

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 407 821**

51 Int. Cl.:

**B29D 11/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.05.2007 E 07718854 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2013 EP 2015923**

54 Título: **Métodos para formar elementos ópticos recubiertos de alto índice**

30 Prioridad:

**09.05.2006 AU 2006902419**

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

**14.06.2013**

73 Titular/es:

**CARL ZEISS VISION AUSTRALIA HOLDINGS LTD. (100.0%)  
19 COOROORA CRESCENT,  
LONSDALE, SA 5160, AU**

72 Inventor/es:

**DIGGINS, DAVID y  
PITTOLO, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**PÉREZ BARQUÍN, Eliana**

**ES 2 407 821 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**

Métodos para formar elementos ópticos recubiertos de alto índice

**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere a métodos para formar elementos ópticos de alto índice, tales como lentes oftálmicas. Más particularmente, la presente invención se refiere a métodos para formar elementos ópticos de alto índice con recubrimiento duro y a los elementos ópticos de alto índice con recubrimiento duro formados según los métodos descritos en la presente memoria.

**Antecedentes de la invención**

Los elementos ópticos, incluyendo lentes oftálmicas y lentes para cámaras, microscopios, telescopios y similares, están comúnmente formados por plástico. Algunos de los materiales plásticos comunes que se usan para fabricar lentes oftálmicas incluyen dicarbonato de polietilenglicoldialilo (CR39™) y policarbonato.

En respuesta a la necesidad de producir lentes más finas, se han desarrollado una serie de materiales plásticos "de alto índice" para la fabricación de lentes oftálmicas. Estos materiales de alto índice tienen un mayor índice de refracción que otros materiales plásticos convencionales, lo que significa que desvían la luz más que los materiales plásticos convencionales. Como resultado, tiene que usarse menos material de lente de alto índice para producir la misma prescripción que con un material plástico convencional. Esto da como resultado lentes que son más ligeras con bordes más finos.

En la mayoría de casos, los elementos ópticos plásticos se suministran con uno o más recubrimientos que confieren propiedades físicas, ópticas o químicas deseadas al elemento. Por ejemplo, muchas lentes oftálmicas plásticas se suministran con una cubierta dura formada por un material que es más resistente a la abrasión que el material de lente mismo. Por ejemplo, las cubiertas duras basadas en sílice alargan la vida útil del material plástico al aumentar la resistencia a la abrasión y la resistencia a la intemperie.

Sin embargo, se ha encontrado que se forman patrones de interferencia cuando se aplican cubiertas duras de bajo índice a elementos ópticos que están formados por materiales de lente de alto índice. La formación de anillos de interferencia es debida al desajuste del índice de refracción entre el material de cubierta dura y el material de sustrato plástico. Para evitar la formación de anillos de interferencia, se usan recubrimientos de índice coincidente. Sin embargo, estos recubrimientos son caros y añaden complejidad al proceso de recubrimiento duro en el sitio de fabricación.

Existe la necesidad de métodos y materiales mejorados para formar elementos ópticos de alto índice que tengan una cubierta dura. Son deseables métodos que permitan la formación de elementos ópticos con recubrimiento duro de alto índice que exhiban patrones de interferencia mínimos sin aumentar la complejidad del proceso de fabricación.

El documento US-A-4.774.035 da a conocer un elemento de lente de plástico recubierta resistente a la abrasión y un método para recubrir el elemento.

El documento US-A-5.049.321 da a conocer un método para recubrir un elemento de lente de plástico que incluye aplicar una composición de recubrimiento consistente sustancialmente en reactantes que tienen al menos una funcionalidad triacrilato, un fotoiniciador y un inhibidor de la polimerización reactivo con oxígeno a la cara de un molde.

El documento US-A-4.800.123 da a conocer un recubrimiento resistente a arañazos para elastómeros de uretano endurecibles con peróxido que comprende una composición endurecible por radiación, y un método para recubrir productos con el recubrimiento.

El documento WO 95/09724 da a conocer un proceso para preparar artículos de plástico moldeado laminado, comprendiendo el proceso aplicar a la superficie de un molde una composición de recubrimiento reactiva al 100%, endurecer al menos parcialmente la composición de recubrimiento mediante radiación UV o IR, aplicar a la superficie expuesta de la composición de recubrimiento endurecida un material termoplástico y endurecer el material termoplástico formando el artículo moldeado laminado.

La referencia en la presente memoria a un documento de patente u otro material que se de cómo técnica anterior no ha de tomarse como la admisión de que ese documento o material era conocido o que la información que contiene era parte del conocimiento general común.

65

**Sumario de la invención**

- La presente invención surgió de la investigación de métodos y materiales que pudieran usarse para formar lentes oftálmicas con recubrimiento duro que se formaran con materiales de alto índice. Se ha encontrado que pueden formarse lentes de alto índice de este tipo usando un proceso de recubrimiento en molde. En particular, se ha encontrado que el mezclado controlado de materiales de cubierta dura de bajo índice convencionales y material de lente de alto índice en la interfase entre la cubierta dura y el material de lente bruto antes del endurecimiento de la lente permite la formación de una lente de alto índice con recubrimiento duro sin patrones de interferencia.
- La presente invención proporciona un método de formación de un elemento óptico recubierto, incluyendo el método:
- proporcionar un ensamblaje de molde que tiene secciones de molde enfrentadas, teniendo cada sección de molde una cara de colada, formando las caras de colada una cavidad de molde en el molde cuando se ensamblan;
  - aplicar una composición de monómero de cubierta dura endurecible por UV a al menos parte de la cara de colada de al menos una de las secciones de molde, formando una capa monomérica de cubierta dura;
  - irradiar la capa monomérica de cubierta dura con radiación UV en condiciones que formen una capa de cubierta dura parcialmente endurecida;
  - rellenar el molde ensamblado con un material precursor de elemento óptico de alto índice; y
  - endurecer el material precursor de elemento óptico y la capa de cubierta dura parcialmente endurecida, formando un elemento óptico de alto índice que tiene una cubierta dura, caracterizado porque el material precursor de elemento óptico de alto índice se selecciona de uno o más del grupo consistente en tiouretanos, episulfuros y Finalite® (una mezcla monomérica de un monómero acrílico o metacrílico, un compuesto di- o politióico y un monómero di- o polivinílico).
- La presente invención proporciona también un método para el recubrimiento duro de un elemento óptico de alto índice, incluyendo el método:
- proporcionar un ensamblaje de molde que tiene secciones de molde enfrentadas, teniendo cada sección de molde una cara de colada, formando las caras de moldeo una cavidad de molde en el molde cuando se ensamblan;
  - aplicar una composición de monómero de cubierta dura endurecible por UV a al menos parte de la cara de colada de al menos una de las secciones de molde, formando una capa monomérica de cubierta dura;
  - irradiar la capa monomérica de cubierta dura con radiación UV en condiciones que formen una capa de cubierta dura parcialmente endurecida;
  - rellenar el molde ensamblado con un material precursor de elemento óptico de alto índice; y
  - endurecer el material precursor de elemento óptico y la capa de cubierta dura parcialmente endurecida, formando un elemento óptico de alto índice que tiene una cubierta dura, caracterizado porque el material precursor de elemento óptico de alto índice se selecciona de uno o más del grupo consistente en tiouretanos, episulfuros y Finalite® (una mezcla monomérica de un monómero acrílico o metacrílico, un compuesto di- o politióico y un monómero di- o polivinílico).
- La composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV puede ser un monómero de (met)acrilato endurecible por UV, un monómero epoxídico endurecible por UV o una mezcla de los mismos.
- La presente invención proporciona adicionalmente un elemento óptico de alto índice que tiene un recubrimiento duro formado según uno cualquiera de los métodos de la presente invención. Para colar lentes, el molde comprenderá típicamente dos secciones de molde enfrentadas, formando la cara de colada de una primera sección de molde la superficie frontal de una lente, y formando la cara de colada de una segunda sección de molde la superficie posterior de la lente. Una o ambas de las caras de colada pueden incluir una superficie óptica para conferir una configuración óptica deseada a la superficie frontal y/o posterior de la lente. La composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV puede aplicarse a la cara de colada de la primera sección de molde, la segunda sección de molde o ambas secciones de molde. La composición monomérica de cubierta dura puede aplicarse a toda o parte de la cara de colada, aunque se aplicará típicamente a la totalidad de la cara de colada. Por tanto, los métodos de la presente invención pueden usarse para formar lentes oftálmicas acabadas o semiacabadas.
- Sin pretender ligarse a teoría particular alguna, se cree que la formación de una capa de cubierta dura parcialmente endurecida significa que algo de monómero de cubierta dura endurecible por UV permanece en la capa de cubierta dura, de modo que cuando se añade el material precursor de elemento óptico de alto índice al molde, hay un entremezclado del monómero de cubierta dura endurecible por UV y el material precursor de elemento óptico de alto

índice en la interfase entre el sustrato de lente y la capa de cubierta dura. Cuando la composición o composiciones se endurecen posteriormente, se forma una interfase endurecida difusa entre el sustrato de lente y la capa de cubierta dura, y se cree que la interfase difusa minimiza la aparición de patrones de interferencia.

5 La presente invención proporciona también un método de formación de un elemento óptico recubierto, incluyendo el método:

- proporcionar un ensamblaje de molde que tiene secciones de molde enfrentadas, teniendo cada sección de molde una cara de colada, formando las caras de colada una cavidad de molde en el molde cuando se ensamblan;

10 - aplicar una composición de monómero de cubierta dura endurecible por UV a al menos parte de la cara de colada de al menos una de las secciones de molde, formando una capa monomérica de cubierta dura;

15 - irradiar la capa monomérica de cubierta dura con radiación UV en condiciones que formen una capa de cubierta dura parcialmente endurecida;

20 - rellenar el molde ensamblado con un material precursor de elemento óptico de alto índice para formar una interfase difusa entre el material precursor de elemento óptico de alto índice y la capa de cubierta dura parcialmente endurecida; y

25 - endurecer el material precursor de elemento óptico y la capa de cubierta dura parcialmente endurecida, formando un elemento óptico de alto índice que tiene una cubierta dura, caracterizado porque el material precursor de elemento óptico de alto índice se selecciona de uno o más del grupo consistente en tiouretanos, episulfuros y Finalite® (una mezcla monomérica de un monómero acrílico o metacrílico, un compuesto di- o politióxico y un monómero di- o polivinílico).

Diversos términos que se usarán a lo largo de la memoria descriptiva tienen significados que serán bien entendidos por un experto en la materia. Sin embargo, por facilidad de referencia, se definirán ahora algunos de estos términos.

30 El término "elemento óptico" como se usa a lo largo de la memoria descriptiva ha de entenderse que incluye lentes para dispositivos ópticos tales como cámaras, microscopios, telescopios o para la refracción o reflexión de la luz (por ejemplo, espejos) en cualquier dispositivo científico o médico, lentes de gafas de todos los tipos, incluyendo lentes oftálmicas, sean tanto refractivas como planas.

35 El término "sustrato de lente" como se usa a lo largo de la memoria descriptiva ha de entenderse que significa un líquido orgánico que, cuando se endurece, forma un sólido a temperatura ambiente y proporciona propiedades ópticas consistentes con las requeridas por una lente oftálmica.

40 Los términos "material de alto índice", "elemento óptico de alto índice" o términos similares, como se usan a lo largo de la memoria descriptiva, ha de entenderse que significan un material, elemento u objeto que tiene un índice de refracción de al menos aproximadamente 1,55.

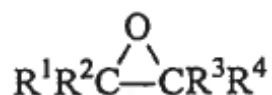
45 El término "cubierta dura" (y variaciones) como se usa a lo largo de la memoria descriptiva ha de entenderse que significa un recubrimiento que tiene un nivel de resistencia a la abrasión que es comercialmente aceptable para el uso pretendido del elemento óptico. Por ejemplo, la resistencia a la abrasión de lentes oftálmicas que tienen una cubierta dura puede demostrarse usando ensayos industriales estándares tales como el ensayo de abrasión de Bayer y el ensayo de abrasión con lana de vidrio.

50 El término "endurecible por UV" como se usa a lo largo de la memoria descriptiva ha de entenderse que significa una composición que puede polimerizarse total o parcialmente mediante irradiación con luz ultravioleta (UV). Las composiciones monoméricas endurecibles por UV contienen típicamente un fotoiniciador que empieza la reacción de polimerización de los monómeros bajo luz UV. El fotoiniciador puede ser un fotoiniciador radicalico, un fotoiniciador catiónico o un fotoiniciador aniónico.

55 El término "monómero" como se usa a lo largo de la memoria descriptiva ha de entenderse que significa cualquier molécula que pueda reaccionar para unirse como unidad de un polímero.

El término "(met)acrilato" como se usa a lo largo de la memoria descriptiva ha de entenderse que significa un grupo acrilato o un grupo metacrilato.

60 El término "epóxido" como se usa a lo largo de la memoria descriptiva ha de entenderse que significa un grupo de fórmula general:



En algunos ejemplos, R<sup>1</sup> y R<sup>3</sup> son ambos H, R<sup>2</sup> es un grupo alquilo opcionalmente sustituido y R<sup>4</sup> es un grupo alquilo opcionalmente sustituido o H.

5

### Descripción detallada de la invención

Resultará evidente a partir de la siguiente descripción que los métodos y materiales de la presente invención son adecuados para uso en la fabricación de lentes oftálmicas. Sin embargo, se apreciará que los métodos y materiales no están limitados a esa aplicación particular.

10

Los métodos de la presente invención pueden usarse para formar elementos ópticos recubiertos. Los métodos utilizan procesos de recubrimiento en molde, al menos algunos aspectos de los cuales son conocidos en la materia, por ejemplo, véase la patente de Estados Unidos 4.544.572 (que ejemplifica procesos de recubrimiento en molde). Brevemente, un proceso de recubrimiento en molde implica típicamente aplicar una composición de recubrimiento prepolimérica a una cara de una sección de molde, endurecer parcialmente la composición, ensamblar las secciones de molde formando un molde, rellenar el molde con un monómero de lente y endurecer el monómero de lente formando una lente recubierta.

15

La primera etapa de los métodos de la presente invención es la provisión de un ensamblaje de molde que tiene secciones de molde enfrentadas. Cada una de las secciones de molde tiene una cara de colada. Cuando las secciones de molde se ensamblan formando el molde, las caras de colada forman una cavidad de molde en el molde. Si los métodos de la presente invención se usan para formar lentes oftálmicas, el molde comprenderá habitualmente dos secciones de molde enfrentadas, formando la cara de colada de una primera sección de molde la superficie frontal de la lente, y formando la cara de colada de una segunda sección de molde la superficie posterior de la lente.

20

25

Los moldes usados en la fabricación de lentes oftálmicas están típicamente hechos de vidrio, plástico o metal. En el caso de los métodos de la presente invención, la capa monomérica de cubierta dura se endurece por UV y por lo tanto es necesario que al menos una de las secciones de molde tenga una zona transparente a los UV para posibilitar la irradiación UV del material en el molde ensamblado. Preferiblemente, las secciones de molde se forman completamente con material transparente a los UV, tal como vidrio, policarbonatos, poliamidas, poliimidas, polisulfonas, etc. Se prefiere vidrio.

30

Se aplica una composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV a la cara de colada de al menos una de las secciones de molde, formando una capa monomérica de cubierta dura. La composición puede aplicarse a una o más de las superficies de molde mediante cualquiera de las técnicas de recubrimiento que son conocidas en la materia, tales como pulverización, inmersión, cepillado, recubrimiento por flujo y recubrimiento por centrifugación.

35

La composición monomérica de capa dura endurecible por UV puede ser un monómero de (met)acrilato y/o un monómero epoxídico capaz de endurecerse por UV formando una cubierta dura.

40

Los monómeros de (met)acrilato adecuados que pueden usarse incluyen cualquier (met)acrilato endurecible por UV que forme una cubierta dura comercialmente aceptable tras el endurecimiento. Los monómeros de (met)acrilato polimerizables ejemplares incluyen, pero sin limitación: tetraacrilato de pentaeritritol, tris[2-(acriloxi)etil]isocianurato), triacrilato de trimetilolpropilo, hexacrilato de dipentaeritritol, 2,2,4,4,6,6-hexahidro-2,2,4,4,6,6-hexaquis(2-((2-metil-1-oxo-2-propenil)oxi)etoxi)-1,3,5,2,4,6-triazatrisfosforina, U6HA ((met)acrilato de uretano hexafuncional suministrado por Shin Nakamura), U4HA ((met)acrilato de uretano tetrafuncional suministrado por Shin Nakamura), diacrilato de triciclodecandimetanol, diacrilato de tris(2-hidroxi)etil]isocianurato y similares.

45

50

La composición del monómero de (met)acrilato puede ser una mezcla de un monómero de (met)acrilato relativamente rígido, tal como uno cualquiera o más de los enumerados anteriormente, y un monómero difuncional flexible que contiene dos o más grupos (met)acrilato unidos a un esqueleto relativamente flexible.

A modo de ejemplo, los monómeros difuncionales flexibles adecuados pueden seleccionarse de la lista que incluye diacrilatos de alquileno, tales como acrilato de hexanodiol; diacrilatos de poli(óxido de alquileno) tales como diacrilato de polietilenglicol 200, diacrilato de polietilenglicol, 400, diacrilato de polietilenglicol 600, diacrilato de tripropilenglicol y diacrilato de polipropilenglicol 400; dimetacrilatos de poli(óxido de alquileno) tales como dimetacrilato de polietilenglicol 200, dimetacrilato de polietilenglicol 400 y dimetacrilato de polietilenglicol 600. Por ejemplo, el monómero difuncional flexible puede ser diacrilato de polietilenglicol 400, diacrilato de polietilenglicol 600, dimetacrilato de polietilenglicol 400 o dimetacrilato de polietilenglicol 600. El monómero difuncional flexible puede ser también una mezcla de dos cualesquiera o más de los monómeros difuncionales enumerados.

55

60

Pueden encontrarse detalles adicionales de composiciones de cubierta dura que contienen monómeros de (met)acrilato relativamente rígidos y monómeros de (met)acrilato relativamente flexibles en la solicitud de patente internacional publicada WO 2003/052011 (que ejemplifica composiciones de monómero de (met)acrilato polimerizables adecuadas).

5 El monómero epoxídico puede ser un monómero epoxídico difuncional, trifuncional o multifuncional. El monómero epoxídico puede contener también otros grupos funcionales. Por ejemplo, el monómero epoxídico puede ser un silano que tiene dos o más grupos epoxídicos por molécula.

10 Los ejemplos específicos de monómeros epoxídicos polimerizables incluyen etilenglicoldiglicidiléter, dietilenglicoldiglicidiléter, polietilenglicoldiglicidiléter, propilenglicoldiglicidiléter, dipropilenglicoldiglicidiléter, tripropilenglicoldiglicidiléter, polipropilenglicoldiglicidiléter, neopentilglicoldiglicidiléter, 1,6-hexanodioldiglicidiléter, glicerindiglicidiléter, pentaeritroidiglicidiléter, trimetilolpropanotriglicidiléter, pentaeritroltriglicidiléter, gliceroltriglicidiléter, digliceroltriglicidiléter, digliceroltetraglicidiléter, pentaeritroltetraglicidiléter, 15 dipentaeritroltetraglicidiléter, bisfenol A-diglicidiléter (BPADGE), bisfenol F-diglicidiléter y sus análogos de cadena alargada, 1,4-butanodioldiglicidiléter, diglicidiléteres de tetrabromobisfenol A, éteres basados en epóxido de 4,4'-bifenileno tales como 4,4'-diglicidiloxibifenilo y similares.

20 Los ejemplos específicos de monómeros epoxídicos polimerizables que tienen una media de dos grupos epoxídicos en la molécula incluyen polietilenglicoldiglicidiléter alifático, polipropilenglicoldiglicidiléter, tetrametilenglicoldiglicidiléter, 1,6-hexametilenglicoldiglicidiléter, neopentilglicoldiglicidiléter, glicerindiglicidiléter; pentaeritroidiglicidiléter, bisfenol A-diglicidiléter hidrogenado alicíclico, éster del ácido diglicidilisoftálico hidrogenado, 3,4-epoxiciclohexanocarboxilato de 3,4-epoxiciclohexilmetilo, adipato de bis(3,4-epoxiciclohexilo); diglicidilhidantoína, diglicidiloxialquilhidantoína; bisfenol A-diglicidiléter aromático, condensado inicial de bisfenol A-diglicidiléter, difenilmetanodiglicidiléter, éster del ácido diglicidilitereftálico, éster del ácido diglicidilisoftálico y 25 diglicidilaniлина.

Los ejemplos específicos de monómeros epoxídicos polimerizables que tienen una media de tres grupos epoxídicos en la molécula incluyen trimetilolpropanotriglicidiléter alifático, pentaeritroltriglicidiléter, gliceroltriglicidiléter, 30 digliceroltriglicidiléter, triglicidilisocianurato, triglicidilcianurato, triglicidilhidantoína y triglicidil-para- o -meta-aminofenol aromático.

Los ejemplos específicos de monómeros epoxídicos polimerizables que tienen una media de cuatro grupos epoxídicos en la molécula incluyen digliceroltetraglicidiléter, pentaeritroltetraglicidiléter, 35 dipentaeritroltetraglicidiléter, tetraglicidilbenciletano, sorbitoltetraglicidiléter, tetraglicidildiaminofenilmetano y tetraglicidilbisaminometilciclohexano.

Los ejemplos específicos de monómeros epoxídicos polimerizables que tienen una media de dos a varios grupos epoxídicos incluyen resina epoxídica de fenol-novolaca y resina epoxídica de cresol-novolaca.

40 Pueden usarse los monómeros epoxídicos que tienen las densidades de reticulación mayores cuando se polimerizan. Como norma general, cuanto mayor es la densidad de reticulación, mayor es la resistencia a la abrasión. Con este criterio, son adecuados monómeros epoxídicos de bajo peso molecular de alta funcionalidad. De la lista anterior, los monómeros epoxídicos trifuncionales y tetrafuncionales son particularmente adecuados. Los 45 ejemplos de monómeros específicos incluyen trimetilolpropanotriglicidiléter, pentaeritroltriglicidiléter, gliceroltriglicidiléter, triglicidilisocianurato, triglicidilcianurato, triglicidilhidantoína, pentaeritroltetraglicidiléter, dipentaeritroltetraglicidiléter y tetraglicidilbenciletano.

La composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV puede ser una mezcla de uno cualquiera de los 50 monómeros de (met)acrilato anteriormente mencionados y uno cualquiera o más de los monómeros epoxídicos anteriormente mencionados.

El uso de una composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV proporciona ciertas ventajas a los 55 métodos de la presente invención. En primer lugar, el endurecimiento por UV es más rápido que el endurecimiento térmico. En segundo lugar, se encuentra que hay más control sobre el grado de polimerización parcial de la composición monomérica de cubierta dura en condiciones de endurecimiento por UV, en contraposición con las condiciones de endurecimiento térmico que se describen o hacen referencia en la solicitud de patente de Estados Unidos publicada nº US 2003/01 16872 (Klemm *et al.*), por ejemplo.

60 La capa monomérica de cubierta dura puede contener aditivos. Los aditivos se añadirán típicamente a la composición monomérica de cubierta dura, aunque en algunos casos puede ser posible añadir los aditivos a la capa monomérica de cubierta dura antes o después de endurecerla parcialmente.

Pueden incorporarse potenciadores de la dureza a la capa monomérica de cubierta dura. El potenciador de la 65 dureza puede ser un óxido metálico, tal como una sílice coloidal. Puede usarse sílice coloidal (met)acrilada o epoxilada con este fin. Por razones de compatibilidad, es particularmente adecuada la sílice coloidal (met)acrilada.

Puede incorporarse una cantidad eficaz de agente nivelador o de control de flujo a la composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV para dispersar más uniformemente o nivelar la composición sobre la cara de colada de la sección de molde.

5 Además, pueden añadirse otros aditivos a la composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV para potenciar la utilidad del recubrimiento producido endureciendo la composición. Por ejemplo, pueden añadirse absorbentes de UV, antioxidantes, sustancias fotocromáticas y similares a la composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV, si se desea.

10 Puede incorporarse un agente de tinción al sustrato de elemento óptico. Ventajosamente, se ha encontrado que la inclusión de un monómero difuncional flexible en la composición monomérica de cubierta dura conduce a la formación de una capa de cubierta dura que puede tintarse. Por ejemplo, la inclusión de una cantidad de di(met)acrilato de polietilenglicol (tal como di(met)acrilato de polietilenglicol 400) permite tintar lentes no tintables o difíciles de tintar (tales como Finalite® y MR10®). En estos casos, la capa de cubierta dura absorbe el agente de tinción. Para sustratos tintables, el recubrimiento tinteable permite tanto la migración de la tintura a través del sustrato como la absorción de la tintura en el mismo. Los agentes de tinción adecuados incluyen tintes que se usan típicamente en laboratorios de óptica, tales como tintes BPI de Brain Power Incorporated, Perma Dyes de Inland y Shades Lens Dyes de Cerium Optical. El proceso de tinción implica típicamente la inmersión de una lente en una solución calentada (generalmente basada en agua) de tintes disueltos. Sin embargo, existe un proceso de tinción alternativo en el que las lentes pueden sumergirse en una solución de tinte que se calienta posteriormente en un microondas.

25 Para posibilitar aplicar la composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV a la cara de colada con el grosor deseado, la composición contendrá típicamente un disolvente. Se apreciará que podrían usarse una serie de disolventes con este fin. Son ejemplos de disolventes adecuados los alcoholes inferiores (tales como metanol, etanol, isopropanol, etc.), cetonas (tales como acetona), ésteres (tales como acetato de etilo), hidrocarburos (tales como tolueno, xileno, etc.) e hidrocarburos halogenados (tales como diclorometano). Uno de los papeles del disolvente en la composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV es facilitar el proceso de recubrimiento. En algunos de los procesos de recubrimiento, tales como recubrimiento por centrifugación, la viscosidad de la composición es un factor que determina el grosor del recubrimiento aplicado. Por tanto, mediante la selección del tipo y cantidad de disolvente, es posible recubrir la cara de colada de al menos una de las secciones de molde con una capa monomérica de cubierta dura del grosor deseado. El grosor de recubrimiento puede estar entre aproximadamente 2  $\mu\text{m}$  y aproximadamente 30  $\mu\text{m}$ , más específicamente entre aproximadamente 5  $\mu\text{m}$  y aproximadamente 10  $\mu\text{m}$ . Si se desea que la capa de recubrimiento en molde encapsule absorbentes de UV o sustancias fotocromáticas, se requiere típicamente un recubrimiento más grueso. Sin embargo, la desventaja de un recubrimiento más grueso es la dificultad de mantener una cosmética aceptable. Un recubrimiento que es demasiado fino no será suficientemente duradero mecánicamente durante el recubrimiento en molde o puede no tener suficiente resistencia a la abrasión como recubrimiento de lente.

40 Si la composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV incluye un disolvente, el disolvente puede retirarse antes de la etapa de endurecimiento parcial o antes de rellenar el molde. El disolvente puede retirarse mediante secado con aire o mediante el uso de radiación infrarroja, radiación de microondas o calor. La composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV puede recubrirse sobre toda o parte de la cara de colada de la sección de molde. Para la mayoría de aplicaciones, se recubrirá toda la cara de colada. Puede recubrirse la cara de colada de una cualquiera o más de las secciones de molde. Con fines de moldear una lente oftálmica, es posible recubrir la cara de colada de la primera sección de molde y/o la segunda sección de molde, conduciendo por tanto a una capa de cubierta dura sobre la superficie frontal y/o posterior de la lente, respectivamente.

50 Después del recubrimiento de la cara de colada de la sección de molde, se irradia la composición monomérica de cubierta dura polimerizable con radiación UV formando una capa de cubierta dura parcialmente endurecida.

Se lleva a cabo el endurecimiento en presencia de un fotoiniciador de UV. El fotoiniciador puede ser un fotoiniciador radicalico, un fotoiniciador catiónico o un fotoiniciador aniónico. Los fotoiniciadores radicalicos, catiónicos y aniónicos están comercialmente disponibles en Sartomer, Ciba-Geigy, Dow Chemical y BASF.

60 Si la composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV es una composición monomérica de (met)acrilato, entonces puede usarse la fotoiniciación radicalica, catiónica o aniónica. Están disponibles comercialmente muchos fotoiniciadores radicalicos adecuados, y serán conocidos por el experto en la materia. Los ejemplos de fotoiniciadores radicalicos incluyen, pero sin limitación: antraquinona, benzofenona, benzofenonas sustituidas, benzoína, benzoinalquiléteres, 1-hidroxiciclohexilfenilcetona, 2-hidroxi-2-metilpropiofenona, acetofenona, acetofenonas sustituidas, óxidos de benzoildifenilfosfina, óxidos de benzoildifenilfosfina sustituidos, óxidos de dibenzoildifenilfosfina y óxidos de dibenzoildifenilfosfina sustituidos.

65 Sin embargo, si la composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV contiene un monómero epoxídico, entonces puede ser necesaria una fotoiniciación iónica. Puede usarse cualquiera de los muchos compuestos

conocidos por iniciar la polimerización mediante un mecanismo catiónico o aniónico. Los compuestos conocidos por iniciar la polimerización mediante un mecanismo catiónico incluyen, por ejemplo, sales de diarylodonio, sales de triarilsulfonio, sales de diarylodosonio, sales de dialquifenilsulfonio, sales de dialquil(hidroxidialquifenil)sulfonio y sales de ferrocenio. Dichas sales pueden modificarse mediante el enlazamiento de grupos alquilo, alcoxilo, siloxilo y similares. Los iniciadores particularmente útiles incluyen hexafluoroantimoniato de (4-n-deciloxifenil)fenilyodonio, hexafluoroantimoniato de (4-n-deciloxifenil)difenilsulfonio y hexafluoroantimoniato de S-metil-S-n-dodecilfenacilsulfonio.

La cantidad de iniciador de polimerización usada en las condiciones de polimerización se determinará fácilmente por los expertos en la materia, o puede determinarse fácilmente de forma empírica. Típicamente, el iniciador de polimerización se emplea en concentraciones en el intervalo de 0,01 a 10% p/p de sólidos.

Para conseguir una suficiente adhesión al sustrato de lente y una suficiente durabilidad mecánica para soportar el proceso de recubrimiento en molde, tiene que conseguirse un equilibrio entre superendurecimiento y subendurecimiento. Si el recubrimiento en molde se subendurece, el recubrimiento en molde se redisolverá cuando se molde se ensamble y rellene con monómero. Si se superendurece, no habrá sitios reactivos en el recubrimiento para reaccionar con el monómero. Aunque las condiciones de endurecimiento exactas dependerán de la formulación específica usada, se ha encontrado que una intensidad de irradiación de 0,62 W/cm<sup>2</sup> y una dosis de 440 mJ/cm<sup>2</sup> son satisfactorias.

Después de obtener el nivel deseado de endurecimiento de la capa de cubierta dura parcialmente endurecida, se ensambla el molde de tal modo que la capa de cubierta dura parcialmente endurecida se incorpore a una superficie de la cavidad de molde. El molde ensamblado (más específicamente, la cavidad de molde) se rellena entonces con un material precursor de elemento óptico de alto índice.

Están disponibles y pueden usarse una serie de materiales precursores de elemento óptico de alto índice. Es más, puede usarse cualquier material que tenga un índice de refracción de al menos 1,55 y que produzca un sustrato ópticamente transparente. Los polímeros que contienen compuestos aromáticos, o átomos de alto peso atómico tal como azufre, bromo o metales, tienen generalmente un mayor índice de refracción. Los ejemplos de clases de materiales que se han usado para producir elementos ópticos de alto índice incluyen tiouretanos (tales como la serie MR de resinas de Mitsui Chemicals), episulfuros (tales como los suministrados por Mitsubishi Gas) y Finalite™.

Los ejemplos no limitantes específicos de sistemas de tiouretano que pueden usarse incluyen los sistemas de tiouretano que se forman mediante la reacción de tetramercaptopropionato de pentaeritritol y xililendiisocianato; 2-(2-mercaptoetil)-1,3-dimercaptopropano y xililendiisocianato; 2,5-bis(3-mercaptopropil)-1,4-ditiano y xililendiisocianato y los sistemas de isocianato y politiol tales como se describen en las patentes de Estados Unidos 5.608.115 y 5.306.799.

Los ejemplos de sistemas de episulfuro que pueden usarse para este sistema incluyen episulfuros tales como sulfuro de bis(β-epitiopropilo) como se describe en la patente de Estados Unidos 5.807.975 y disulfuro de bis(β-epitiopropilo) como se describe en la patente de Estados Unidos 6.300.464.

Una parte significativa de los sustratos de lente de alto índice están basados en materiales de tiouretano. En este caso, se hacen reaccionar monómeros de isocianato multifuncionales con monómeros de tiol multifuncionales. Los isocianatos reaccionan con los grupos silanol presentes en la superficie del vidrio. El monómero de isocianato puede difundirse a través del recubrimiento en molde parcialmente endurecido causando una excesiva adhesión del sustrato de lente al molde, dando como resultado que se arranca el vidrio cuando se intenta retirar la lente del molde. Para evitar esto, es necesario modificar la superficie del molde de vidrio para evitar que los grupos funcionales isocianato reaccionen con los grupos silanol o usar un alto nivel de agente de desmoldeo.

La modificación de superficie puede implicar tapar los grupos silanol con un material que vuelva la superficie químicamente inerte. Los silanos se usan habitualmente para modificar la superficie de superficies de vidrio. Un silano adecuado tiene que tener un grupo funcional que pueda reaccionar con los grupos silanol sobre la superficie de vidrio. Los grupos funcionales adecuados incluyen alcoxisilanos y halogenosilanos. Los clorosilanos se prefieren especialmente debido a su alta reactividad. Los ejemplos específicos de clorosilanos monofuncionales adecuados incluyen: (3,3,3-trifluoropropil)triclorsilano, propiltriclorsilano, octadeciltriclorsilano, feniltriclorsilano, tricloro(1H,1H,2H,2H-perfluorooctil)silano, 3,3,3-(trifluoropropil)triclorsilano y demás. Aparte de la capacidad de los silanos de tapar los grupos silanol sobre la superficie de vidrio, ha de tenerse en consideración la energía libre de superficie de la superficie modificada con silano. Si la energía libre de superficie es demasiado baja, es difícil para la resina de recubrimiento en molde humedecer la superficie del molde. Esto puede excluir el uso de algunos de los clorosilanos más altamente fluorados. Estos silanos monofuncionales proporcionan una cobertura monocapa de la superficie del molde. Aunque estos tratamientos con silano son suficientes para evitar una adhesión excesiva al molde para una serie de coladas, la cobertura monocapa puede no ser suficientemente duradera para coladas repetidas. Para mejorar la durabilidad del proceso de modificación de superficie, puede ser beneficioso tener múltiples capas de un silano sobre la superficie de vidrio. Para conseguir esto, puede conseguirse un tratamiento con silano multicapa incorporando silano multifuncional que posibilitará la formación de un sistema reticulado. Son



ejemplos de un silano multifuncional que puede usarse junto con silanos monofuncionales 1,6-bis(triclorosilil)hexano, 1,6-bis(triclorosilil)etano y similares.

5 La adhesión a molde excesiva puede reducirse también mediante el uso de altos niveles de agente de desmoldeo. Es un ejemplo de un agente de desmoldeo apropiado que puede usarse Zelec UN (fabricado por Stepan).

10 En los últimos años, se han puesto a disposición sistemas basados en episulfuro para producir materiales de lente de alto índice y ultraalto índice. Al contrario que los monómeros de isocianato de los sistemas de tiouretano, los episulfuros no reaccionan directamente con los grupos silanol sobre la superficie del molde. Por lo tanto, no hay necesidad de tratamiento del molde.

15 Los sistemas de episulfuro posibilitan obtener índices de hasta 1,8. A estos índices extremadamente altos, un sistema de recubrimiento en molde con un índice de refracción de 1,50 puede tener algunos anillos de interferencia. En estos casos, puede ser necesario usar una resina de recubrimiento en molde que tenga un mayor índice de refracción. Es suficiente un recubrimiento en molde de índice 1,60 para tener un nivel mínimo de anillos de interferencia incluso con un sustrato de índice 1,80. El índice de refracción de una resina de recubrimiento en molde puede aumentarse mediante la adición de partículas coloidales de alto índice tales como dióxido de titanio, dióxido de circonio, óxido de antimonio y demás.

20 Una vez se rellena el molde, se endurece el material precursor de elemento óptico de alto índice. Los materiales precursores de elemento de alto índice que están generalmente disponibles se endurecen térmicamente. Sin embargo, pueden usarse también materiales precursores de elemento óptico de alto índice endurecibles por UV. Durante la etapa de endurecimiento, la capa de cubierta dura parcialmente endurecida experimenta también un endurecimiento adicional. Por consiguiente, el material precursor de elemento óptico de alto índice endurecido y la  
25 capa de cubierta dura endurecida adyacente forman una interfase difusa que proporciona una buena adhesión. La adhesión entre el recubrimiento y el sustrato de lente es preferiblemente tal que la lente pueda sobrevivir a una exposición acelerada a la intemperie, exposición a la intemperie y ensayos de ebullición de 3 horas y similares, sin pérdida de adhesión u otra degradación de la lente.

30 Una vez endurecida, la lente oftálmica colada puede retirarse del molde. Como la adhesión de la cubierta dura al sustrato de lente es mayor que la adhesión a la cara de colada del molde, la lente oftálmica se separa del molde. Como se discute anteriormente, si la adhesión de la cubierta dura a la cara de colada del molde es demasiado fuerte, la lente puede arrancar el vidrio de la cara de colada tras la retirada del molde. Como alternativa, ocurrirá la separación del recubrimiento del molde durante el endurecimiento si la adhesión de la cubierta dura a la cara de  
35 colada no es suficientemente fuerte. Como se discute anteriormente, la adhesión de las capas de recubrimiento a las superficies del molde puede afectarse por la modificación de superficie de la superficie del molde.

40 Los métodos descritos en la presente memoria pueden incluir etapas de recubrimiento adicionales. Por ejemplo, la capa de cubierta dura puede no recubrirse directamente sobre la cara de colada de la sección de molde. En lugar de ello, puede haber capas de recubrimiento adicionales sobre la sección de molde, aplicada cada una de forma similar sobre la capa de recubrimiento anterior y tratada cada una para evitar el daño durante las etapas posteriores del método. Como etapa final antes del ensamblado y relleno del molde, puede aplicarse la composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV.

45 Además, pueden aplicarse recubrimientos posteriores mediante métodos de recubrimiento convencionales después de formar el elemento óptico recubierto en molde y retirarlo del molde. Por ejemplo, puede recubrirse un elemento óptico de alto índice con recubrimiento duro (formado de acuerdo con los métodos de la presente invención) posteriormente con una disposición de recubrimiento antirreflejos multicapa mediante tecnología convencional.

50 Resultará evidente por la discusión anterior que los métodos de la presente invención pueden usarse para producir un elemento óptico de alto índice, tal como una lente oftálmica, que tenga un recubrimiento duro ópticamente transparente sobre una o más de sus superficies ópticas. Además, los métodos de la presente invención pueden usarse para proporcionar recubrimientos multicapa que incorporan recubrimientos tales como recubrimientos antirreflejos, recubrimientos de espejo, capas reforzantes contra impactos, capas de tinte fotocromico y capas de  
55 tintura.

### **Descripción de realizaciones de la invención**

60 Se proporcionarán ahora varios ejemplos para ilustrar realizaciones preferidas de la presente invención. Sin embargo, ha de entenderse que la siguiente descripción no va a limitar la generalidad de la descripción anterior.

#### Ejemplo 1

##### *Tratamiento de molde*

65 Se sumergen secciones de molde para tratar con silano durante 1 minuto en una solución de (3,3,3-

trifluoropropil)triclorsilano al 1% en peso en una mezcla de disolventes de petróleo ligero. Se retiran los moldes y se dejan secar durante 20 minutos. Se elimina el recubrimiento en exceso con un paño empapado en acetona.

*Composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV*

5 Se mezcla una solución de 6,78% p/p de diacrilato de polietilenglicol (400), 2,91% p/p de tris[2-(acriloxi)etil]isocianurato, 3,5% p/p de sílice coloidal acrilada, 86% p/p de acetato de metilo, 0,7% p/p de benzofenona y 0,112% p/p de Byk® 371.

10 *Formación de la capa de cubierta dura parcialmente endurecida*

Se recubren por flujo secciones de molde con una solución de composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV. Se endurece parcialmente el monómero de cubierta dura endurecible por UV sobre las secciones de molde recubiertas exponiendo las secciones de molde a una lámpara de endurecimiento por UV que proporciona una intensidad de irradiación de 0,62 W/cm<sup>2</sup> y una dosis de aproximadamente 440 mJ/cm<sup>2</sup>.

*Formación de un elemento óptico de alto índice recubierto*

20 Se ensamblan entonces las secciones de molde frontal y posterior, se rellena el molde con mezcla monomérica MR7® suministrada por Mitsui Chemicals y se endurece usando condiciones de endurecimiento estándares.

Ejemplo 2

*Tratamiento de molde*

25 Se sumergen secciones de molde para tratar con silano durante 1 minuto en una solución de diclorodifenilsilano al 1% en peso en una mezcla de disolventes de petróleo ligero. Se retiran las secciones de moldes y se dejan secar durante 20 minutos. Se elimina el recubrimiento en exceso con un paño empapado en acetona.

30 *Composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV*

35 Se mezcla una solución de 6,78% p/p de diacrilato de polietilenglicol (400), 2,91% p/p de tris[2-(acriloxi)etil]isocianurato, 3,5% p/p de sílice coloidal acrilada, 86% p/p de acetato de metilo, 0,7% p/p de benzofenona y 0,112% p/p de Byk® 371.

*Formación de la capa de cubierta dura parcialmente endurecida*

40 Se recubren por flujo secciones de molde con una solución de composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV. Se endurece parcialmente el monómero de cubierta dura endurecible por UV sobre las secciones de molde recubiertas exponiendo los moldes a una lámpara de endurecimiento por UV que proporciona una intensidad de irradiación de 0,62 W/cm<sup>2</sup> y una dosis de aproximadamente 440 mJ/cm<sup>2</sup>.

*Formación de un elemento óptico de alto índice recubierto*

45 Se ensamblan entonces las secciones de molde frontal y posterior, se rellena el molde con mezcla monomérica Finalite™ (material propiedad de Carl Zeiss Vision) como se describe en la patente de Estados Unidos 6.313.251, la patente de Estados Unidos 6.166.158 y la patente de Estados Unidos 5.977.276, y se endurece usando condiciones de endurecimiento estándares.

50 Ejemplo 3

*Tratamiento de molde*

No fue necesario un proceso de tratamiento de molde.

55 *Composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV*

60 Se mezcla una solución de 6,78% p/p de diacrilato de polietilenglicol (400), 2,91% p/p de tris[2-(acriloxi)etil]isocianurato, 3,5% p/p de sílice coloidal acrilada, 86% p/p de acetato de metilo, 0,7% p/p de benzofenona y 0,112% p/p de Byk® 371.

*Formación de la capa de cubierta dura parcialmente endurecida*

65 Se recubren por flujo secciones de molde con una solución de composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV. Se endurece parcialmente el monómero de cubierta dura endurecible por UV sobre las secciones de molde recubiertas exponiendo las secciones de molde a una lámpara de endurecimiento por UV que

proporciona una intensidad de irradiación de  $0,62 \text{ W/cm}^2$  y una dosis de aproximadamente  $440 \text{ mJ/cm}^2$ .

*Formación de un elemento óptico de alto índice recubierto*

- 5 Se ensamblan entonces las secciones de molde frontal y posterior, se rellena el molde con mezcla monomérica de episulfuro 1,70 suministrada por Mitsubishi Gas y se endurece usando condiciones estándares.

Ejemplo 4

10 *Tratamiento de molde*

- Se sumergen secciones de molde para tratar con silano durante 1 minuto en una solución de (3,3,3-trifluoropropil)triclorosilano al 1% en peso en una mezcla de disolventes de petróleo ligero. Se retiran las secciones de molde y se dejan secar durante 20 minutos. Se elimina el recubrimiento en exceso con un paño empapado en acetona.

*Composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV*

- 20 Se formula una solución de acuerdo con el Ejemplo 5 de la patente de Estados Unidos 4.544.572, en la que se mezclan 60 g de hexaacrilato de hidantoína, 40 g de tetraacrilato de pentaeritritol, 896,75 g de cloruro de metileno, 3 g de Irgacure® 651 y 0,25 g de FC-431.

*Formación de la capa de cubierta dura parcialmente endurecida*

- 25 Se recubren por flujo secciones de molde con una solución de composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV. Se endurece parcialmente el monómero de cubierta dura endurecible por UV sobre las secciones de molde recubiertas exponiendo las secciones de molde a una lámpara de endurecimiento por UV que proporciona una intensidad de irradiación de  $0,62 \text{ W/cm}^2$  y una dosis de aproximadamente  $440 \text{ mJ/cm}^2$ .

30 *Formación de un elemento óptico de alto índice recubierto*

Se ensamblan entonces las secciones de molde frontal y posterior, se rellena el molde con mezcla monomérica MR7® suministrada por Mitsui Chemicals y se endurece usando condiciones de endurecimiento estándares.

35 Ejemplo 5

*Tratamiento de molde*

- 40 Se sumergen secciones de molde para tratar con silano durante 1 minuto en una solución de (3,3,3-trifluoropropil)triclorosilano al 1% en peso en una mezcla de disolventes de petróleo ligero. Se retiran los moldes y se dejan secar durante 20 minutos. Se elimina el recubrimiento en exceso con un paño empapado en acetona.

*Composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV*

- 45 Se mezcla una solución de 60 g de U46A de Shin Nakamura, 40 g de tetraacrilato de pentaeritritol, 896,75 g de cloruro de metileno, 3 g de Irgacure 651 y 0,25g de FC-431.

*Formación de la capa de cubierta dura parcialmente endurecida*

- 50 Se recubren por flujo secciones de molde con una solución de composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV. Se endurece parcialmente el monómero de cubierta dura endurecible por UV sobre las secciones de molde recubiertas exponiendo las secciones de molde a una lámpara de endurecimiento por UV que proporciona una intensidad de irradiación de  $0,62 \text{ W/cm}^2$  y una dosis de aproximadamente  $440 \text{ mJ/cm}^2$ .

55 *Formación de un elemento óptico de alto índice recubierto*

Se ensamblan entonces las secciones de molde frontal y posterior, se rellena el molde con mezcla monomérica MR7® suministrada por Mitsui Chemicals y se endurece usando condiciones de endurecimiento estándares.

60 Ejemplo 6

*Tratamiento de molde*

- 65 Se sumergen secciones de molde para tratar con silano durante 1 minuto en una solución de (3,3,3-trifluoropropil)triclorosilano al 1% en peso en una mezcla de disolventes de petróleo ligero. Se retiran los moldes y se dejan secar durante 20 minutos. Se elimina el recubrimiento en exceso con un paño empapado en acetona.

*Composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV*

5 Se mezcla una solución de 8,4% p/p de diacrilato de polietilenglicol (400), 2,1% p/p de tris[2-(acriloxi)etil]isocianurato, 2,8% p/p de sílice coloidal acrilada, 86% p/p de acetato de metilo, 0,7% p/p de Irgacure® 651 y 0,112% p/p de Byk® 300.

*Formación de la capa de cubierta dura parcialmente endurecida*

10 Se recubren por flujo secciones de molde con una solución de composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV. Se endurece parcialmente el monómero de cubierta dura endurecible por UV sobre las secciones de molde recubiertas exponiendo las secciones de molde a una lámpara de endurecimiento por UV que proporciona una intensidad de irradiación de 0,62 W/cm<sup>2</sup> y una dosis de aproximadamente 440 mJ/cm<sup>2</sup>.

15 *Formación de un elemento óptico de alto índice recubierto*

Se ensamblan entonces las secciones de molde frontal y posterior, se rellena el molde con mezcla monomérica MR10® suministrada por Mitsui Chemicals y se endurece usando condiciones de endurecimiento estándares.

20 Ejemplo 7

*Tratamiento de molde*

25 Se proponer sumergir secciones de molde para tratar con silano durante 1 minuto en una solución de (3,3,3-trifluoropropil)triclorsilano al 1% en peso en una mezcla de disolventes de petróleo ligero. Se retiran las secciones de molde y se dejan secar durante 20 minutos. Se elimina el recubrimiento en exceso con un paño empapado en acetona.

*Composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV*

30 Se propone mezclar una solución que contiene 4,45% p/p de tetraacrilato de pentaeritritol, 6,67% p/p de trimetilolpropanotriglicidiléter, 2,1% p/p de sílice coloidal acrilada, 86% p/p de cloruro de metileno, 0,7% p/p de hexafluorofosfato de triarilsulfonio y 0,084% p/p de Byk® 371.

35 *Formación de la capa de cubierta dura parcialmente endurecida*

Se recubren por flujo secciones de molde con una solución de composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV. Se endurece parcialmente el monómero de cubierta dura endurecible por UV sobre las secciones de molde recubiertas exponiendo las secciones de molde a una lámpara de endurecimiento por UV que proporciona una intensidad de irradiación de 0,62 W/cm<sup>2</sup> y una dosis de aproximadamente 440 mJ/cm<sup>2</sup>.

40

*Formación de un elemento óptico de alto índice recubierto*

45 Se ensamblan entonces las secciones de molde frontal y posterior, se rellena el molde con mezcla monomérica MR7® suministrada por Mitsui Chemicals y se endurece usando condiciones de endurecimiento estándares.

Resultados

50 Se muestran en la Tabla 1 las propiedades físicas de las lentes oftálmicas formadas de acuerdo con los Ejemplos 1 a 6.

En todos los casos, se formaron lentes de alto índice que tenían una resistencia a la abrasión y durabilidad a la intemperie comercialmente aceptables y no se observaron patrones de interferencia significativos.

55 Tabla 1

	Resistencia a la abrasión por lana de vidrio	Durabilidad a la intemperie	Anillos de interferencia	Tintabilidad
Ejemplo 1	Excelente	Excelente	Ninguno	-
Ejemplo 2	Excelente	Excelente	Ninguno	-
Ejemplo 3	Excelente	Excelente	Ligero	-
Ejemplo 4	Excelente	Excelente	Ninguno	-
Ejemplo 5	Excelente	Excelente	Ninguno	-

Ejemplo 6	Excelente	Excelente	Ninguno	Buena
-----------	-----------	-----------	---------	-------

5 Finalmente, se apreciará que resultarán evidentes para los expertos en la materia diversas modificaciones y variaciones de los métodos y artículos de la invención descritos en la presente memoria sin apartarse del alcance de la invención. Aunque la invención se ha descrito con respecto a realizaciones preferidas específicas, debería entenderse que la invención tal como se reivindica no debería limitarse indebidamente a dichas realizaciones específicas. Es más, se pretende que diversas modificaciones de los modos de llevar a cabo la invención descritos que son evidentes para los expertos en los campos relevantes estén dentro del alcance de la presente invención.

## REIVINDICACIONES

1. Un método de formación de un elemento óptico recubierto, incluyendo el método:

5 proporcionar un ensamblaje de molde que tiene secciones de molde enfrentadas, teniendo cada sección de molde una cara de colada, formando las caras de colada una cavidad de molde en el molde cuando se ensamblan;

aplicar una composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV a al menos parte de la cara de colada de al menos una de las secciones de molde, formando una capa monomérica de cubierta dura;

10 irradiar la capa monomérica de cubierta dura con radiación UV en condiciones que formen una capa de cubierta dura parcialmente endurecida;

rellenar el molde ensamblado con un material precursor de elemento óptico de alto índice; y

15 endurecer el material precursor de elemento óptico y la capa de cubierta dura parcialmente endurecida, formando un elemento óptico de alto índice que tiene una cubierta dura, caracterizado porque el material precursor de elemento óptico de alto índice se selecciona de uno o más del grupo consistente en tiouretanos, episulfuros y Finalite® (una mezcla monomérica de un monómero acrílico o metacrílico, un compuesto di- o polióico y un monómero di- o polivinílico).

2. Un método según la reivindicación 1, en el que la composición monomérica de cubierta dura incluye un monómero de cubierta dura endurecible por UV seleccionado del grupo consistente en un monómero de (met)acrilato endurecible por UV, un monómero epoxídico endurecible por UV y una mezcla de los mismos.

25 3. Un método según la reivindicación 2, en el que el monómero de (met)acrilato endurecible por UV se selecciona del grupo consistente en tetraacrilato de pentaeritritol, tris[2-(acriloxi)etil]socioanurato, triacrilato de trimetilolpropilo, hexacrilato de dipentaeritritol, 2,2,4,4,6,6-hexahidro-2,2,4,4,6,6-hexaquis(2-((2-metil-1-oxo-2-propenil)oxi)etoxi)-1,3,5,2,4,6-triazatrifosforina, U6HA ((met)acrilato de uretano hexafuncional), U4HA ((met)acrilato de uretano tetrafuncional), diacrilato de triclododecanodimetanol, diacrilato de tris(2-hidroxietil)socioanurato y mezclas de los mismos.

30 4. Un método según la reivindicación 3, en el que la composición monomérica de (met)acrilato endurecible por UV contiene adicionalmente un monómero de (met)acrilato difuncional flexible, seleccionado preferiblemente de uno o más del grupo consistente en di(met)acrilatos de alquileo y di(met)acrilatos de poli(óxido de alquileo).

5. Un método según la reivindicación 4, en el que el di(met)acrilato de alquileo es diacrilato de hexanodiol.

40 6. Un método según la reivindicación 4, en el que el di(met)acrilato de poli(óxido de alquileo) se selecciona de uno o más del grupo consistente en diacrilato de polietilenglicol 200, diacrilato de polietilenglicol, 400, diacrilato de polietilenglicol 600, diacrilato de tripropilenglicol y diacrilato de polipropilenglicol 400, dimetacrilato de polietilenglicol 200, dimetacrilato de polietilenglicol 400 y dimetacrilato de polietilenglicol 600.

45 7. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, en el que la composición monomérica de cubierta dura incluye una mezcla de tris[2-(acriloxi)etil]socioanurato y diacrilato de polietilenglicol, preferiblemente en una relación 7:3.

50 8. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7, en el que el monómero epoxídico endurecible por UV es un monómero epoxídico difuncional, trifuncional o multifuncional, seleccionado preferiblemente de uno o más del grupo consistente en etilenglicoldiglicidiléter, dietilenglicoldiglicidiléter, polietilenglicoldiglicidiléter, propilenglicoldiglicidiléter, dipropilenglicoldiglicidiléter, tripropilenglicoldiglicidiléter, polipropilenglicoldiglicidiléter, neopentilenglicoldiglicidiléter, 1,6-hexanodioldiglicidiléter, glicerindiglicidiléter, pentaeritritoldiglicidiléter, trimetilolpropanotriglicidiléter, pentaeritritoltriglicidiléter, gliceroltriglicidiléter, digliceroltriglicidiléter, digliceroltetraglicidiléter, pentaeritritoltetraglicidiléter, dipentaeritritoltetraglicidiléter, bisfenol A-diglicidiléter (BPADGE), bisfenol F-diglicidiléter y sus análogos de cadena alargada, 1,4-butanodioldiglicidiléter, diglicidiléteres de tetrabromobisfenol A y éteres basados en epóxido de 4,4'-bifenileno.

55 9. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la composición monomérica de cubierta dura endurecible por UV contiene un potenciador de la dureza, preferiblemente sílice coloidal.

60 10. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el material precursor de elemento óptico de alto índice es un tiouretano.

65 11. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el índice de refracción de la capa de cubierta dura aumenta mediante la adición de partículas coloidales de alto índice, preferiblemente seleccionadas del grupo consistente en dióxido de titanio, dióxido de circonio, óxido de antimonio y mezclas de los

mismos.

12. Un método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el elemento óptico es una lente oftálmica.

5

13. Un elemento óptico de alto índice que tiene una cubierta dura formada según los métodos de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.

14. Un elemento óptico de alto índice según la reivindicación 13, en el que el elemento óptico es una lente oftálmica.

10