fluoreno

- (met)acrilatos derivados del bisfenol, especialmente bisfenol-A

- (met)acrilatos aromáticos polialcoxilados tales como los di(met)acrilatos de bisfenolato polietoxilados, (met)acrilatos de fenol polietoxilados,

- politio(met)acrilatos,

- producto de esterificación de ácidos alquil(met)acrílicos con polioles o epoxis,

- y mezclas de los mismos.

Los (met)acrilatos pueden funcionalizarse adicionalmente, especialmente con sustituyentes halógenos, epoxi, tioepoxi, hidroxilo, tiol, sulfuro, carbonato, uretano o isocianato.

Otros ejemplos de compuestos no alílicos adecuados incluyen materiales termoendurecibles utilizados para preparar matriz de poliuretano o politiouretano, es decir, una mezcla de monómero u oligómero que tiene al menos dos funciones isocianato con monómero u oligómero que tiene al menos dos funciones de alcohol, tiol o epitio.

El monómero u oligómero que tiene al menos dos funciones isocianato se puede seleccionar de entre diisocianato aromático simétrico tal como diisocianato de 2,2'-metilendifenilo (2,2'-MDI), diisocianato de 4,4'-dibencilo (4,4'-DBDI), diisocianato de 2,6-tolueno (2,6 TDI), diisocianato de xilileno (XDI), diisocianato de 4,4'-metilendifenilo (4,4' MDI) o diisocianato aromático asimétrico tal como diisocianato de 2,4'-metilendifenilo (2,4'-MDI), diisocianato de 2,4'-dibencilo (2,4'-DBDI), diisocianato de 2,4-tolueno (2,4-TDI) o diisocianatos alicíclicos tales como diisocianato de isofozona (IPDI), 2,5 (o 2,6)-bis(isocianatometil)-biciclo[2.2.1]heptano (NDI) o diisocianato de 4,4'-metilendiciclohexano (H12MDI) o diisocianatos alifáticos tales como diisocianato de hexametileno (HDI) o mezclas de los mismos.

El monómero u oligómero que tiene función tiol puede seleccionarse de entre tetraquis-mercaptopropionato de pentaeritritol, tetraquis-mercaptoacetato de pentaeritritol, 4-mercaptometil-3,6-ditia-1,8-octanoditiol, 4-mercaptometil-1,8-dimercapto-3,6-ditiaoctano, 2,5-dimercaptometil-1,4-ditiano, 2,5-bis[(2-mercaptoetil)tiometil]-1,4-ditiano, 4,8-dimercaptometil-1,11-dimercapto-3,6,9-tritiaundecano, 4,7-dimercaptometil-1,11-dimercapto-3,6,9-tritiaundecano, 5,7-dimercaptometil-1,11-dimercapto-3,6,9-tritiaundecano y mezclas de los mismos.

El monómero u oligómero que tiene función epitio puede seleccionarse de entre sulfuro de bis(2,3-epitiopropilo), disulfuro de bis(2,3-epitiopropilo) y sulfuro de bis[4-(beta-epitiopropiltio)fenilo], sulfuro de bis[4-(beta-epitiopropiloxi)ciclohexilo].

La composición líquida polimerizable utilizada para generar la matriz mencionada anteriormente comprende:

a) al menos un monómero u oligómero,

b) al menos un catalizador para iniciar la polimerización de dicho monómero u oligómero,

c) al menos un aditivo absorbente de la luz contenido en nanopartículas que están dispersadas en dicho monómero u oligómero.

Si el monómero u oligómero es de tipo alilo, la cantidad de dicho monómero u oligómero alílico en la composición polimerizable utilizada para generar la matriz según la presente invención puede ser del 20 al 99% en peso, en particular del 50 al 99% en peso, más particularmente del 80 al 98% en peso, aún más particularmente del 90 al 97% en peso, con respecto al peso total de la composición. En particular, la composición polimerizable utilizada para

generar la matriz puede comprender del 20 al 99% en peso, en particular del 50 al 99% en peso, más particularmente del 80 al 98% en peso, aún más particularmente del 90 al 97% en peso, con respecto al peso total de la composición, de bis(alilcarbonato) de dietilenglicol, oligómeros de bis(alilcarbonato) de dietilenglicol o mezclas de los mismos.

5 Según una forma de realización particular, el catalizador es peroxidicarbonato de diisopropilo (IPP).

La cantidad de catalizador en la composición polimerizable según la presente invención puede ser del 1,0 al 5,0% en peso, en particular del 2,5 al 4,5% en peso, más particularmente del 3,0 al 4,0% en peso, con respecto al peso total de la composición.

10 La composición polimerizable utilizada para generar la matriz también puede comprender un segundo monómero u oligómero que es capaz de polimerizarse con el monómero u oligómero alílico descrito anteriormente. Los ejemplos de un segundo monómero adecuado incluyen: compuestos de vinilo aromáticos tales como estireno, [alfa]-metilestireno, viniltolueno, cloroestireno, clorometilestireno y divinilbenceno; mono(met)acrilatos de alquilo tales como
 15 (met)acrilato de metilo, (met)acrilato de n-butilo, (met)acrilato de n-hexilo, (met)acrilato de ciclohexilo, (met)acrilato de 2-etilhexilo, (met)acrilato de metoxidietilenglicol, (met)acrilato de metoxipolietilenglicol, (met)acrilato de 3-cloro-2-hidroxi-2-propilo, (met)acrilato de estearilo, (met)acrilato de laurilo, (met)acrilato de fenilo, (met)acrilato de glicidilo y (met)acrilato de bencilo, (met)acrilato de 2-hidroxietilo, (met)acrilato de 2-hidroxi-2-propilo, (met)acrilato de 3-hidroxi-2-propilo, (met)acrilato de 3-fenoxi-2-hidroxi-2-propilo y (met)acrilato de 4-hidroxi-2-butilo; di(met)acrilatos tales como
 20 di(met)acrilato de etilenglicol, di(met)acrilato de dietilenglicol, di(met)acrilato de trietilenglicol, di(met)acrilato de polietilenglicol, di(met)acrilato de 1,3-butilenglicol, di(met)acrilato de 1,6-hexanodiol, di(met)acrilato de neopentilglicol, di(met)acrilato de polipropilenglicol, 2-hidroxi-1,3-di(met)acriloxipropano, 2,2-bis[4-((met)acriloxietoxi)fenil]propano, 2,2-bis[4-((met)acriloxidietoxi)fenil]propano y 2,2-bis[4-((met)acriloxipolietoxi)fenil]propano; tri(met)acrilatos tales como tri(met)acrilato de trimetilolpropano y tri(met)acrilato de tetrametilolmetano; tetra(met)acrilatos tales como
 25 tetra(met)acrilato de tetrametilolmetano. Estos monómeros se pueden utilizar solos o en combinaciones de dos o más. En la descripción anterior, "(met)acrilato" significa "metacrilato" o "acrilato", y "(met)acriloxi" significa "metacriloxi" o "acriloxi".

30 La cantidad del segundo monómero u oligómero en la composición polimerizable utilizada para generar la matriz según la presente invención puede ser del 1 al 80% en peso, en particular del 1 al 50% en peso, más particularmente del 2 al 20% en peso, aún más particularmente del 3 al 10% en peso, con respecto al peso total de la composición.

35 Si el monómero u oligómero es del tipo (met)acrílico, la cantidad de dicho monómero u oligómero (met)acrílico en la composición polimerizable utilizada para generar la matriz según la presente invención es del 20 al 99%, en particular del 50 al 99% en peso, más particularmente del 80 al 98%, aún más particularmente del 90 al 97% en peso, con respecto al peso total de la composición.

40 Ejemplos de monómeros (met)acrílicos son mono(met)acrilatos, di(met)acrilatos, tri(met)acrilatos o tetra(met)acrilatos de alquilo, tal como se han definido anteriormente. Estos monómeros se pueden utilizar solos o en combinaciones de dos o más.

45 La composición polimerizable utilizada para generar la matriz también puede comprender un segundo monómero u oligómero que es capaz de polimerizarse con el monómero u oligómero (met)acrílico descrito anteriormente. Los ejemplos de un segundo monómero adecuado incluyen: compuestos de vinilo aromáticos tales como estireno. Estos monómeros se pueden utilizar solos o en combinaciones de dos o más.

50 La cantidad del segundo monómero u oligómero en la composición polimerizable utilizada para generar la matriz según la presente invención puede ser del 1 al 80% en peso, en particular del 1 al 50% en peso, más particularmente del 2 al 20% en peso, aún más particularmente del 3 al 10% en peso, con respecto al peso total de la composición.

55 Si la matriz según la invención es de tipo poliuretano o politiouretano, el monómero u oligómero que tiene al menos dos funciones de isocianato y el monómero u oligómero que tiene al menos dos funciones de alcohol, tiol o epítio se seleccionan preferentemente en una relación estequiométrica a fin de obtener una reacción completa de todas las funciones polimerizables.

El catalizador incluido en la composición según la presente invención es un catalizador que es adecuado para iniciar la polimerización de los monómeros, tal como, por ejemplo, un peróxido orgánico, un compuesto azoico orgánico, un compuesto de organoestaño y mezclas de los mismos.

60 Los ejemplos de un peróxido orgánico adecuado incluyen peróxidos de dialquilo, tales como peróxido de diisopropilo y peróxido de di-t-butilo; peróxidos de cetona tales como peróxido de metilacetona, peróxido de metilisopropilcetona, peróxido de acetilacetona, peróxido de metilisobutilcetona y peróxido de ciclohexano; peroxidicarbonatos tales como peroxidicarbonato de diisopropilo, peroxidicarbonato de bis(4-t-butilciclohexilo), peroxidicarbonato de di-sec-butilo y peroxidicarbonato de isopropil-sec-butilo; peroxiésteres tales como peroxi-2-etilhexanoato de t-butilo y peroxi-2-etilhexanoato de t-hexilo; peróxidos de diacilo tales como peróxido de benzoilo, peróxido de acetilo y peróxido de

lauroílo; peroxicetales tales como 2,2-di(terc-butilperoxi)butano, 1,1-di(terc-butilperoxi)ciclohexano y 1,1-bis(terc-butilperoxi)-3,3,5-trimetilciclohexano; y mezclas de los mismos.

Los ejemplos de un compuesto azoico orgánico adecuado incluyen 2,2'-azobisisobutironitrilo, 2,2'-azobis (2-metilpropionato) de dimetilo, 2,2'-azobis-(2-metilbutironitrilo), 2,2'-azobis-(2,4-dimetilvaleronitrilo), 4,4'-azobis(ácido 4-cianopentanoico) y mezclas de los mismos.

Ejemplos de un compuesto de organoestaño adecuado son cloruro de dimetilestaño, cloruro de dibutilestaño y mezclas de los mismos.

El aditivo absorbente de la luz que está contenido en nanopartículas dispersadas en la composición según la presente invención es preferentemente un compuesto que es capaz de absorber luz ultravioleta, visible y/o infrarroja cercana.

En particular, el aditivo absorbente de la luz puede seleccionarse del grupo que consiste en un colorante, tal como un tinte o un pigmento; un aditivo incoloro absorbente de la luz; y mezclas de los mismos. Ejemplos adecuados de tintes, pigmentos y colorantes son compuestos que pertenecen a las familias azoica o de rodamina o de cianina o de polimetina o de merocianina o de fluoresceína o de pirilio o de porfirina o de ftalocianina o de perileno o de cumarina o de acridina o de indolenina o de indol-2-ilideno o de benzantrona o de antrapiridimidina o de benzotriazol o de benzofenona o de antraquinona o de triazina o de oxalanilida; complejos metálicos tales como criptatos o quelatos de tierras raras; aluminatos, silicatos y aluminosilicatos.

En una forma de realización específica, los colorantes y los aditivos absorbentes de la luz incoloros son absorbentes de luz azul, es decir, absorben luz visible en la banda azul-violeta entre 380 y 500 nm. Esta absorción puede ser específica, con un absorbente selectivo que tenga un pico de absorción en la banda entre 380 y 500 nm. Esta absorción también puede ser inespecífica, pero vinculada al efecto secundario de una amplia banda de absorción de un absorbente de UV.

Cuando el aditivo absorbente de la luz es un absorbente de luz azul, la lente oftálmica resultante puede caracterizarse con una transmitancia de luz media a lo largo de un intervalo específico de luz azul, en particular a lo largo de un intervalo de 420 nm a 450 nm. Preferentemente, el absorbente de luz azul se elige de modo que la lente oftálmica obtenida de la composición polimerizable de la presente invención tenga una transmisión de luz media en el intervalo de 420 nm a 450 nm (en adelante %TB) inferior al 85%, de forma más preferida inferior a 75%.

Según una forma de realización particular, el absorbente de luz azul incluido en la composición según la presente invención es una metaloporfirina hidrófoba, en particular una metaloporfirina hidrófoba.

Según otra forma de realización, el absorbente de la luz azul incluido en la composición según la presente invención es auramina O; cumarina 343; cumarina 314; proflavina; nitrobenzoxadiazol; lucifer amarillo CH; 9,10-bis(feniletinil)-antraceno; clorofila a; clorofila b; 4-(dicianometilen)-2-metil-6-(4-dimetilaminoestiril)-4H-pirano; yoduro de 2-[4-(dimetilamino)estiril]-1-metilpiridinio, yoduro de 3,3'-dietiloxacarbocianina, luteína, zeaxantina, beta-caroteno o licopeno o perileno; y mezclas de los mismos.

Según otra forma de realización, el absorbente de luz azul incluido en la composición según la presente invención es una porfirina o un derivado de la misma. Algunos ejemplos de porfirinas incluyen el complejo de sal de sodio de 5,10,15,20-tetraquis(4-sulfonatofenil)porfirina; el complejo de 5,10,15,20-tetraquis(N-alquil-4-piridil)porfirina; el complejo de 5,10,15,20-tetraquis(N-alquil-3-piridil)porfirina de metal y el complejo de 5,10,15,20-tetraquis(N-alquil-2-piridil)porfirina, y mezclas de los mismos, en las que el alquilo se selecciona de entre metilo, etilo, butilo y/o propilo. Todas estas porfirinas muestran muy buena solubilidad en agua y son estables hasta 300 °C. Otros ejemplos de porfirinas incluyen tetrafenilporfirina diprotonada, octaetilporfirina de magnesio, tetramesitilporfirina de magnesio, tetraquis(2,6-diclorofenil)porfirina, tetraquis(o-aminofenil)porfirina, tetramesitilporfirina, tetramesitilporfirina de zinc, tetrafenilporfirina de zinc, sal tetrasódica de meso-tetra(4-sulfonatofenil)porfina de Mg(II), tetraquis(metocloruro) de cloruro de 5,10,15,20-tetra(4-piridil)-21H,23H-porfirina de manganeso(III), cloruro de 5,10,15,20-tetraquis(4-sulfonatofenil)-21H,23H-porfina de manganeso(III), 5,10,15,20-tetraquis(4-sulfonatofenil)-porfina-Cu(II), cloruro de 2,3,7,8,12,13,17,18-octaetil-21H,23H-porfina de manganeso(III), tetraquis(metocloruro) de zinc de 5,10,15,20-tetra(4-piridil)-21H,23H-porfina, 5,10,15,20-tetraquis(4-metoxifenil)-21H,23H-porfina-cobalto(II), 5,10,15,20-tetraquis(4-metoxifenil)-21H,23H-porfina, cloruro de 5,10,15,20-tetraquis(4-metoxifenil)-21H,23H-porfina de hierro(III), tetraquis(metocloruro) de zinc de 5,10,15,20-tetra(4-piridil)-21H,23H-porfina, tetra(p-toluenosulfonato) de 5,10,15,20-tetraquis(1-metil-4-piridinio)porfirina, 5,10,15,20-tetraquis(4-hidroxifenil)-21H,23H-porfina, 4,4',4'',4'''-(porfina-5,10,15,20-tetra)tetraquis(ácido benzoico).

Según otra forma de realización, el absorbente de la luz azul incluido en la composición según la presente invención es un complejo metálico en el que el metal puede ser Cr(III), Ag(II), In(III), Mg(II), Mn(III), Sn(IV), Fe(III) o Zn(II). Los complejos metálicos basados en Cr(III), Ag(II), In(III), Mn(III), Sn(IV), Fe(III) o Zn(II) tienen, en particular, la ventaja de que no son sensibles a ácidos y proporcionan complejos más estables ya que no perderán el metal a pH < 6.

En una forma de realización particular, los colorantes y los aditivos absorbentes de la luz incoloros son absorbentes de UV, es decir, absorben la luz UV en la banda por debajo de 380 nm. Cuando el aditivo absorbente de la luz absorbe los rayos UV, la lente oftálmica resultante presenta un corte UV. Por "corte UV" se entiende la longitud de onda más alta para la cual la transmitancia es inferior al 1%, medida según el procedimiento descrito en el presente documento.

5 Preferentemente, el absorbente de UV se elige de modo que la lente oftálmica obtenida de la composición polimerizable de la presente invención tenga un corte por UV de al menos 380 nm.

Según una forma de realización particular, el absorbente de UV incluido en la composición según la presente invención es un benzotriazol, una benzofenona, una triazina, una oxalanilida y mezclas de los mismos.

10 En una forma de realización particular, los colorantes y aditivos absorbentes de luz incoloros son absorbentes de infrarrojo cercano (NIR), es decir, absorben luz infrarroja en la banda de aproximadamente 780 nm a aproximadamente 1400 nm. Especialmente, las semiquinonas o un complejo de rutenio de valencia mixta dinuclear son absorbentes de NIR adecuados.

15 La cantidad de aditivo absorbente de la luz en las nanopartículas es del 0,0001 al 90% en peso, en particular del 0,01 al 50% en peso, más particularmente del 0,1 al 10% en peso, con respecto al peso de las nanopartículas.

20 Según la invención, el aditivo de absorción de luz está encapsulado en nanopartículas que están dispersadas en la composición según la presente invención, es decir, el aditivo de absorción de luz está contenido o injertado en dichas nanopartículas.

25 Las nanopartículas se comportan como depósitos, en los que se almacenan y se protegen aditivos absorbentes de la luz. Los aditivos absorbentes de la luz pueden dispersarse homogéneamente en nanopartículas o ubicarse en el núcleo de las nanopartículas. Los aditivos absorbentes de luz también pueden ubicarse en la superficie o dentro de la porosidad de las nanopartículas.

30 De hecho, los reactantes activos de la composición según la invención, es decir, los radicales implicados en la polimerización por radicales, no podrán difundirse en la parte interior de las nanopartículas. Si los aditivos absorbentes de la luz se encuentran en la superficie o en la porosidad de las nanopartículas, los reactantes activos pueden alcanzarlos, pero a medida que se dificulta la movilidad de los aditivos injertados o atrapados, la probabilidad de reacción disminuye y, además, los aditivos están protegidos.

35 En el contexto de la presente invención, el término "nanopartículas" significa partículas individualizadas de cualquier forma que tengan un tamaño, medido en su dirección más larga, en el intervalo de 1 nm a 10 μ m, preferentemente en el intervalo de 10 nm a 5 μ m, medido por el procedimiento de dispersión dinámica de la luz descrito en el presente documento.

40 Las nanopartículas de la presente invención están basadas en polímeros, es decir, comprenden un polímero, o están basadas en minerales, es decir, comprenden un óxido mineral.

En una forma de realización preferida, el polímero u óxido mineral comprendido en las nanopartículas es un material transparente.

45 Según una primera forma de realización, las nanopartículas que se dispersan en la composición según la presente invención comprenden un polímero.

50 Las nanopartículas basadas en polímeros pueden ser de varios tipos, como por ejemplo nanopartículas de látex, nanopartículas de núcleo-cubierta, nanopartículas en las que están injertados aditivos absorbentes de luz, nanopartículas de dendrímero, nanopartículas que comprenden un polímero que tiene un punto de fusión superior a 120 °C. La nanopartícula basada en polímero puede estar además recubierta con una capa protectora.

55 Preferentemente, dichas nanopartículas basadas en polímeros comprenden un polímero seleccionado del grupo que consiste en un polímero acrílico, un polímero vinílico, un polímero alílico y mezclas de los mismos. Preferentemente, las nanopartículas basadas en polímeros comprenden un polímero acrílico, de forma más preferida un copolímero de metacrilato de metilo y dimetacrilato de etilenglicol.

60 Las nanopartículas basadas en polímeros se pueden preparar mediante evaporación del disolvente, nanoprecipitación, polimerización en emulsión, polimerización interfacial, secado por pulverización y coacervación. Preferentemente, las nanopartículas basadas en polímeros se preparan mediante polimerización en emulsión, tal como polimerización en miniemulsión o microemulsión.

65 Las nanopartículas basadas en polímeros que contienen un aditivo absorbente de la luz se pueden preparar mediante polimerización en emulsión mezclando un disolvente tal como agua; un aditivo absorbente de la luz, un monómero tal como un monómero acrílico, un monómero vinílico, un monómero alílico y mezclas de los mismos; un catalizador

- 5 suave tal como un compuesto azoico orgánico, una sal de peroxodisulfato, un peroxiéster o un percat; al menos un tensioactivo, preferentemente un tensioactivo iónico tal como dodecilsulfonato de sodio; y opcionalmente un agente reticulante. El uso de un tensioactivo iónico ayuda ventajosamente a evitar la coalescencia de las gotitas de monómero durante la polimerización y la agregación de las nanopartículas después de la polimerización debido a la repulsión iónica. El uso de un catalizador suave previene ventajosamente la degradación del aditivo absorbente de la luz que se produce con catalizadores fuertes tales como peroxidicarbonatos. El uso de un agente reticulante densifica ventajosamente la nanopartícula evitando así la fuga del aditivo adsorbente de la luz fuera de la nanopartícula y evitando la migración de un radical dentro de la nanopartícula durante la polimerización de la lente.
- 10 En algunas formas de realización, el aditivo absorbente de la luz puede ser copolimerizable dentro de las nanopartículas basadas en polímeros. Por "copolimerizable", se entiende que el aditivo absorbente de la luz contiene un grupo reactivo, tal como una insaturación o un grupo funcional, pudiendo dicho grupo reactivo establecer un enlace covalente con el material utilizado para preparar las nanopartículas basadas en polímeros.
- 15 Según una segunda forma de realización, las nanopartículas que están dispersadas en la composición según la presente invención comprenden un óxido mineral. Preferentemente, dichas nanopartículas basadas en minerales comprenden un óxido mineral seleccionado en el grupo que consiste en SiO₂, TiO₂, ZrO₂, Al₂O₃ y mezclas de los mismos.
- 20 Las nanopartículas basadas en minerales se pueden preparar mediante síntesis de Stöber o microemulsión inversa.
- 25 Las nanopartículas de sílice que contienen un aditivo absorbente de la luz se pueden preparar mediante síntesis de Stöber mezclando ortosilicato de tetraetilo y el aditivo absorbente de la luz en un exceso de agua que contiene un alcohol de baja masa molar tal como etanol y amoniaco. En el enfoque de Stöber, el aditivo absorbente de la luz debe funcionalizarse para poder establecer un enlace covalente con sílice, por ejemplo, sililarse con un silano convencional, preferentemente un alcóxilano. La síntesis de Stöber produce ventajosamente partículas de SiO₂ monodispersadas de tamaño controlable.
- 30 Las nanopartículas de sílice o sílice-óxido metálico que contienen un aditivo absorbente de la luz se pueden preparar mediante microemulsión inversa (agua en aceite) mezclando una fase oleosa, tal como ciclohexano y n-hexanol; agua; un tensioactivo tal como Triton X-100; un aditivo absorbente de la luz, uno o más precursores de óxido mineral tales como ortosilicato de tetraetilo, alcóxilato de titanio y alcóxido de aluminio; y un agente de ajuste del pH tal como hidróxido de sodio. En el enfoque de microemulsión inversa, se puede encapsular una mayor cantidad de aditivos polares absorbentes de la luz en la matriz de óxido mineral que los encapsulados con la síntesis de Stöber: el rendimiento de encapsulación puede ser muy alto, evitando así el desperdicio de costosos aditivos absorbentes de la luz. Además, este procedimiento permite ventajosamente un control fácil del tamaño de partícula, especialmente en el caso de microemulsiones inversas. Además, este procedimiento permite la adición de TiO₂, ZrO₂ o Al₂O₃ en las nanopartículas de sílice.
- 35
- 40 Las nanopartículas basadas en minerales obtenidas por síntesis de Stöber y microemulsión inversa (agua en aceite) están altamente reticuladas y recubiertas con grupos de sílice hidrófobos, evitando así la fuga del aditivo adsorbente de la nanopartícula y evitando la migración de un radical dentro de la nanopartícula durante la polimerización de la lente.
- 45 En una forma de realización preferida, el índice de refracción de las nanopartículas es de 1,47 a 1,56, preferentemente el índice de refracción de las nanopartículas es idéntico al índice de refracción del monómero u oligómero polimerizado, medido según la norma ISO 489: 1999. De hecho, cuando el índice de refracción de las nanopartículas es cercano al del monómero u oligómero polimerizado, la lente oftálmica muestra menos dispersión de luz y, por lo tanto, menos reducción de la intensidad de la luz y/o turbidez.
- 50
- 55 El índice de refracción de las nanopartículas basadas en polímeros depende del tipo de monómero o mezcla de monómeros que se utiliza para preparar la nanopartícula. Como tal, el índice de refracción de una nanopartícula alílica es de 1,5 y el índice de refracción de una nanopartícula acrílica o vinílica puede aumentarse copolimerizando el monómero acrílico o vinílico con un monómero que contiene un grupo aromático.
- 60 El índice de refracción de las nanopartículas basadas en minerales depende del tipo de óxido mineral o mezcla de óxidos minerales que se utilice para preparar la nanopartícula. Como tal, el índice de refracción de una nanopartícula de SiO₂ es de 1,47-1,5 y el índice de refracción de una nanopartícula que comprende una mezcla de SiO₂ y TiO₂, una mezcla de SiO₂ y ZrO₂ o una mezcla de SiO₂ y Al₂O₃ puede llegar a 1,56.
- 65 Ventajosamente, las nanopartículas muestran un tamaño de 1 nm a 10 µm, preferentemente de 10 nm a 5 µm, medido según el procedimiento de dispersión dinámica de la luz. De hecho, cuando el tamaño de las nanopartículas es inferior a 10 µm, la lente oftálmica muestra menos dispersión de luz y, por lo tanto, menos reducción de la intensidad de la luz. Dichas nanopartículas pueden obtenerse directamente por polimerización en microemulsión o reduciendo su tamaño con una etapa de molido.

La cantidad de nanopartículas en la composición es del 0,01 al 2% en peso, preferentemente del 0,05 al 1% en peso, con respecto al peso de la composición.

5 *Proceso para preparar una composición polimerizable líquida y una lente oftálmica*

El proceso llevado a cabo para preparar la lente oftálmica según la invención comprende las etapas siguientes:

- 10 a) proporcionar monómeros u oligómeros a partir de los cuales se puede preparar la matriz;
- b) preparar nanopartículas que encapsulan un aditivo absorbente de la luz, ya sea en forma de un polvo que es dispersable en los monómeros u oligómeros o en forma de una dispersión de nanopartículas en un líquido que es dispersable en los monómeros u oligómeros;
- 15 c) proporcionar un catalizador para iniciar la polimerización de dichos monómeros u oligómeros;
- d) mezclar los monómeros u oligómeros, las nanopartículas y el catalizador para obtener una composición líquida polimerizable en la que están dispersadas las nanopartículas;
- 20 e) opcionalmente depositar la composición líquida polimerizable sobre un sustrato;
- f) curar la composición líquida polimerizable.

Preferentemente, el curado es un curado térmico.

25 Tal como se utiliza en el presente documento, un recubrimiento que se dice que se deposita sobre la superficie de un sustrato se define como un recubrimiento que (i) está situado por encima del sustrato, (ii) no está necesariamente en contacto con el sustrato, es decir pueden estar dispuestas una o más capas intermedias entre el sustrato y la capa en cuestión, y (iii) no cubre necesariamente completamente el sustrato.

30 Se puede depositar o formar un recubrimiento por medio de diversos procedimientos, que incluyen procesamiento en húmedo, procesamiento gaseoso y transferencia de película.

35 Según una forma de realización preferida, la composición puede agitarse hasta que sea homogénea y posteriormente desgasificarse y/o filtrarse antes del curado.

Según una forma de realización preferida, cuando se proporcionan nanopartículas en forma de dispersión en un líquido, en el que el líquido dispersante es dispersable dentro de un monómero u oligómero, el líquido dispersante, en particular, es el monómero u oligómero utilizado para generar la matriz según la invención.

40 La composición polimerizable de la presente invención descrita anteriormente puede fundirse en un molde de fundición para formar una lente y polimerizarse calentando a una temperatura de 40 a 130 °C, en particular de 75 °C a 105 °C o en particular de 100 °C a 150 °C o, en particular, de 45 a 95 °C. Según una forma de realización preferida, el calentamiento puede durar de 5 a 24 horas, preferentemente de 7 a 22 horas, de forma más preferida de 15 a 20 horas.

El molde de fundición se puede desmontar y la lente se puede limpiar con agua, etanol o isopropanol.

50 La lente oftálmica se puede recubrir con uno o más recubrimientos funcionales seleccionados del grupo que consiste en un recubrimiento antiabrasión, un recubrimiento antirreflectante, un recubrimiento antiincrustamiento, un recubrimiento antiestático, un recubrimiento antivaho, un recubrimiento polarizante, un recubrimiento teñido y un recubrimiento fotocromico.

55 La lente oftálmica se define en el presente documento como una lente que está diseñada para ajustarse a un marco de gafas a fin de proteger el ojo y/o corregir la vista. Dicha lente oftálmica puede ser una lente oftálmica no correctora (también llamada lente plana o afocal) o una lente oftálmica correctora. La lente correctora puede ser una lente unifocal, bifocal, trifocal o progresiva.

60 *Uso de un aditivo absorbente de la luz contenido en nanopartículas*

La presente invención también se refiere al uso de un aditivo absorbente de la luz contenido en nanopartículas para prevenir la degradación de dicho aditivo absorbente de la luz por un catalizador para iniciar la polimerización de un monómero u oligómero. La prevención de la degradación del aditivo absorbente de la luz por el catalizador se puede evaluar comparando el espectro de absorción de la composición antes de la polimerización con el de la lente oftálmica después de la polimerización. Si los espectros de absorción muestran la misma reducción de transmitancia para la

longitud de onda de absorción máxima del aditivo absorbente de la luz, se puede suponer que el aditivo absorbente de la luz no se degrada por el catalizador durante la polimerización.

5 Según una forma de realización preferida, el uso de un aditivo absorbente de la luz contenido en nanopartículas evita el amarilleamiento de la lente oftálmica curada. De hecho, la degradación del aditivo absorbente de la luz por el catalizador durante la polimerización genera un producto de degradación que da como resultado un amarilleamiento no deseado de la lente. El índice de amarilleamiento (YI) de la lente oftálmica curada se puede medir según la norma ASTM D-1925.

10 La invención se describirá ahora con más detalle con los ejemplos siguientes que se proporcionan con fines puramente ilustrativos y que no pretenden limitar el alcance de la invención de ninguna forma.

Ejemplos

15 Figuras

La figura 1 es un gráfico de transmitancia en función de la longitud de onda para una composición que comprende un aditivo absorbente de la luz (OMNISTAB™ 47, longitud de onda de absorción máxima a 424 nm) en nanopartículas basadas en polímero antes de la polimerización (línea de puntos) y después de la polimerización (línea continua).

20 La figura 2 es un gráfico de transmitancia en función de la longitud de onda para una lente con un aditivo absorbente de la luz no encapsulado (línea de puntos) y un aditivo absorbente de la luz encapsulado en nanopartículas basadas en polímero (línea continua).

25 *Procedimientos de medición*

Las medidas siguientes se llevan a cabo en una lente que tiene un espesor de 2 mm en su centro y que se ha limpiado con alcohol isopropílico.

30 La transmitancia de luz promedio (o media) en un intervalo de 420-450 nm (%TB) se calcula a partir de la curva de transmitancia medida según la norma ISO 8980-3-2003.

35 El tamaño de las nanopartículas se mide mediante el procedimiento estándar de dispersión dinámica de la luz. La técnica mide las fluctuaciones dependientes del tiempo en la intensidad de la luz dispersada de una suspensión de nanopartículas que experimentan un movimiento browniano aleatorio. El análisis de estas fluctuaciones de intensidad permite la determinación de los coeficientes de difusión, que, utilizando la relación de Stokes-Einstein, se pueden expresar como el tamaño de partícula.

40 El índice de turbidez se mide mediante la medición de transmisión de luz utilizando el medidor de turbidez Haze-Guard Plus® de BYK-Gardner (un medidor de diferencia de color) según el procedimiento de la norma ASTM D1003-00. Todas las referencias a los valores de "turbidez" en la presente solicitud son según esta norma. El instrumento se calibra en primer lugar según las instrucciones del fabricante. A continuación, la muestra se dispone en el haz de luz de transmisión del medidor precalibrado y se registra el índice de turbidez desde tres ubicaciones del espécimen diferentes y se promedia.

45 Los coeficientes colorimétricos de las lentes de la invención se miden según el sistema colorimétrico internacional CIE L*a*b*, es decir, se calcula entre 380 y 780 nm, teniendo en cuenta el iluminante estándar D 65 con un ángulo de incidencia de 15° y el observador (ángulo de 10°).

50

Materiales

En los ejemplos se utilizan los compuestos siguientes:

5

Componente	Número CAS	Función
CR-39®	142-22-3	Monómero alílico
CR-39E®	Patentado	Monómero alílico (tal como se divulga en el documento US7214754)
IPP	105-64-6	Catalizador
SK-1.60 Monómero de resina óptica (Proveedor Jiangsu Shikexincai Co., Ltd.)	Patentado	Composición que comprende: - acrilato de epoxi - estireno Correspondiente al monómero acrílico.
2,2'-Azodi-(2-metilbutironitrilo)	13472-08-7	Catalizador
2,5 (o 2,6)-bis(isocianatometil)-biciclo[2.2.1]heptano	74091-64-8	Monómero de isocianato
Tetraquis-mercaptopropionato de pentaeritritol	7575-23-7	Monómero de tiol
4-Mercaptometil-3,6-ditia-1,8-octanoditiol	131538-00-6	Monómero de tiol
Cloruro de dimetilo (DMC)	753-73-1	Catalizador
Metacrilato de metilo	80-62-6	Monómero para preparar nanopartículas basadas en polímero
Dimetacrilato de etilenglicol	97-90-5	Agente reticulante para preparar nanopartículas basadas en polímero
2,2'-Azobis(2,4-dimetilvaleronitrilo) (AIVN)	4419-11-8	Catalizador
Ortosilicato de tetraetilo (TEOS)	78-10-4	Precursor de nanopartículas basadas en minerales
Ortotitanato de tetrabutilo (TBOT)	5593-70-4	Precursor de nanopartículas basadas en minerales de alto índice
Dodecilsulfato de sodio (SDS)	151-21-3	Tensioactivo iónico
Triton X-100	9002-93-1	Tensioactivo
Zelec-UN (Proveedor Mitsui Chemical)	Patentado	Agente de desmoldeo

Ejemplo 1: Preparación de nanopartículas basadas en polímeros que contienen un aditivo absorbente de la luz mediante polimerización en miniemulsión

- 10 Se prepara una mezcla de monómeros (5 g) a partir de metacrilato de metilo y dimetacrilato de etilenglicol en una relación en peso de 50:50, y se disuelve OMNISTAB™ 47 (10 mg, disponible en Deltachem Co. Ltd.) en esta mezcla de monómeros. Esta mezcla se añade gota a gota a 50 ml de una solución acuosa que contiene SDS (0,5 g) y AIVN (0,05 g) a 80 °C en atmósfera de nitrógeno. Después de completar la adición de la mezcla de monómeros, la mezcla, a continuación, se mezcla durante 2 horas adicionales a 80 °C, después se centrifuga, se lava con etanol y se seca.
- 15 Las nanopartículas tienen un tamaño en el intervalo de 200 nm a 1000 nm y un índice de refracción de 1,5.

Las nanopartículas se dispersan en CR39® (12,5% en peso de nanopartículas en monómero) para preparar una mezcla maestra (Master 1).

- 20 **Ejemplo 2:** Preparación de nanopartículas basadas en minerales que contienen un aditivo absorbente de la luz mediante microemulsión inversa, con un índice de refracción de aproximadamente 1,47.

- Ej. 2a: Una mezcla de ciclohexano (7,5 ml), n-hexanol (1,8 ml), Triton X-100 (1,5 g), OMNISTAB™ 47 (40 mg, disponible de Deltachem Co; Ltd), TEOS (0,1 ml) e hidróxido de amonio al 30% (0,06 ml) se mezcla durante 24 h.
- 25 Después se añade acetona y las partículas se recogen por centrifugación, se lavan con etanol y se secan. Las

nanopartículas tienen un tamaño monodisperso centrado en 100 nm y un índice de refracción correspondiente a sílice precipitada de aproximadamente 1,47.

5 Las nanopartículas se dispersan en CR-39® (12,5% en peso de nanopartículas en monómero) para preparar una mezcla maestra (Master 2a).

10 Ej. 2b: Se mezclan 7,56 g de Triton X-100, 5,86 g de hexan-1-ol, 23,46 g de ciclohexano, 1,6 ml de agua desionizada, 0,32 ml de solución de azul de metileno (CAS: 61-73-4, solución al 1% en peso en agua) que es el aditivo absorbente de la luz, 0,4 ml de TEOS y 0,24 ml de solución de hidróxido de amonio al 30% en agua y se agitan a temperatura ambiente durante 24 h.

15 Después de 24 h, se añade un volumen de acetona (alrededor de 50 ml) a la solución obtenida, y las partículas se recogen por centrifugación, se lavan con acetona o agua, se secan durante la noche a temperatura ambiente y se recuecen en un horno a 80 °C durante 3 horas.

20 Después se vuelven a dispersar 0,2 g de las nanopartículas minerales secas obtenidas con agitación magnética en aproximadamente 20 ml de acetona y perlas de circonio que tienen un tamaño de 1 mm como agentes de molido. La mezcla finalmente se filtra para eliminar las perlas de circonio. Después se añaden 99,8 g de CR-39® y la acetona se elimina al vacío para obtener una mezcla maestra (Master 2b).

25 Ej. 2c: Se mezclan 7,56 g de Triton X-100, 30 ml de hexan-1-ol, 7,2 ml de ciclohexano, 1,6 ml de agua desionizada, 0,32 ml de solución de azul de metileno (CAS: 61-73-4, solución al 1% en peso en agua), que es el aditivo absorbente de la luz, 0,4 ml de TEOS y 0,24 ml de solución de hidróxido de amonio al 30% en agua y se agitan a temperatura ambiente durante 24 h.

30 Después de 24 h, se añade un volumen de acetona (aproximadamente 50 ml) a la solución obtenida, y las partículas se recogen por centrifugación, se lavan con acetona o agua, se secan durante la noche a temperatura ambiente. Las nanopartículas tienen un tamaño monodisperso de 100 nm y un índice de refracción correspondiente a la sílice precipitada de aproximadamente 1,47.

Las nanopartículas se dispersan en CR-39® como en el ejemplo 2b, para preparar una mezcla maestra (Master 2c).

35 Ej. 2d: Se reprodujo el Ej. 2c (Master 2d), excepto que se utilizaron 1,76 ml de agua desionizada en lugar de 1,6 ml y 7,4 g de Triton X-100 en lugar de 7,54 g. Las nanopartículas tienen un tamaño monodisperso de 80 nm.

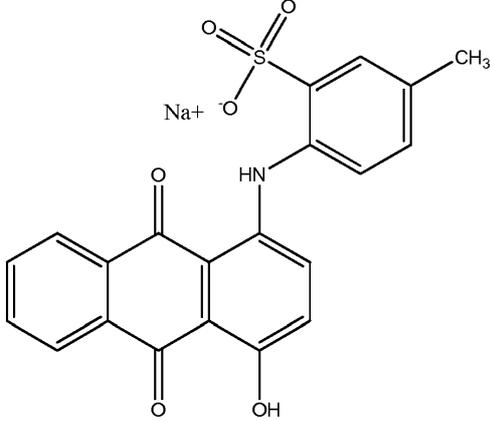
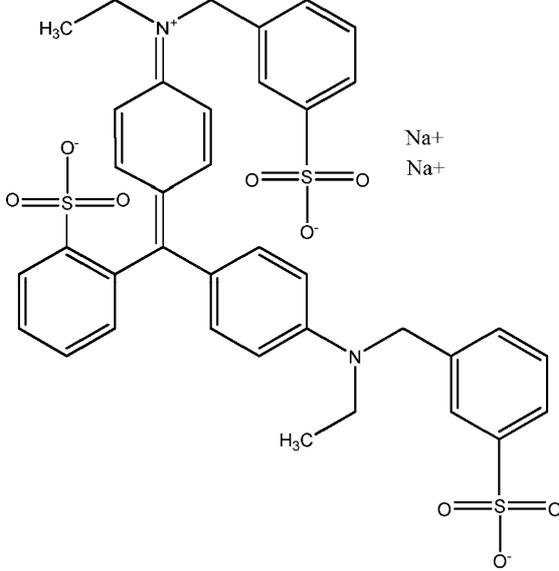
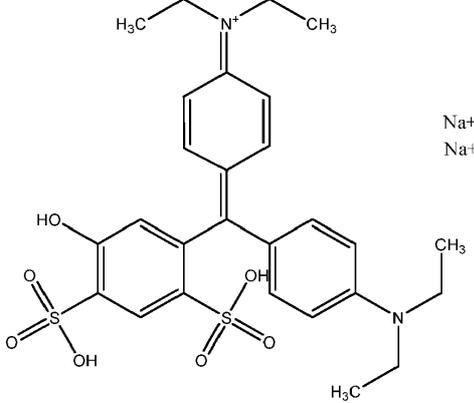
Ej. 2e: Se reprodujo el Ej. 2c (Master 2e), excepto que se utilizaron 2,16 ml de agua desionizada en lugar de 1,6 ml y 7 g de Triton X-100 en lugar de 7,54 g. Las nanopartículas tienen un tamaño monodisperso de 50 nm.

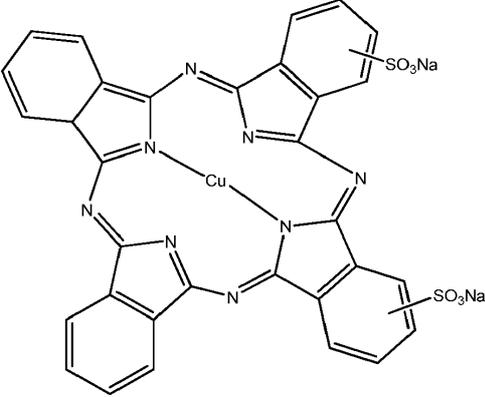
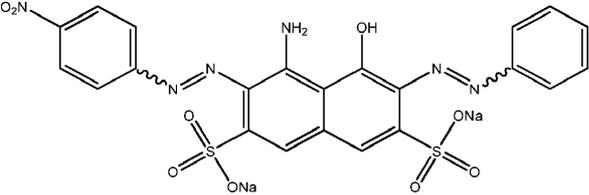
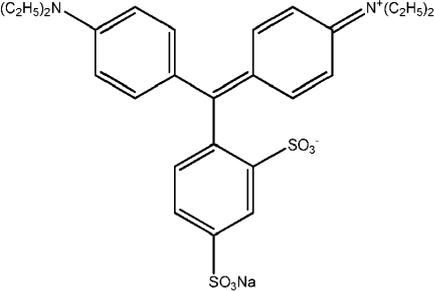
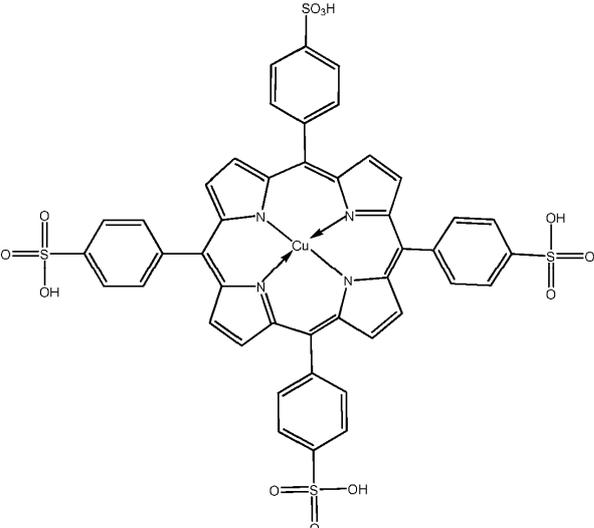
40 Los ejemplos 2c a 2e muestran que la relación entre agua desionizada y Triton X-100 define el tamaño final de las nanopartículas: cuanto mayor es la relación, menores son las nanopartículas.

45 Ej. 2f: Se reprodujo el Ej. 2c (Master 2f), excepto que se utilizaron 1,44 ml de agua desionizada en lugar de 1,6 ml y 7 g de Triton X-100 en lugar de 7,54 g. Además, se añadieron 0,16 ml de solución 5,10,15,20-tetraquis(4-sulfonatofenil)-porfina-Cu(II) (TSPP-Cu(II)) (0,01 M en agua desionizada). Las nanopartículas tienen un tamaño monodisperso de 100 nm.

Se han utilizado otros agentes absorbentes de luz con el mismo procedimiento de preparación, tal como se resume en la tabla A siguiente.

Tabla A

Número de índice de color (C.I.)	Molécula
<p>60730</p> <p>Violeta ácido 43</p>	
<p>42090</p> <p>Azul ácido 9</p>	
<p>42051</p> <p>Azul ácido 3 (Azul patente V)</p>	

Número de índice de color (C.I.)	Molécula
<p>74180</p> <p>Azul disolvente 38 (para microscopía Luxol® Fast Blue MBSN)</p>	
<p>20470</p> <p>Negro ácido 1</p>	
<p>42045</p> <p>Azul ácido 1</p>	
<p>TSPP-Cu(II)</p>	

Ejemplo 3: Preparación de nanopartículas basadas en minerales que contienen un aditivo absorbente de la luz mediante microemulsión inversa, con un índice de refracción superior a 1,5

Ej. 3a: Las nanopartículas obtenidas en el ejemplo 2c se introducen en una solución acuosa del 36,5% en peso de ortotitanato de tetrabutilo (TBOT).

Se dispersa 1 g de nanopartículas obtenidas en el ejemplo 2b en 25 ml de una mezcla de 20 volúmenes de agua: 1 volumen de etanol. Después se añaden 1,85 ml de HCl (solución al 37% en peso en agua) a la mezcla. La reacción se agita con una barra magnética durante 15 min. Después de ello, se añaden 9,1 g de ortotitanato de tetrabutilo (TBOT) gota a gota y la mezcla se agita continuamente durante 3 horas a temperatura ambiente.

Se deposita una capa fina de titania sobre las nanopartículas basadas en sílice, produciendo nanopartículas de núcleo-cubierta. Estas nanopartículas se lavan con etanol, se secan a temperatura ambiente, después se recuecen a 180 °C durante 2 horas y tienen un tamaño monodisperso de 100 nm con un índice de refracción de aproximadamente 1,54.

Se prepara una mezcla maestra (Master 3a) como para el ejemplo 2b, pero utilizando el monómero de resina óptica SK-1.60 como monómero acrílico en lugar de CR-39®.

Ej. 3b: Se reproduce el Ej. 3a, excepto que se añaden 15,0 g de TBOT. Las nanopartículas tienen un tamaño monodisperso de 100 nm con un índice de refracción superior a 1,55.

Se prepara una mezcla maestra (Master 3b) como para el ejemplo 2b, pero utilizando 4-mercaptometil-3,6-ditia-1,8-octanoditiol en lugar de CR-39®.

Ejemplo 4: Preparación de nanopartículas basadas en minerales que contienen un aditivo absorbente de la luz mediante el proceso de Stöber, con un índice de refracción de aproximadamente 1,47

Se añaden 384 ml de metanol a una botella de 1000 ml. Después se añaden 96 ml de NH₄OH (solución al 30% en peso en agua) y 6,4 ml de azul de metileno (CAS: 61-73-4, solución al 2% en peso en agua desionizada). La mezcla se agita (agitación magnética) a 400 rpm durante 10 min. Después de ello, se añaden gota a gota 3,2 ml de TEOS y se agita a 800 rpm durante 2 h.

Una vez que se completa la reacción, el tamaño de partícula se verifica mediante dispersión dinámica de la luz. El tamaño medio de partícula es de aproximadamente 200-230 nm (monodisperso).

La mezcla se transfiere a un matraz de botella redondo para su evaporación durante 1 h para reducir el volumen de metanol de 500 a 100 ml, después se centrifuga a 4000 rpm durante 45 min. El sobrenadante se elimina y las nanopartículas se recuperan como dispersión concentrada en metanol.

La mezcla se limpia dos veces con el procedimiento siguiente: se añaden 50 ml de metanol con sonicación para volver a dispersar las partículas. Las nanopartículas se recogen por centrifugación a 4000 rpm durante 30 min.

Las nanopartículas se secan al aire a temperatura ambiente durante la noche, después se muelen en un mortero. Luego, las nanopartículas se recuecen a 180 °C durante 2 horas.

Se mezclan 0,3 g de nanopartículas con 99,7 g de monómero CR-39® en una botella de 250 ml. La mezcla maestra se sonica durante 30 min. Se aplica una centrifugación a 4000 rpm durante 30 minutos para eliminar las partículas aglomeradas. El sobrenadante se recoge para obtener una mezcla maestra (Master 4).

Ejemplo 5: Preparación de nanopartículas basadas en minerales que contienen un aditivo absorbente de la luz por el proceso Stöber, con un índice de refracción superior a 1,5

Las nanopartículas obtenidas en el ejemplo 4 se introducen en una solución acuosa del 36,5% en peso de ortotitanato de tetrabutilo (TBOT).

Se dispersa 1 g de nanopartículas obtenidas en el ejemplo 4 en 25 ml de una mezcla de 20 volúmenes de agua: 1 volumen de etanol. Después se añaden 1,85 ml de HCl (solución al 37% en peso en agua) a la mezcla. La reacción se agita con una barra magnética durante 15 min. Después de ello, se añaden 9,1 g de ortotitanato de tetrabutilo (TBOT) gota a gota y la mezcla se agita continuamente durante 3 horas a temperatura ambiente.

Se deposita una capa delgada de titania sobre las nanopartículas basadas en sílice, produciendo nanopartículas de núcleo-cubierta. Estas nanopartículas se lavan con etanol, se secan a temperatura ambiente, después se recuecen a 180 °C durante 2 horas y tienen un tamaño monodisperso de 200-230 nm con un índice de refracción de aproximadamente 1,54.

Se prepara una mezcla maestra (Master 5) como para el ejemplo 4, pero utilizando monómero de resina óptica SK-1.60 como un monómero acrílico en lugar de CR-39®.

Ejemplo 6: Preparación de lentes oftálmicas según la invención.

Ej. 6a:

5

Tabla 1

Material	Partes en peso
CR39®	95,00
CR39E®	2,00
Master 1 o 2a-f o 4	2,00
IPP	2,40

10

La mezcla de monómeros se produce pesando y mezclando los ingredientes de la tabla 1 en un vaso de precipitados a temperatura ambiente. En primer lugar, se mezclan CR39® y CR39E®. Una vez homogénea, se añaden nanopartículas en mezcla maestra, después el contenido del vaso de precipitados se mezcla nuevamente hasta obtener una dispersión total. Finalmente, se añade IPP y la mezcla se agita bien, después se desgasifica y se filtra.

15

Después se llenó un molde bi-plano de vidrio de 71 mm de diámetro con la composición utilizando una jeringa y la polimerización se llevó a cabo en un horno electrónico regulado en el que la temperatura se incrementó gradualmente de 45 °C a 85 °C en 15 horas y después se mantuvo constante a 85 °C durante 5 horas. A continuación, se desmontó el molde y la lente resultante tenía un espesor de 2 mm en su centro.

20

Tal como se muestra en la figura 1, el espectro de transmisión de la composición que comprende Master 1 antes de la polimerización y el espectro de transmisión de la lente después de la polimerización muestran la misma reducción de transmitancia para la longitud de onda de absorción máxima del aditivo absorbente de la luz (424 nm). Como tal, en la lente oftálmica según la presente invención, el tinte no ha sido degradado por el catalizador de IPP durante la polimerización. Las diferencias en ambos espectros fuera del dominio de absorción del aditivo absorbente de la luz están obviamente relacionadas con la transformación química que se produce durante la polimerización (disociación del catalizador, reacción de grupos insaturados...).

25

30

Tal como se muestra en la figura 2, la lente oftálmica resultante tiene una transmitancia promedio %TB del 77% en el intervalo de 420 nm a 450 nm. En comparación, la misma lente oftálmica que comprende colorante no encapsulado tiene una transmitancia promedio %TB del 91%. Como tal, la lente oftálmica que comprende un tinte encapsulado según la presente invención muestra una mejor absorción de luz azul que la lente oftálmica correspondiente que comprende un tinte no encapsulado.

35

Los efectos del azul de metileno como aditivo absorbente de la luz sobre la turbidez (difusión de luz), el tamaño de partícula y el color residual de la lente (medido por b^* según el modelo CIE Lab) se evaluaron con varias nanopartículas. Se reproducen las condiciones del ejemplo 2b, excepto que la concentración de solución acuosa de azul de metileno varía entre el 0,4% y el 1% en incrementos del 0,2%, produciendo nanopartículas con diferentes concentraciones de azul de metileno.

40

El aumento de la concentración de azul de metileno en las nanopartículas mostró una tendencia positiva sobre la turbidez, porque se necesitaron menos partículas para obtener el mismo efecto de coloración. Con las partículas obtenidas con una solución de azul de metileno al 1%, la transmitancia promedio %TB disminuye de 0,5 a 0,3 en comparación con las partículas obtenidas con una solución de azul de metileno al 0,4%, sin degradar el rendimiento de turbidez.

45

El aumento de la concentración de azul de metileno también condujo a un aumento en el tamaño de partícula: al 0,4%, el tamaño de partícula medido era de aproximadamente 80 nm, mientras que era de aproximadamente 90 nm al 0,6% y de 95 nm al 0,8% y al 1%.

50

Las mediciones también mostraron que la turbidez generada por las nanopartículas desionizadas lavadas con agua es de aproximadamente el 20-40% más baja que la de las nanopartículas lavadas con acetona, para un color residual similar (medido por la reducción de b^* en el sistema Lab).

Ej. 6b:

Tabla 2

Material	Partes en peso
Monómero de resina óptica SK-1.60	95,78
Zelec UN	0,1
Master 3a o 5	4,00
2,2'-Azodi-(2-metilbutironitrilo)	0,12

5 La mezcla de monómeros se produce pesando y mezclando los ingredientes de la tabla 2 en un vaso de precipitados a temperatura ambiente. Una vez homogénea, la mezcla se desgasifica y se filtra.

10 Un molde bi-plano con 71 mm de diámetro se llena con una mezcla de monómeros utilizando una jeringa. La polimerización se lleva a cabo en un horno electrónico regulado en el que la temperatura aumenta gradualmente de 25 °C a 95 °C en 16,5 horas y después se mantiene constante a 95 °C durante 2 horas. A continuación, se desmonta el molde y se obtiene la lente transparente con un espesor central de 2 mm.

Ej. 6c:

15

Tabla 3

Material	Partes en peso
2,5 (o 2,6)-bis(iso-cianatometil)biciclo[2.2.1]heptano	50,54
Tetraquis-mercaptopropionato de pentaeritritol	23,87
4-Mercaptometil-3,6-ditia-1,8-octaneditol	23,47
Master 3b	4,00
Cloruro de dimetilo (DMC)	0,04
Zelec-UN	0,07

20 La mezcla de monómeros se produce pesando y mezclando los ingredientes de la tabla 3 de la forma siguiente.

25 Se mezclan en primer lugar 2,5 (o 2,6)-bis(iso-cianatometil)biciclo[2.2.1]heptano, DMC y Zelec UN® a temperatura ambiente al vacío durante 1 h. Una vez homogénea, la mezcla se enfría a 5 °C y después se transfiere N₂ gaseoso dentro de la botella para liberar el vacío. Después de ello, se añaden tetraquis-mercaptopropionato de pentaeritritol, 4-mercaptometil-3,6-ditia-1,8-octaneditol y Master 3b, después la mezcla se agita hasta dispersión completa al vacío a 5 °C. El vacío es liberado por reemplazo con N₂.

30 Un molde bi-plano con 71 mm de diámetro se llena con una mezcla de monómeros utilizando una jeringa. El ciclo de polimerización comienza a 15 °C y después la temperatura se incrementa gradualmente a 130 °C en 16 horas y se mantiene constante durante 3 h. A continuación, se desmonta el molde y se obtiene la lente transparente con un espesor central de 2 mm.

REIVINDICACIONES

1. Una lente oftálmica que comprende un sustrato compuesto que comprende:

- 5 - Una matriz obtenida por polimerización de al menos un monómero u oligómero alílico o no alílico en presencia de un catalizador para iniciar la polimerización de dicho monómero u oligómero, y
- Nanopartículas que contienen al menos un aditivo absorbente de la luz, estando dichas nanopartículas dispersadas en dicha matriz en la que:
- 10 - Las nanopartículas encapsulan un aditivo absorbente de la luz,
- El aditivo absorbente de la luz no es un tinte fotocromático.

15 2. Lente oftálmica según la reivindicación 1, en la que la matriz se elige de entre una resina termoplástica, tal como una poliamida, una poliimida, una polisulfona, un policarbonato, un poli(tereftalato de etileno), un poli((met)acrilato de metilo), un triacetato de celulosa o copolímeros de los mismos, o se elige de entre una resina termoendurecible, tal como un copolímero de olefina cíclica, un homopolímero o copolímero de ésteres de alilo, un homopolímero o copolímero de carbonatos de alilo de polioles alifáticos o aromáticos lineales o ramificados, un homopolímero o copolímero de ácido (met)acrílico y sus ésteres, un homopolímero o copolímero de ácido tio(met)acrílico y sus ésteres, un homopolímero o copolímero de uretano y tiouretano, un homopolímero o copolímero de epoxi, un homopolímero o copolímero de sulfuro, un homopolímero o copolímero de disulfuro, un homopolímero o copolímero de episulfuro, un homopolímero o copolímero de tiol e isocianato, y combinaciones de los mismos.

25 3. Lente oftálmica según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en la que el aditivo absorbente de la luz se elige de entre un colorante, tal como un tinte o un pigmento, un aditivo absorbente de la luz incoloro o mezclas de los mismos.

30 4. Lente oftálmica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que el coeficiente de absorción molar del aditivo absorbente de la luz es superior a 5000.

5. Lente oftálmica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que las nanopartículas tienen una composición homogénea de dentro hacia fuera en la que el aditivo absorbente de la luz está distribuido uniformemente.

35 6. Lente oftálmica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que las nanopartículas tienen un núcleo que contiene el aditivo absorbente de la luz y una cubierta que rodea el núcleo.

7. Lente oftálmica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que las nanopartículas presentan una superficie exterior que no comprende ningún compuesto orgánico.

40 8. Lente oftálmica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que las nanopartículas comprenden un óxido mineral, como SiO₂, TiO₂, ZrO₂, Al₂O₃ o mezclas de los mismos.

45 9. Lente oftálmica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que el índice de refracción de las nanopartículas es de 1,47 a 1,74, siendo preferentemente el índice de refracción de las nanopartículas idéntico al índice de refracción de la matriz polimérica, medido según la norma ISO 489:1999.

10. Lente oftálmica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en la que el tamaño de las nanopartículas es de 1 nm a 10 µm, preferentemente de 10 nm a 5 µm, medido según el procedimiento de dispersión dinámica de la luz.

50 11. Lente oftálmica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en la que la cantidad de aditivo absorbente de la luz en las nanopartículas es del 0,0001 al 90% en peso, en particular del 0,01 al 50% en peso, más particularmente del 0,1 al 10% en peso con respecto al peso total de las nanopartículas.

55 12. Lente oftálmica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en la que la cantidad de nanopartículas en la matriz polimérica es del 0,01 al 2% en peso, preferentemente del 0,05 al 1% en peso con respecto al peso de la matriz polimérica.

60 13. Un proceso para preparar la lente oftálmica según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, que comprende las etapas siguientes:

- a) proporcionar monómeros u oligómeros a partir de los cuales se puede preparar la matriz;
- b) preparar nanopartículas que encapsulan un aditivo absorbente de la luz, ya sea en forma de un polvo que es dispersable en los monómeros u oligómeros o en forma de una dispersión de nanopartículas en un líquido que es dispersable en los monómeros u oligómeros;

c) proporcionar un catalizador para iniciar la polimerización de dichos monómeros u oligómeros;

5 d) mezclar los monómeros u oligómeros, las nanopartículas y el catalizador para obtener una composición líquida polimerizable en la que están dispersadas las nanopartículas;

e) opcionalmente depositar la composición líquida polimerizable sobre un sustrato;

10 f) curar la composición líquida polimerizable.

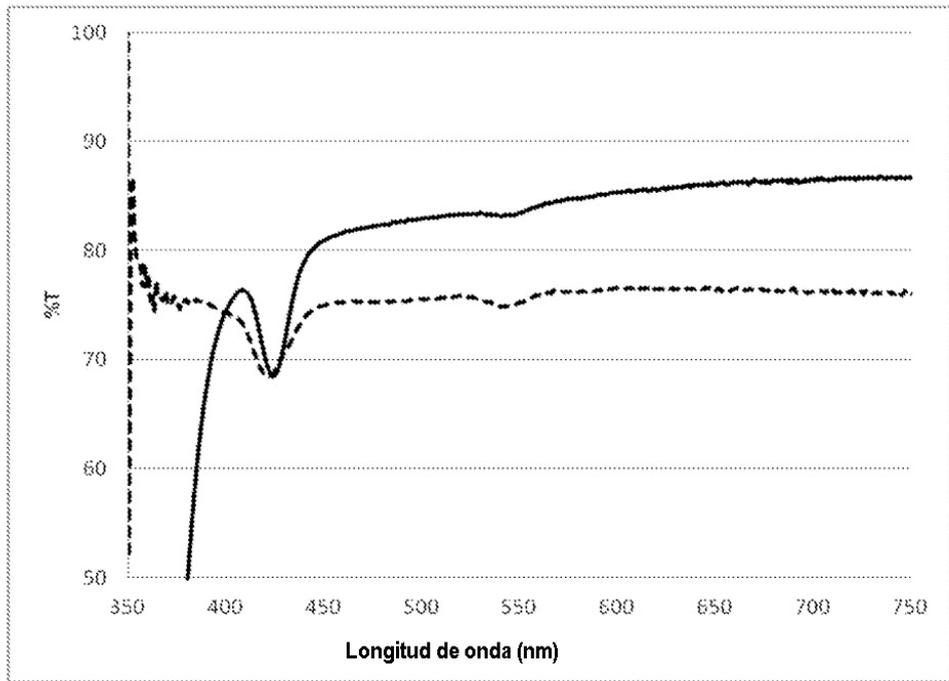


Figura 1

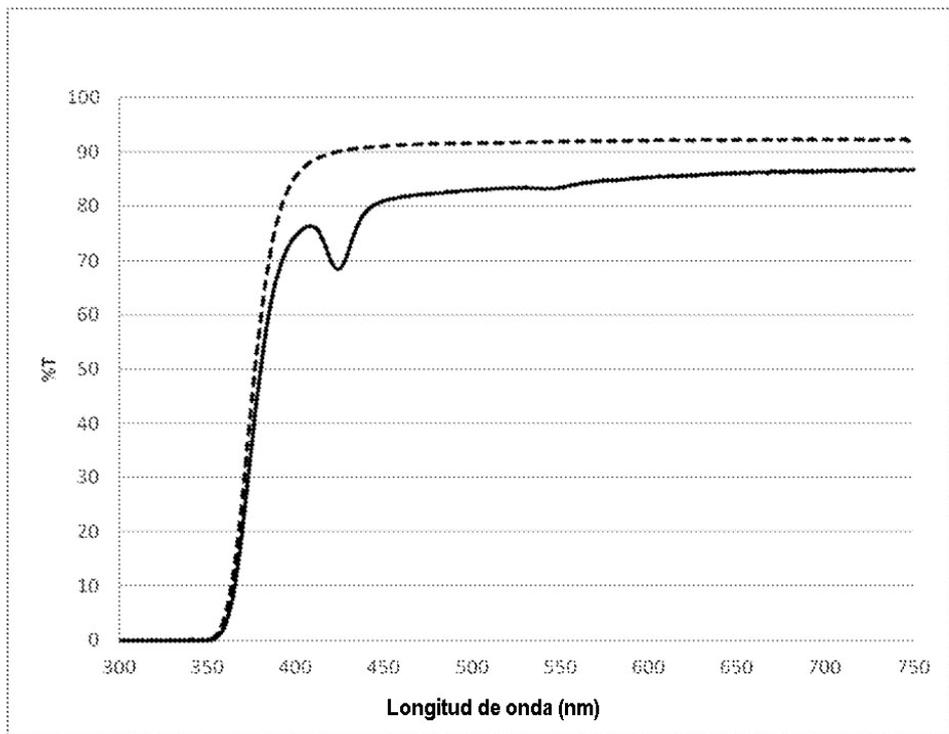


Figura 2