

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 784 553**

51 Int. Cl.:

**G02B 1/10** (2015.01)

**G02B 1/11** (2015.01)

**B32B 7/02** (2009.01)

**G02B 1/18** (2015.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.10.2012 PCT/US2012/059534**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.04.2014 WO14058420**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.10.2012 E 12886300 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2020 EP 2906971**

54 Título: **Lentes antirreflectantes y métodos para fabricarlas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.09.2020**

73 Titular/es:  
**QSPEX TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)**  
**1525 Bluegrass Lakes Parkway**  
**Alpharetta, GA 30004, US**

72 Inventor/es:  
**SU, KAI, C.;**  
**STEBBINS, LESLIE, F.;**  
**MANTCH, BILL y**  
**LETTER, EUGENE, C.**

74 Agente/Representante:  
**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 784 553 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**

Lentes antirreflectantes y métodos para fabricarlas

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere en general a una superficie óptica y, más particularmente, a una lente antirreflectante y a los métodos para fabricarla.

**Antecedentes de la invención**

10 Una lente antirreflectante normalmente se forma con un recubrimiento antirreflectante en una lente oftálmica de plástico. Los recubrimientos antirreflectantes (AR, por sus siglas en inglés) se aplican a las superficies de las lentes oftálmicas y otros dispositivos ópticos para reducir la reflexión. En particular, para las lentes oftálmicas, una menor reflexión no hace solo que se vea mejor, sino que, lo que es más importante funcionan mejor porque producen menos deslumbramiento al eliminar múltiples reflejos, lo que es particularmente importante cuando se conduce de noche o se trabaja frente a un monitor de una computadora. Un menor resplandor significa que los usuarios encontrarán a menudo sus ojos menos cansados, particularmente al final del día. Los recubrimientos AR también permiten que pase más luz a través de la lente, lo que aumenta el contraste y, por lo tanto, también la agudeza visual.

15 El arte de fundir lentes oftálmicas de plástico implica introducir un material formador de lentes entre dos moldes y luego polimerizar el material formador de lentes para convertirlo en un sólido. Las formulaciones de plástico líquido, como el monómero CR39, se inyectan en una cavidad formada por moldes frontales y traseros que han sido provistos de superficies de molde pulidas interiores para las superficies acabadas de las lentes. El plástico se cura en el molde y, luego, el molde se separa para producir una lente oftálmica completa que cumpla con una prescripción seleccionada. La lente se rectifica alrededor del borde para que se ajuste al marco seleccionado. Los recubrimientos se pueden aplicar a la lente terminada o al interior del molde frontal o posterior, con lo que se unirán a la lente al curar.

20 Algunos optometristas ofrecen servicios ópticos in situ. Varias compañías han desarrollado métodos por los cuales las lentes se pueden montar en el local de trabajo o servicio. Sin embargo, los métodos actuales de aplicar recubrimientos AR a las gafas requieren que se envíen a una instalación diferente porque los recubrimientos AR deben aplicarse mediante deposición de vapor al vacío. Por supuesto, esto significa tiempo y gastos adicionales. Por lo tanto, existe la necesidad de diseñar un método para fabricar gafas con un recubrimiento AR in situ.

25 Un tipo de recubrimiento AR que se usa para lentes oftálmicas es una pila alterna de un material de alto índice y un material de bajo índice. El material de bajo índice más utilizado es el dióxido de silicio; en cambio, el dióxido de circonio y/o dióxido de titanio se usan a menudo como material de alto índice.

30 Un problema con los recubrimientos AR, particularmente cuando se aplica a lentes oftálmicas de plástico, es la adhesión. Los recubrimientos AR generalmente se aplican por deposición al vacío. Es bien sabido que la adhesión de recubrimientos depositados al vacío a sus sustratos es, en general, problemática. El material orgánico de la lente de plástico y el material inorgánico AR no se adhieren fácilmente entre sí, lo que provoca el desprendimiento o el rascado. En consecuencia, se necesita un nuevo método para aplicar un recubrimiento AR a una lente de plástico con mayor adherencia.

35 Se entiende que varias patentes describen el uso de silanos para unir una matriz inorgánica a una matriz orgánica. La Patente de Estados Unidos N° 5.733.483 de Soane et al. muestra el uso de una capa de acoplamiento para unir una multicapa AR hecha de óxido de silicio y una lente que contiene acrilato. El agente de acoplamiento tiene una cabeza de siloxi y una cola de acrilato. Un ejemplo de un silano usado en esta es el metacriloxipropiltrimetoxisilano.

40 La patente de los Estados Unidos N° 4.615.947 de Goosens muestra un acrílico mezclado con un organopolisiloxano para aumentar la adhesión de un revestimiento duro de organosiloxano en un sustrato termoplástico. La Patente de los Estados Unidos Núm. 5.025.049 de Takarada et al. también muestra una imprimación para aumentar la adhesión de una capa de organopolisiloxano en un sustrato termoplástico. La imprimación es una mezcla de un copolímero orgánico que incluye un monómero alcoxisililado y otros ingredientes.

45 Otras patentes discuten el uso de silanos para unir una matriz orgánica a otra matriz orgánica. La Patente de los Estados Unidos Núm. 6.150.430 de Walters et al. muestra el uso de silanos organofuncionales para mejorar la adherencia de una capa polimérica orgánica a un sustrato polimérico orgánico.

50 La Patente de Estados Unidos N° 5.096.626 de Takamizawa et al. muestra una lente de plástico que tiene un recubrimiento AR y/o un recubrimiento duro. La patente discute la mala adhesión de los métodos de la técnica anterior y dice que logran una excelente adhesión al formar la lente usando un conjunto de moldes, en el que el recubrimiento AR se aplica primero a uno de los moldes y, luego, el monómero de la lente se vierte entre los moldes y se polimeriza. Se puede incluir un agente de acoplamiento de silano tal como el metacriloxipropiltrimetoxisilano en

la solución de recubrimiento duro/recubrimiento AR, que puede contener sílice coloidal, óxido de antimonio coloidal o dióxido de titanio coloidal.

La patente de Estados Unidos N° 6.986.857 de Klemm et al. muestra un método para ensamblar una lente con una capa superior, capa AR, capa resistente a los arañazos, imprimación resistente al impacto y sustrato de la lente. La solución de Klemm al problema de la mala adherencia de la capa superior al revestimiento AR es aplicar la primera capa del revestimiento AR (que comprende una pila de cuatro capas) como dos subcapas de SiO<sub>2</sub>. Se aplica otra capa delgada de SiO<sub>2</sub> entre la pila AR y el revestimiento resistente a los arañazos para mejorar la adherencia entre los dos.

Las referencias anteriores en general usan una química de sol gel y requieren mucho calor ( $\geq 80^{\circ}\text{C}$ ). Sin embargo, el calentamiento a altas temperaturas no es adecuado para moldear ni curar lentes en moldes de plástico porque la superficie óptica del molde se deforma.

Por lo tanto, existe una necesidad hasta ahora no abordada en la técnica para tratar las deficiencias e insuficiencias mencionadas anteriormente.

Los documentos US 2004/065968 A1, WO 01/20900 A2, US 2004/082699 A1 y US 5 733 483 A conforman la técnica anterior relevante para la presente invención.

### Sumario de la invención

La presente invención está dirigida únicamente a un molde según la reivindicación 1. Las realizaciones preferidas están sujetas a las reivindicaciones dependientes.

En un aspecto, la presente invención se refiere a un método para aplicar un recubrimiento de AR a un sustrato de plástico tal como una lente oftálmica de plástico, en el que el recubrimiento de AR exhibe una buena adhesión al sustrato y el método se pone en práctica evitando temperaturas altas o elevadas. Un aspecto novedoso de esta invención es el uso de silanos dipodales en recubrimientos súper hidrófobos. Inesperadamente, se descubrió que el uso de una cantidad efectiva de silano dipodal en un recubrimiento súper hidrófobo en el molde de la lente hace que el recubrimiento AR sea estable. Si no se usa silano dipodal o se utiliza muy poco de éste, el recubrimiento AR se agrieta en el molde o en las lentes.

En otro aspecto de esta invención, que se describirá con más detalle en el presente documento, se aplica una capa de un agente de acoplamiento de azasilano cíclico al molde revestido con AR para promover la adhesión del revestimiento duro. Se cree que es la primera vez en la industria, y solo por el descubrimiento inventivo de la presente invención, que los azasilanos cíclicos se utilizan en procesos de formación de lentes ópticas no acuosas como agentes de acoplamiento.

Empleando las características mencionadas anteriormente, la presente invención se refiere a un método, práctico y económicamente viable, de fabricación in situ de una lente oftálmica de plástico, particularmente una lente para gafas que tiene un recubrimiento AR.

En un aspecto, la presente invención se refiere a un método para aplicar un recubrimiento antirreflectante en una superficie óptica de un molde. En una realización, el método incluye los pasos de proporcionar un molde de lente con una superficie óptica; formar una capa de deposición de un material de fluoruro u óxido en la superficie óptica del molde de la lente; formar una capa de un material hidrofóbico sobre la capa de deposición, en donde el material hidrofóbico contiene una cantidad de silano dipodal que es un porcentaje relativo del material hidrofóbico; formar una primera capa de SiO<sub>2</sub> con un espesor de aproximadamente 5 a 40 nm sobre la capa del material hidrofobo; formar una estructura en capas de revestimiento antirreflectante sobre la primera capa de SiO<sub>2</sub>; y formar una capa de un agente de acoplamiento de silano que se deposita con un espesor de monocapa a la estructura en capas del revestimiento antirreflectante, por deposición de vapor en condiciones apróticas o por recubrimiento por inmersión usando una solución de un agente de acoplamiento de silano en un disolvente aprótico.

En una realización, la capa de deposición está adaptada para proporcionar una adhesión temporal entre la superficie del molde y la capa hidrofoba de manera que todas las capas subsiguientes permanezcan adherentes entre sí. La capa de deposición está formada por LiF, MgF<sub>2</sub>, CaF<sub>2</sub>, SrF<sub>2</sub>, BaF<sub>2</sub>, LaF<sub>3</sub>, CeF<sub>3</sub>, HfF<sub>4</sub>, NdF<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, HfO<sub>2</sub>, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, TiO<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, o una combinación de estos. Preferiblemente, la capa de deposición está formada por MgF<sub>2</sub> con la agente suministrante de iones y tiene un espesor de aproximadamente 45 nm.

En una realización, la capa hidrofóbica es una capa superhidrofóbica con un grosor de aproximadamente 30 a 40 nm y la cantidad de silano dipodal es de aproximadamente 1,7-8,3% en peso de dicho material superhidrofóbico.

En una realización, el paso de formar la estructura en capas de revestimiento antirreflectante sobre la capa de un material súper hidrófobo se puede realizar con los pasos de formar una segunda capa de SiO<sub>2</sub> que se deposita usando agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 100 nm en la primera capa de SiO<sub>2</sub>; formar una primera capa de ZrO<sub>2</sub> con un espesor de aproximadamente 40 a 50 nm en la segunda capa de SiO<sub>2</sub>; formar una tercera capa de SiO<sub>2</sub> que se deposita con la agente suministrante de iones y con un espesor de

aproximadamente 10 a 20 nm en la primera capa de ZrO<sub>2</sub>; formar una segunda capa de ZrO<sub>2</sub> con un espesor de aproximadamente 50 a 70 nm en la tercera capa de SiO<sub>2</sub>; formar una cuarta capa de SiO<sub>2</sub> que se deposita con la agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 25 a 40 nm en la segunda capa de ZrO<sub>2</sub>; formar una tercera capa de ZrO<sub>2</sub> con un espesor de aproximadamente 10 a 25 nm en la cuarta capa de SiO<sub>2</sub>; y formar una quinta capa de SiO<sub>2</sub> que se deposita con la agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 15 nm en la tercera capa de ZrO<sub>2</sub>.

En una realización, el silano dipodal puede ser bis (trimetoxisililpropil) amina.

En una realización, la capa del agente de acoplamiento está formada por una composición que comprende azasilanos cíclicos. En una realización particular, la capa del agente de acoplamiento está formada por N-n-butil-aza-2,2-dimetoxi-silaciclopentano.

En otro aspecto, la presente invención se refiere a un molde con una superficie óptica que tiene un recubrimiento antirreflectante que es transferible a una superficie óptica de una lente. En diversas realizaciones, dicho molde tiene una capa de deposición de un material de fluoruro u óxido depositado en la superficie óptica; una capa de un material hidrófobo sobre la capa de deposición en la que el material hidrófobo contiene una cantidad de silano dipodal que es un porcentaje relativo del material hidrófobo; una primera capa de SiO<sub>2</sub> que se deposita sin usar iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 40 nm depositado en la capa del material hidrófobo; una estructura en capas de revestimiento antirreflectante depositada sobre la primera capa de SiO<sub>2</sub>; y una capa de un agente de acoplamiento de silano con un espesor de monocapa depositado sobre la estructura en capas de revestimiento antirreflectante por deposición de vapor o por recubrimiento por inmersión usando una solución de un agente de acoplamiento de silano en un disolvente aprótico.

En una realización, la capa de deposición está adaptada para proporcionar una adhesión temporal entre la superficie del molde y la capa hidrófoba de manera que todas las capas subsiguientes permanezcan adherentes entre sí. La capa de deposición está formada por LiF, MgF<sub>2</sub>, CaF<sub>2</sub>, SrF<sub>2</sub>, BaF<sub>2</sub>, LaF<sub>3</sub>, CeF<sub>3</sub>, HfF<sub>4</sub>, NdF<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, HfO<sub>2</sub>, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, TiO<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, o una combinación de ellos. Preferiblemente, la capa de deposición está formada por MgF<sub>2</sub> usando la agente suministrante de iones y tiene un espesor de aproximadamente 45 nm.

En una realización, la capa hidrofóbica es una capa superhidrofóbica con un grosor de aproximadamente 30 a 40 nm y la cantidad de silano dipodal es de aproximadamente 1,7-8,3% en peso de dicho material superhidrofóbico.

En una realización, la estructura en capas de revestimiento antirreflectante incluye una segunda capa de SiO<sub>2</sub> que se deposita usando agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 100 nm a la primera capa de SiO<sub>2</sub>; una primera capa de ZrO<sub>2</sub> con un espesor de aproximadamente 40 a 50 nm depositado en la segunda capa de SiO<sub>2</sub>; una tercera capa de SiO<sub>2</sub> que se deposita con la agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 10 a 20 nm a la primera capa de ZrO<sub>2</sub>; una segunda capa de ZrO<sub>2</sub> con un espesor de aproximadamente 50 a 70 nm depositado en la tercera capa de SiO<sub>2</sub>; una cuarta capa de SiO<sub>2</sub> que se deposita con la agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 25 a 40 nm a la segunda capa de ZrO<sub>2</sub>; una tercera capa de ZrO<sub>2</sub> con un espesor de aproximadamente 10 a 25 nm depositado en la cuarta capa de SiO<sub>2</sub>; y una quinta capa de SiO<sub>2</sub> que se deposita con la agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 15 nm a la tercera capa de ZrO<sub>2</sub>.

En una realización, el silano dipodal puede ser bis (trimetoxisililpropil) amina.

En una realización, la capa del agente de acoplamiento está formada por una composición que comprende azasilanos cíclicos. En diversas realizaciones, la capa del agente de acoplamiento está formada por N-n-butil-aza-2,2-dimetoxi-silaciclopentano.

En otro aspecto, la presente invención se refiere a una lente óptica. La lente óptica tiene un cuerpo de lente con una superficie óptica, una capa de recubrimiento duro sobre la superficie óptica y un recubrimiento antirreflectante formado en el recubrimiento duro, donde en diversas realizaciones, el recubrimiento antirreflectante tiene una capa de agente de acoplamiento de silano con un espesor de monocapa sobre la capa de recubrimiento duro; una estructura en capas de revestimiento antirreflectante sobre la capa del agente de acoplamiento de silano; una primera capa de SiO<sub>2</sub> que se deposita sin usar ningún agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 40 nm respecto a la estructura en capas de revestimiento antirreflectante sobre la capa de un agente de acoplamiento; y una capa de un material hidrófobo con un espesor de aproximadamente 30 a 40 nm respecto a la primera capa de SiO<sub>2</sub>, en donde el material hidrófobo contiene silano dipodal.

En una realización, la capa hidrofóbica es una capa superhidrofóbica con un grosor de aproximadamente 30 a 40 nm y la cantidad de silano dipodal es de aproximadamente 1,7-8,3% en peso de dicho material superhidrofóbico.

En una realización, el silano dipodal puede ser bis (trimetoxisililpropil) amina.

En una realización, la capa del agente de acoplamiento está formada por una composición que comprende azasilanos cíclicos. En diversas realizaciones, la capa del agente de acoplamiento está formada por N-n-butil-aza-2,2-dimetoxi-silaciclopentano. En otro aspecto más, la presente invención se refiere a un método para aplicar un

5 recubrimiento antirreflectante a una superficie óptica de un molde. En una realización, el método incluye los pasos de proporcionar un molde de lente que tiene una superficie óptica; formar una capa de un material superhidrofóbico con un espesor de aproximadamente 30 a 40 nm sobre la superficie óptica, donde el material superhidrofóbico contiene silano dipodal; formar una estructura en capas de revestimiento antirreflectante sobre la capa del material súper hidrófobo; y formar una capa de un agente de acoplamiento con un espesor de monocapa sobre la estructura estratificada de revestimiento antirreflectante por deposición de vapor en condiciones apróticas o por recubrimiento por inmersión usando una solución de un agente de acoplamiento de silano en un disolvente aprótico.

En una realización, el paso de formar una estructura en capas de revestimiento antirreflectante sobre la capa de material súper hidrófobo se puede realizar con los pasos de:

10 (1) formar una primera capa de un primer material con un primer índice de refracción y un espesor de aproximadamente 5 a 100 nm sobre la capa del material súper hidrófobo;

(2) formar una segunda capa de un segundo material con un segundo índice de refracción y un espesor de aproximadamente 40 a 50 nm, a la primera capa;

15 (3) formar una tercera capa del primer material con el primer índice de refracción y un espesor de aproximadamente 10 a 20 nm, a la segunda capa;

(4) formar una cuarta capa del segundo material con el segundo índice de refracción y un espesor de aproximadamente 50 a 70 nm, a la tercera capa;

(5) formar una quinta capa del primer material con el primer índice de refracción y un espesor de aproximadamente 25 a 40 nm, a la cuarta capa;

20 (6) formar una sexta capa del segundo material con el segundo índice de refracción y un espesor de aproximadamente 10 a 25 nm, a la quinta capa; y

(7) formar una séptima capa del primer material con el primer índice de refracción y un espesor de aproximadamente 5 a 15 nm, a la sexta capa.

25 En una realización, el primer índice de refracción L y el segundo índice de refracción H satisfacen una relación de  $H/L > 1$ . En otras palabras, el valor del segundo índice de refracción es mayor que el valor del primer índice de refracción.

En una realización, el primer material con el primer índice de refracción comprende  $\text{SiO}_2$ , y el segundo material con el segundo índice de refracción comprende  $\text{ZrO}_2$ .

30 En la práctica de la presente invención de acuerdo con los métodos expuestos anteriormente, cada capa de  $\text{SiO}_2$  en la estructura estratificada de revestimiento antirreflectante se deposita con un agente suministrante de iones o sin agente suministrante de iones.

35 Se observa además que estas capas antirreflectantes pueden depositarse mediante técnicas conocidas en la técnica, tales como la evaporación por resistencia, evaporación por haz de electrones, pulverización catódica y otras técnicas conocidas. En algunos casos, es deseable suministrar iones a las técnicas de evaporación exponiendo la corriente de evaporación a un plasma de argón u oxígeno durante la deposición. Por otro lado, en algunos otros casos es deseable no suministrar iones en las técnicas de evaporación.

En una realización, el silano dipodal puede ser bis (trimetoxisililpropil) amina.

40 En una realización, la capa de agente de acoplamiento está formada por una composición que comprende azasilanos cíclicos. En una realización particular, la capa de agente de acoplamiento está formada por N-n-butyl-aza-2,2-dimetoxi-silaciclopentano.

45 En otro aspecto más, la presente invención se refiere a un molde con una superficie óptica que tiene un recubrimiento antirreflectante que es transferible a una superficie óptica de una lente. En diversas realizaciones, dicho molde tiene una capa de un material hidrófobo depositado sobre una superficie óptica del molde, en el que el material hidrófobo contiene una cantidad de silano dipodal que tiene un porcentaje relativo del material hidrófobo; una estructura en capas de revestimiento antirreflectante depositada sobre la capa del material hidrófobo; y una capa de un agente de acoplamiento que se deposita usando deposición de vapor y con un espesor de monocapa depositado sobre la estructura en capas de revestimiento antirreflectante. En una realización, la capa hidrofóbica es una capa superhidrofóbica que tiene un grosor de aproximadamente 30 a 40 nm, y la cantidad de silano dipodal es de aproximadamente 1,7-8,3% en peso de dicho material superhidrofóbico.

50 En una realización, el silano dipodal puede ser bis (trimetoxisililpropil) amina.

En otro aspecto, la presente invención se refiere a una lente óptica. La lente óptica tiene un cuerpo de lente con una superficie óptica y un revestimiento antirreflectante formado sobre la superficie óptica, en la que, en diversas

realizaciones, el revestimiento antirreflectante tiene una capa de un agente de acoplamiento con un espesor de monocapa depositado sobre la superficie óptica; una estructura en capas de revestimiento antirreflectante depositada sobre la capa del agente de acoplamiento; y una capa de un material hidrófobo depositado sobre la estructura en capas del revestimiento antirreflectante. En una realización, la capa hidrofóbica es una capa superhidrofóbica que tiene un grosor de aproximadamente 30 a 40 nm, y la cantidad de silano dipodal es de aproximadamente 1,7-8,3% en peso de dicho material superhidrofóbico.

En un aspecto, la presente invención se refiere a un agente de acoplamiento utilizable en la fabricación de lentes. En una realización, el agente de acoplamiento de silano comprende azasilanos cíclicos. En una realización específica, los azasilanos cíclicos comprenden N-n-butil-aza-2,2-dimetoxi-silaciclopentano.

Estos y otros aspectos de la presente invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción de la realización preferida tomada junto con los siguientes dibujos, aunque pueden verse afectadas por algunas variaciones y modificaciones sin apartarse del espíritu y el alcance de los nuevos conceptos de la descripción.

### Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra reacciones químicas relacionadas con agentes de acoplamiento utilizados en la técnica relacionada para fabricar lentes recubiertas antirreflectantes.

La Figura 2 muestra reacciones químicas relacionadas con agentes de acoplamiento utilizados para fabricar lentes recubiertas antirreflectantes de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 3 muestra la preparación de un molde de lente recubierto antirreflectante de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 4 muestra la preparación de un molde de lente recubierto antirreflectante de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 5 muestra la preparación de un molde de lente recubierto antirreflectante de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 6 muestra la preparación de un molde de lente recubierto antirreflectante de acuerdo con una realización de la presente invención.

### Descripción detallada de la invención

La presente invención se describe más particularmente en los siguientes ejemplos con los que se pretende ser ilustrativos solo, ya que serán evidentes para los expertos en la materia numerosas modificaciones y variaciones. Varias realizaciones de la invención se describen a continuación con detalle. Con referencia a los dibujos, los números iguales indican partes similares en todas las vistas. Como se usa en la presente descripción y en todas las reivindicaciones que siguen, el significado de "una/un", "un" y "la/el" incluye una referencia al plural a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Además, como se usa en esta descripción y en todas las reivindicaciones que siguen, el significado de "en" incluye el propio "en" y "sobre" a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

Los términos usados en esta memoria descriptiva generalmente tienen sus significados ordinarios en la técnica, dentro del contexto de la invención y en el contexto específico en el que se use cada término. Ciertos términos que se usan para describir la invención se discuten a continuación, o en otras partes de la memoria descriptiva, para proporcionar una guía adicional al profesional con respecto a la descripción de la invención. El uso de ejemplos en cualquier parte de esta memoria descriptiva, incluidos los ejemplos de cualquiera de los términos discutidos en este documento, es solo ilustrativo, y de ninguna manera limita el alcance y el significado de la invención o de cualquier término ejemplificado. Asimismo, la invención no se limita a las diversas realizaciones dadas en esta memoria descriptiva.

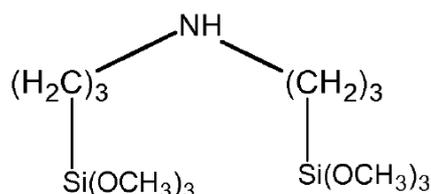
Tal y como se usa en el presente documento, "alrededor de", "cerca de" o "aproximadamente" generalmente significarán más o menos el 20 por ciento, preferiblemente más o menos el 10 por ciento, y más preferiblemente más o menos el 5 por ciento de un valor o intervalo dado. Las cantidades numéricas dadas en este documento son aproximadas, lo que significa que las expresiones "alrededor de", "cerca de" o "aproximadamente" pueden inferirse si no se indica expresamente.

### Compendio de la invención

La descripción se realizará respecto a las realizaciones de la presente invención junto con los dibujos adjuntos en las Figuras 1-6. De acuerdo con los propósitos de esta invención, tal como se realiza y se describe ampliamente en este documento, esta invención se refiere a lentes de gafas recubiertas con AR, composiciones y métodos para fabricar lentes con AR.

De acuerdo con diversas realizaciones de la presente invención, se aplica una capa de  $\text{MgF}_2$  usando un agente suministrante de iones a una superficie óptica limpia de un molde de plástico, preferiblemente con un espesor de aproximadamente 45 nm. Luego se aplica una capa de recubrimiento de un material súperhidrófobo. El material súperhidrófobo contiene aproximadamente 1,7-8,3% en peso de silano dipodal en peso con respecto al material súperhidrófobo. Después del recubrimiento súperhidrófobo, se aplica un recubrimiento antirreflectante (AR). El revestimiento AR es una estructura en capas con múltiples capas de materiales dieléctricos (de 4 a 7 capas o incluso más) que se aplican por deposición al vacío, de modo que la primera y la última capa son capas de  $\text{SiO}_2$  suministrantes de iones. Preferiblemente, el revestimiento antirreflectante es una estructura en capas con múltiples capas de tres o más materiales dieléctricos que tienen índices de refracción alternos altos y bajos.

Los silanos dipodales están disponibles en Gelest, Inc. Un silano dipodal preferido puede ser la bis(trimetoxisililpropil) amina que tiene la fórmula:



Se aplica una capa de azasilano cíclico como agente de acoplamiento de silano al molde revestido con AR para promover la adhesión del revestimiento duro. La capa del agente de acoplamiento debe aplicarse en condiciones apróticas. Esto se puede hacer utilizando métodos comúnmente practicados en la industria de lentes en la actualidad (como centrifugación, pulverización, inmersión, revestimiento al vacío). El silano del agente de acoplamiento se unirá al revestimiento antirreflectante y el grupo funcional se unirá al revestimiento duro orgánico, respectivamente. La capa de agente de acoplamiento se aplica a temperatura ambiente.

La siguiente capa de recubrimiento aplicada al molde es el recubrimiento resistente a los arañazos (duro). El revestimiento duro se puede aplicar por métodos convencionales utilizados en la industria de lentes, incluido el recubrimiento por centrifugación, pulverización o inmersión seguido de curado.

El procedimiento ejemplar ilustrado anteriormente puede aplicarse repetidamente a diferentes superficies ópticas de un conjunto de molde óptico que contiene un molde frontal y un molde posterior. Después de las aplicaciones del recubrimiento en los moldes delantero y trasero, los moldes se ensamblan con un anillo espaciador para formar el ensamblaje del molde óptico. La cavidad del ensamblaje se rellena con una formulación del material de la lente y se cura. Una vez que se completa el curado, la lente se retira del ensamblaje. Todos los recubrimientos, excepto el  $\text{MgF}_2$ , se transfieren a la lente para que la lente tenga recubrimientos súperhidrófobos, antirreflectantes y resistentes a los arañazos. Este procedimiento también se puede usar para fabricar lentes polarizadas y fotocromáticas.

Por lo tanto, en un aspecto, más específicamente, la invención se refiere a un método para fabricar un sustrato de plástico revestido con AR y una buena adhesión del revestimiento de AR. El sustrato plástico, en una realización, es una lente de gafas oftálmicas de plástico.

En otro aspecto, la invención se refiere a un método para fabricar lentes oftálmicas de gafas recubiertas con AR in situ.

Un recubrimiento AR se aplica comúnmente a la superficie de las lentes para reducir la reflexión. A menudo, el revestimiento AR está hecho de múltiples capas de materiales de alto índice y bajo índice como  $\text{ZrO}_2$  y  $\text{SiO}_2$ . Un problema con los recubrimientos AR de sílice inorgánica es que no se adhieren fácilmente a las lentes orgánicas de plástico. La presente invención resuelve con éxito el problema, entre otras cosas, utilizando una capa de acoplamiento entre el revestimiento AR de sílice inorgánica y la lente. En una realización de la presente invención, la capa de acoplamiento se forma utilizando azasilano cíclico.

En general, el método para formar una lente oftálmica con un recubrimiento AR sobre la misma comprende los pasos de preparar el primer y segundo moldes con superficies ópticas opuestas. En una realización preferida, se usan moldes y una junta, tal y como se describe en la Patente de Estados Unidos N° 7.114.696. Se aplican diversos revestimientos deseados al interior de uno o ambos moldes. Los moldes con los revestimientos sobre los mismos se colocan en un ensamblaje de la junta que proporciona un espacio entre los moldes. Se coloca un monómero líquido en el espacio y se cura para proporcionar la lente.

Los moldes pueden estar formados por cualquier material adecuado que sea capaz de resistir las temperaturas de procesamiento utilizadas en este documento de aquí en adelante y que pueda proporcionar superficies del tipo requerido para los elementos ópticos que se preparan.

En una realización de la presente invención, como primer paso, se aplica un recubrimiento por deposición de haz de electrones directamente sobre la superficie óptica del molde de plástico. Después del primer recubrimiento, se puede

5 aplicar un segundo recubrimiento antes de aplicar un recubrimiento AR multicapa en orden inverso. En una realización de la presente invención, el revestimiento AR es una estructura multicapa con capas alternas formadas con dos materiales diferentes, un material de alto índice y un material de bajo índice. En una realización preferida de la presente invención, el revestimiento AR es una estructura multicapa con 7 capas alternas formadas con dos materiales diferentes, un material de alto índice H y un material de bajo índice L con una relación H/L > 1. Los materiales que resultan adecuados para la práctica de la presente invención son el dióxido de circonio (denominado "ZrO<sub>2</sub>") como material de alto índice, y el dióxido de silicio como material de bajo índice, que tiene un índice de refracción de aproximadamente 1,46.

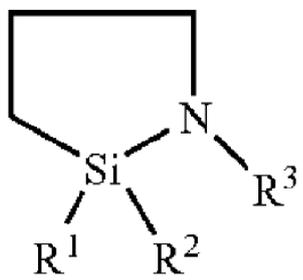
10 En una realización de la presente invención, las capas se aplican por deposición al vacío de modo que la primera y la última capa son dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>). Se prefiere que la cámara AR se humedezca durante la aplicación de la última capa de óxido de silicio.

15 Después de la aplicación del recubrimiento AR, se aplica una capa o película del agente de acoplamiento azasilano cíclico por deposición en fase de vapor. El azasilano cíclico se unirá a los hidroxilos de la superficie en la capa de dióxido de silicio, abriendo el anillo y dando como resultado una molécula orgánica en la superficie. Esto se puede hacer al vacío, a temperatura ambiente, y no requiere agua como catalizador.

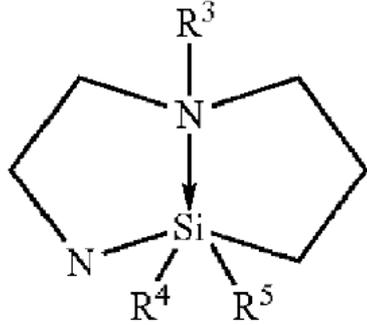
A continuación, se aplica un recubrimiento resistente a los arañazos (duro). El recubrimiento duro se puede aplicar como una extensión del proceso de recubrimiento AR mediante deposición al vacío o mediante los métodos más convencionales de recubrimiento por centrifugación, pulverización o inmersión, con la aplicación de recubrimiento seguida de un curado.

20 Después de la aplicación de los diversos recubrimientos al molde, se ensamblan un molde frontal y uno posterior. La cavidad del ensamblaje se rellena con una formulación de material de lente que luego se cura y se une al recubrimiento duro. Una vez que se completa el curado, la lente se retira del ensamblaje. Todos los recubrimientos se transfieren a la lente para que la lente tenga aplicados recubrimientos hidrófobos, antirreflectantes y resistentes a los arañazos.

25 Los azasilanos cíclicos están disponibles en Gelest, Inc. Las fórmulas genéricas incluyen azasilaciclopentanos que tienen la fórmula:



30 donde R<sup>1</sup> y R<sup>2</sup> se seleccionan independientemente del grupo que consiste en alquilo ramificado y lineal, grupos alqueno y alcoxi, sustituidos y no sustituidos, y donde R<sup>3</sup> se selecciona del grupo que consiste en grupos hidrocarbonados alifáticos lineales y ramificados, sustituidos y no sustituidos, saturados e insaturados; grupos aralquilo ramificados y lineales, sustituidos y no sustituidos; grupos arilo sustituidos y no sustituidos; e hidrógeno. Los azasilanos cíclicos también incluyen compuestos diazasilaciclicos que tienen la fórmula:



35 donde R<sup>3</sup> se selecciona del grupo que consiste en grupos hidrocarbonados alifáticos lineales y ramificados, sustituidos y no sustituidos, saturados e insaturados, ramificados y lineales; grupos aralquilo ramificados y lineales, sustituidos y no sustituidos; grupos arilo sustituidos y no sustituidos; e hidrógeno; y en donde R<sup>4</sup> y R<sup>5</sup> se seleccionan

independientemente del grupo que consiste en grupos alquilo y alcoxi ramificados y lineales, sustituidos y no sustituidos.

5 Un compuesto súperhidrófobo preferido es el Optool DSX disponible de Daikin. Este compuesto hidrofóbico no contiene aditivos que se incluyan típicamente en las preparaciones superhidrofóbicas comerciales para aumentar la adherencia del material superhidrofóbico en la lente de plástico.

Estos y otros aspectos de la presente invención se describen más específicamente a continuación.

#### Aplicaciones y ejemplos de la invención

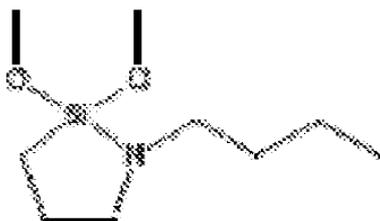
10 Sin intención de limitar el alcance de la invención, a continuación se proporcionan realizaciones ejemplares adicionales y sus resultados son relacionados de acuerdo con las realizaciones de la presente invención. Téngase en cuenta que los títulos o los subtítulos pueden usarse en los ejemplos a conveniencia del lector, lo que de ninguna manera debe limitar el alcance de la invención. Además, se proponen y describen en este documento ciertas teorías; sin embargo, de ninguna manera deben, tanto si son correctas como no, limitar el alcance de la invención siempre que la invención se practique de acuerdo con la invención sin tener en cuenta ninguna teoría o esquema de acción particular.

15 Ejemplo 1:

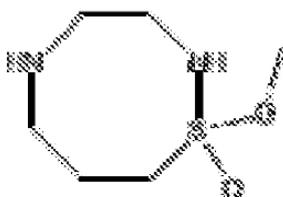
#### Azasilanos cíclicos

Se pueden usar varios tipos de azasilanos cíclicos para poner en práctica la presente invención, incluyendo:

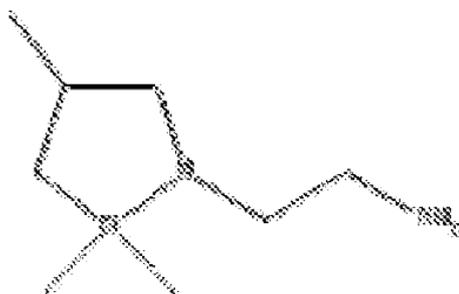
(a) SIB1932.4 o N-n-butil-aza-2,2-dimetoxisilaciclopentano,  $C_9H_{21}NO_2Si$ , con la siguiente fórmula:



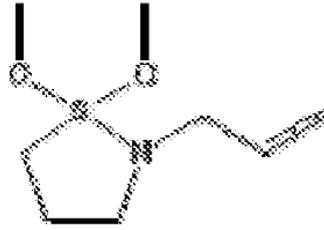
20 (b) SID3543.0 o 2,2-Dimetoxi-1,6-diaza-2-silaciclooctano,  $C_7H_{18}N_2O_2Si$ , con la siguiente fórmula:



(c) SIA0592.0 o N-aminoetil-aza-2,2,4-trimetilsilaciclopentano,  $C_8H_{21}NSi$ , con la siguiente fórmula:



(d) SIA0380.0 o N-alil-aza-2,2-dimetoxisilaciclopentano  $C_8H_{17}NO_2Si$ , con la siguiente fórmula:



Ejemplo 2:

Pruebas de unión del recubrimiento

5 Este ejemplo muestra diversas pruebas utilizadas para la unión de recubrimientos producidos de acuerdo con diversas realizaciones de la presente invención.

Prueba del sombreado cruzado. En la prueba de sombreado cruzado, se corta una serie de 10 líneas distanciadas 1 mm en el recubrimiento con una cuchilla de afeitar. Una segunda serie de 10 líneas distanciadas 1 mm de distancia en ángulo recto y superpuestas a la primera se corta en el recubrimiento. Luego se aplica un trozo de cinta de celofán sobre el patrón de rayado y se separa rápidamente del recubrimiento.

10 Prueba de agrietamiento. En la prueba de agrietamiento, se desmoldea una lente y luego se recuece a 80°C durante 20 minutos. La lente se transfiere rápidamente a agua a temperatura ambiente y se comprueba si hay grietas. Si no hay grietas aparentes, entonces el sistema AR/agente de acoplamiento es aceptable.

15 Prueba de agua salada hirviendo. En la prueba de agua salada hirviendo, la lente se sumerge primero durante dos minutos en una solución de sal hirviendo que contiene NaCl al 4,5% y NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O al 0,8%. A continuación, la lente se transfiere rápidamente a agua desionizada a temperatura ambiente (18-24°C). Si no se observa agrietamiento o deslaminación en el recubrimiento, entonces el sistema AR/agente de acoplamiento es aceptable.

Ejemplo 3:

Preparación de un recubrimiento AR que se aplica a un molde desechable

20 En este ejemplo, entre otras cosas, se proporciona un procedimiento de preparación para aplicar un recubrimiento AR a un molde desechable de acuerdo con una realización de la presente invención. Se observa que en este ejemplo, las capas de SiO<sub>2</sub> se forman o depositan con o sin el agente suministrante de iones.

Con referencia ahora a la Figura 3, los procedimientos que se describen a continuación se realizan con un recubridor de caja estándar y un haz de electrones para la evaporación conectado a un molde 302 que tiene una superficie óptica 304. Los procedimientos se realizan mediante el uso de prácticas al vacío habituales.

25 Procedimiento:

(1) Limpiar la superficie óptica 304 del molde 302. En una realización de la presente invención, se realiza una limpieza con plasma en la superficie del molde durante aproximadamente 2 minutos.

(2) Formar una capa 305 de MgF<sub>2</sub> con un espesor de aproximadamente 45 nm respecto a la superficie óptica 304.

30 (3) Formar una capa 306 de un material superhidrofóbico con un espesor de aproximadamente 30 a 40 nm sobre la capa 305, donde el material superhidrofóbico contiene aproximadamente 1,7-8,3% en peso de silano dipodal en peso con respecto al material superhidrofóbico.

(4) Formar una capa 310 de SiO<sub>2</sub> que se deposita sin usar el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 40 nm respecto a la capa 306.

35 (5) Formar una capa 312 de SiO<sub>2</sub> que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 100 nm respecto a la capa 310.

(6) Formar una capa 314 de ZrO<sub>2</sub> con un espesor de aproximadamente 40 a 50 nm respecto a la capa 312.

(7) Formar una capa 316 de SiO<sub>2</sub> que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 10 a 20 nm respecto a la capa 314.

(8) Formar una capa 318 de ZrO<sub>2</sub> con un espesor de aproximadamente 50 a 70 nm respecto a la capa 316.

40 (9) Formar una capa 320 de SiO<sub>2</sub> que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 25 a 40 nm respecto a la capa 318.

(10) Formar una capa 322 de  $ZrO_2$  con un espesor de aproximadamente 10 a 25 nm respecto a la capa 320.

(11) Formar una capa 324 de  $SiO_2$  que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 15 nm respecto a la capa 322.

5 (12) Formar una capa 326 de un agente de acoplamiento que se deposita usando recubrimiento por inmersión o deposición de vapor y con una monocapa de espesor respecto a la capa 324.

10 Se observa que, en esta realización, la capa 306 del material superhidrofóbico contiene aproximadamente 1,7-8,3% en peso de silano dipodal en relación con el material superhidrofóbico, de modo que el recubrimiento AR puede ser estable. Un ejemplo de la concentración de silano dipodal en el material superhidrofóbico es que cada 0,6 g de material superhidrofóbico contiene aproximadamente de 0,01 g a 0,05 g de silano dipodal. Si no se usa silano dipodal, o muy poco, en el material súperhidrofobo, el recubrimiento AR se agrieta y se separa del molde. Además, la capa 310 de  $SiO_2$  funciona como un sello protector para la estructura en capas AR 311 y también como una superficie de unión natural o un "enlace" entre la estructura en capas AR 311 y la capa 306 de un material súperhidrofobo. Asimismo, la capa 324 de  $SiO_2$  proporciona una superficie de enlace natural o "enlace" entre la estructura en capas AR 311 y la capa 326 del agente de acoplamiento. Se observa que aunque la capa 310 y la capa 312 están formadas por  $SiO_2$ , se forman con diferentes procedimientos de manera que se adhieren entre sí pero funcionan de manera diferente.

Ejemplo 4:

Preparación de un recubrimiento AR que se aplica a un molde desechable

20 En este ejemplo, entre otras cosas, se proporciona un procedimiento de preparación para aplicar un recubrimiento AR a un molde desechable de acuerdo con otra realización de la presente invención. Se observa que en este ejemplo, las capas de  $SiO_2$  se forman o depositan con el agente suministrante de iones.

Con referencia ahora a la Figura 4, los procedimientos que se describen a continuación se realizan con un recubridor de caja estándar y un haz de electrones para la evaporación conectado a un molde 402 que tiene una superficie óptica 404. Los procedimientos se realizan utilizando prácticas de vacío habituales.

25 Procedimiento:

(1) Limpiar la superficie óptica 404 del molde 402. En una realización de la presente invención, se realiza una limpieza con plasma en la superficie del molde durante aproximadamente 2 minutos.

30 (2) Formar una capa 406 de un material superhidrofóbico con un espesor de aproximadamente 30 a 40 nm sobre la superficie óptica 404, donde el material superhidrofóbico contiene aproximadamente 1,7-8,3% en peso de silano dipodal en relación con el material superhidrofóbico.

(3) Formar una capa 412 de  $SiO_2$  que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 60 a 120 nm con respecto a la capa 406.

(4) Formar una capa 414 de  $ZrO_2$  con un espesor de aproximadamente 40 a 50 nm con respecto a la capa 412.

35 (5) Formar una capa 416 de  $SiO_2$  que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 10 a 20 nm con respecto a la capa 414.

(6) Formar una capa 418 de  $ZrO_2$  con un espesor de aproximadamente 50 a 70 nm con respecto a la capa 416.

(7) Formar una capa 420 de  $SiO_2$  que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 25 a 40 nm con respecto a la capa 418.

(8) Formar una capa 422 de  $ZrO_2$  con un espesor de aproximadamente 10 a 25 nm con respecto a la capa 420.

40 (9) Formar una capa 424 de  $SiO_2$  que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 15 nm con respecto a la capa 422.

(10) Formar una capa 426 de un agente de acoplamiento que se deposita usando un recubrimiento por inmersión o una deposición por vapor y con un espesor de monocapa con respecto a la capa 424.

Ejemplo 5:

45 Preparación de un recubrimiento AR aplicado a un molde desechable

En este ejemplo, entre otras cosas, se proporciona un procedimiento de preparación para aplicar un recubrimiento AR a un molde desechable de acuerdo con otra realización más de la presente invención. Se observa que en este Ejemplo, las capas de  $SiO_2$  se forman o depositan con o sin agente suministrante de iones.

Con referencia ahora a la Figura 5, los procedimientos que se describen a continuación se realizan con un recubridor de cajas estándar y un haz de electrones para la evaporación conectado a un molde 502 que tiene una superficie óptica 504. Los procedimientos se realizan utilizando prácticas de vacío habituales.

Procedimiento:

- 5 (1) Limpiar la superficie óptica 504 del molde 502. En una realización de la presente invención, la limpieza con plasma se realiza en la superficie del molde durante aproximadamente 2 minutos.
- (2) Formar una capa 506 de un material súperhidrofobo con un espesor de aproximadamente 30 a 40 nm sobre la superficie óptica 504, donde el material súperhidrofobo contiene aproximadamente 1,7-8,3% en peso de silano dipodal.
- 10 (3) Formar una capa 510 de SiO<sub>2</sub> que se deposita sin usar el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 40 nm con respecto a la capa 506.
- (4) Formar una capa 512 de SiO<sub>2</sub> que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 100 nm con respecto a la capa 510.
- (5) Formar una capa 514 de ZrO<sub>2</sub> con un espesor de aproximadamente 40 a 50 nm con respecto a la capa 512.
- 15 (6) Formar una capa 516 de SiO<sub>2</sub> que se deposita sin usar el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 10 a 20 nm con respecto a la capa 514.
- (7) Formar una capa 518 de ZrO<sub>2</sub> con un espesor de aproximadamente 50 a 70 nm con respecto a la capa 516.
- (8) Formar una capa 520 de SiO<sub>2</sub> que se deposita sin usar el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 25 a 40 nm con respecto a la capa 518.
- 20 (9) Formar una capa 522 de ZrO<sub>2</sub> con un espesor de aproximadamente 10 a 25 nm con respecto a la capa 520.
- (10) Formar una capa 524 de SiO<sub>2</sub> que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 15 nm con respecto a la capa 522.
- (11) Formar una capa 526 de un agente de acoplamiento que se deposita usando un recubrimiento por inmersión o una deposición de vapor y con un espesor de monocapa con respecto a la capa 524.

25 Ejemplo 6:

Preparación de un recubrimiento AR aplicado a un molde desechable

En este ejemplo, entre otras cosas, se proporciona un procedimiento de preparación para aplicar un recubrimiento AR a un molde desechable de acuerdo con una realización adicional de la presente invención. Se observa que, en este ejemplo, las capas de SiO<sub>2</sub> se forman o depositan con o sin agente suministrante de iones.

- 30 Con referencia ahora a la Figura 6, los procedimientos que se describen a continuación se realizan con un recubridor de caja estándar y un haz de electrones para la evaporación conectado a un molde 602 que tiene una superficie óptica 604. Los procedimientos se realizan utilizando prácticas de vacío habituales.

Procedimiento:

- 35 (1) Limpiar la superficie óptica 604 del molde 602. En una realización de la presente invención, la limpieza con plasma se realiza en la superficie del molde durante aproximadamente 2 minutos.
- (2) Formar una capa 606 de un material superhidrofóbico con un espesor de aproximadamente 30 a 40 nm sobre la superficie óptica 604, donde el material superhidrofóbico contiene aproximadamente 1,7-8,3% en peso de silano dipodal con respecto al material superhidrofóbico.
- 40 (3) Formar una capa 610 de SiO<sub>2</sub> que se deposita sin usar agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 40 nm con respecto a la capa 606.
- (4) Formar una capa 612 de SiO<sub>2</sub> que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 100 nm con respecto a la capa 610.
- (5) Formar una capa 614 de ZrO<sub>2</sub> con un espesor de aproximadamente 40 a 50 nm con respecto a la capa 612.
- 45 (6) Formar una capa 616 de SiO<sub>2</sub> que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 10 a 20 nm con respecto a la capa 614.
- (7) Formar una capa 618 de ZrO<sub>2</sub> con un espesor de aproximadamente 50 a 70 nm con respecto a la capa 616.

(8) Formar una capa 620 de SiO<sub>2</sub> que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 25 a 40 nm con respecto a la capa 618.

(9) Formar una capa 622 de ZrO<sub>2</sub> con un espesor de aproximadamente 10 a 25 nm con respecto a la capa 620.

5 (10) Formar una capa 624 de SiO<sub>2</sub> que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 15 nm con respecto a la capa 622.

(11) Formar una capa 626 de un agente de acoplamiento que se deposita usando deposición al vapor y con un espesor de monocapa con respecto a la capa 624.

Ejemplo 7:

Preparación y aplicación del agente de acoplamiento

10 En los Ejemplos 3-6, entre otras cosas, la presente invención se pone en práctica con una capa de un agente de acoplamiento que se aplica al molde revestido con AR para promover la adhesión del revestimiento duro.

15 En cuanto al material, los agentes de acoplamiento son silanos funcionales en los que el silano se une al revestimiento antirreflectante y el grupo funcional se une al revestimiento duro orgánico. Según una realización de la presente invención, los azasilanos cíclicos son particularmente adecuados para la aplicación, ya que formarán enlaces silano a temperatura ambiente mediante una reacción de apertura del anillo. Esto da como resultado una monocapa con grupos funcionales que se unen fácilmente al recubrimiento duro, formando un fuerte AR con respecto al enlace de recubrimiento duro. Se cree que es la primera vez en la industria, y solo por el descubrimiento inventivo de la presente invención, que los azasilanos cíclicos se utilizan en un procedimiento de formación de lentes ópticas como agentes de acoplamiento. Para realizaciones como se muestra en las Figuras 3-6, cuando se usa SiO<sub>2</sub> como primer material con el primer índice de refracción, utilizando N-n-butil-aza-2,2-dimetoxi-silaciclopentano como agente de acoplamiento de silano que permite una reacción de apertura del anillo de unión superficial sin requerir agua o calor, como se muestra en la Figura 2, esto da lugar a una mucho mejor unión y hace que la formación de lentes AR in situ sea una realidad.

25 En cuanto al procedimiento, el agente de acoplamiento debe aplicarse en condiciones apróticas y puede realizarse utilizando muchos de los métodos que se practican comúnmente en la industria de las lentes en la actualidad, como el recubrimiento por centrifugación, pulverización, inmersión y vacío. A continuación se proporcionan dos ejemplos específicos de aplicación del agente de acoplamiento.

A. Recubrimiento al vacío - Procedimiento:

30 (1) Un par de moldes ópticos que comprenden un molde frontal y un molde posterior, donde las superficies ópticas correspondientes de los moldes son moldes revestidos con AR de acuerdo con una de las diversas realizaciones de la presente invención como se ilustra en los ejemplos 3-6, se colocan en una cámara al vacío, que se evacua para crear un ambiente aprótico con una presión predeterminada, en la que el agente de acoplamiento se vaporizará cuando se introduce en la cámara.

35 (2) El agente de acoplamiento se introduce en la cámara sellada y se deja recubrir y reaccionar con cada recubrimiento AR durante un mínimo de 10 minutos.

(3) La cámara se evacua al original (agente de preacoplamiento), presión predeterminada para eliminar el exceso del agente de acoplamiento.

(4) Se libera el vacío y el ensamblaje del molde óptico se retira de la cámara. Luego, se puede aplicar una capa dura.

40 B. Recubrimiento por inmersión - Procedimiento:

(1) Se prepara una solución del agente de acoplamiento en un disolvente aprótico (0,05% mínimo). Los ejemplos de disolventes apróticos incluyen tolueno, benceno, éter de petróleo u otros disolventes de hidrocarburos.

45 (2) Un molde revestido con AR, preparado de acuerdo con una de las diversas realizaciones de la presente invención como se ilustra en los Ejemplos 3-6, se expone (o se trata) a la solución durante un mínimo de 5 minutos a temperatura ambiente.

(3) El molde tratado se retira de la solución y se enjuaga con etanol o un disolvente similar.

(4) El molde se seca al aire y luego se puede aplicar una capa dura.

Ejemplo 8:

Procedimiento para preparar una lente revestida con AR

Este ejemplo muestra un método o procedimiento para fabricar una lente revestida con AR de acuerdo con una realización de la presente invención.

5 Las superficies ópticas correspondientes de un molde frontal y un molde posterior de un ensamblaje de molde óptico se recubrieron con AR de acuerdo con una realización de la presente invención ilustrada en el Ejemplo 3. A  
10 continuación, se formó una capa (326) de un agente de acoplamiento que consistía en, o que tiene, un N-n-butil-aza-2,2-dimetoxi-silaciclopentano sobre las superficies AR (324) usando un método de recubrimiento por inmersión como se expone anteriormente en el Ejemplo 7. Se preparó una solución de agente de acoplamiento al 0,2% en éter de petróleo. Las superficies ópticas se sumergieron en la solución durante 5 minutos a temperatura ambiente. Luego se enjuagaron con etanol, se secaron con una pistola de aire y se revistieron con endurecimiento en una hora usando un procedimiento de recubrimiento por rotación. Tras la fundición y el curado del monómero de la lente, los recubrimientos AR y superhidrófobos se transfieren del molde a la lente.

Ejemplo 9:

Procedimiento para preparar una lente revestida con AR

15 Este ejemplo muestra un método o procedimiento para fabricar una lente recubierta con AR de acuerdo con una realización de la presente invención.

20 Las superficies ópticas correspondientes de un molde frontal y un molde posterior de un ensamblaje de molde óptico se recubrieron con AR de acuerdo con una realización de la presente invención ilustrada en uno de los Ejemplos 4-6. A continuación, se formó una capa (426, 526, 626) de un agente de acoplamiento que consistía o tenía N-n-butil-aza-2,2-dimetoxisilaciclopentano sobre las superficies AR (424, 524, 624) usando un método de recubrimiento por inmersión como se expone anteriormente en el Ejemplo 7. Se preparó una solución de agente de acoplamiento al 0,05% en éter de petróleo. Las superficies ópticas se sumergieron en la solución durante 5 minutos a temperatura ambiente. Luego se enjuagaron con etanol, se dejaron secar al aire y se recubrieron con endurecimiento inmediatamente con un procedimiento de recubrimiento por rotación. Al moldear, los recubrimientos AR y superhidrófobos se transfieren del molde a la lente.

25 Ejemplo 10:

Procedimiento para preparar una lente revestida con AR

Este ejemplo muestra un método o procedimiento para fabricar una lente recubierta con AR de acuerdo con una realización de la presente invención.

30 Las superficies ópticas correspondientes de un molde frontal y un molde posterior de un ensamblaje de molde óptico se recubrieron con AR de acuerdo con una realización de la presente invención ilustrada en el Ejemplo 3. Los moldes con superficies ópticas recubiertas con AR se colocaron luego en el piso de una cámara de vacío a una presión predeterminada de aproximadamente -28,6 pulgadas Hg (7264,4 mm Hg). Se inyectaron aproximadamente 0,2 ml de N-n-butil-aza-2,2-dimetoxisilaciclopentano en la cámara y se vaporizaron a una presión predeterminada. Al N-n-butil-aza-2,2-dimetoxisilaciclopentano se le dio 10 minutos para reaccionar con las superficies recubiertas con AR para formar una capa de un agente de acoplamiento, después de lo cual se encendió la bomba de vacío durante 5 minutos para eliminar cualquier exceso de agente de acoplamiento. Luego, los moldes fueron inmediatamente recubiertos con endurecimiento y moldeados en lentes. El AR y los recubrimientos súperhidrófobos se transfirieron del molde a la lente.

Ejemplo 11:

40 Procedimiento para preparar una lente revestida con AR

Este ejemplo muestra un método o procedimiento para fabricar una lente revestida con AR de acuerdo con una realización de la presente invención.

45 Las superficies ópticas correspondientes de un molde frontal y un molde posterior de un ensamblaje de molde óptico se recubrieron con AR de acuerdo con una realización de la presente invención ilustrada en el Ejemplo 3. Los moldes con superficies ópticas recubiertas con AR se colocaron luego en el piso de una cámara de vacío a una presión predeterminada de aproximadamente -28,6 pulgadas Hg (7264,4 mm Hg). Se inyectaron 0,05 ml del agente de acoplamiento de N-n-butil-aza-2,2-dimetoxisilaciclopentano en la cámara y se vaporizaron a la presión predeterminada. Al agente de acoplamiento se le dieron 10 minutos para reaccionar con las superficies ópticas recubiertas con AR, después de lo cual la bomba de vacío se encendió durante 5 minutos para eliminar cualquier exceso de agente de acoplamiento. Los moldes se recubrieron con endurecimiento y se ensamblaron inmediatamente de forma dura y el monómero de la lente se fundió y curó formando las lentes. El AR y los recubrimientos súperhidrófobos se transfirieron del molde a la lente.

Ejemplo 12:

Procedimiento para preparar una lente revestida con AR

Este ejemplo muestra un método o procedimiento para fabricar una lente revestida con AR de acuerdo con una realización de la presente invención.

5 Las superficies ópticas correspondientes de un molde frontal y un molde posterior de un ensamblaje de molde óptico se recubrieron con AR de acuerdo con una realización de la presente invención ilustrada en el Ejemplo 3. Los  
 10 moldes con superficies ópticas recubiertas con AR se colocaron luego en el piso de una cámara de vacío a una presión predeterminada de aproximadamente -28,6 pulgadas Hg (7264,4 mm Hg). Se preparó una solución con 10% de agente de acoplamiento de N-n-butil-aza-2,2-dimetoxi-silaciclopentano en hexano. Se inyectaron 0,1 ml de la solución (0,01 ml del agente de acoplamiento) en la cámara y se vaporizaron a la presión predeterminada. Al agente de acoplamiento se le dieron 10 minutos para reaccionar con las superficies AR, después de lo cual se encendió la  
 15 bomba de vacío durante 5 minutos para eliminar cualquier exceso de agente de acoplamiento. Luego, los moldes fueron inmediatamente recubiertos y moldeados en lentes. El AR y los recubrimientos súperhidrofóbicos se transfirieron del molde a la lente.

Por lo tanto, en otro aspecto, la presente invención se refiere a un método para aplicar un recubrimiento antirreflectante a una superficie óptica de un molde. En una realización, haciendo referencia a la Figura 3, el método incluye los pasos de:

proporcionar un molde de lente 302 que tiene una superficie óptica 304;

formar una capa 305 de  $MgF_2$  que es asistida por iones con un espesor de aproximadamente 45 nm a la superficie óptica 304;

20 formar una capa 306 de un material superhidrofóbico con un espesor de aproximadamente 30 a 40 nm sobre la capa 305, donde el material superhidrofóbico contiene aproximadamente 1,7-8,3% en peso de silano dipodal en relación con el material superhidrofóbico;

formar una capa 310 de  $SiO_2$  que se deposita sin usar agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 40 nm con respecto a la capa 306;

formar una estructura en capas de revestimiento antirreflectante 311 con respecto a la capa 310; y

25 formar una capa 326 de un agente de acoplamiento que se deposita usando deposición de vapor y con un espesor de monocapa con respecto a la capa 324.

En la realización mostrada en la Figura 3, la estructura en capas de revestimiento antirreflectante 311 con respecto a la capa 310 puede formarse mediante los pasos de:

30 (1) formar una capa 312 de  $SiO_2$  que se deposita usando un agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 100 nm con respecto a la capa 310;

(2) formar una capa 314 de  $ZrO_2$  con un espesor de aproximadamente 40 a 50 nm con respecto a la capa 312;

(3) formar una capa 316 de  $SiO_2$  que se deposita usando un agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 10 a 20 nm con respecto a la capa 314;

(4) formar una capa 318 de  $ZrO_2$  con un espesor de aproximadamente 50 a 70 nm con respecto a la capa 316;

35 (5) formar una capa 320 de  $SiO_2$  que se deposita usando un agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 25 a 40 nm con respecto a la capa 318;

(6) formar una capa 322 de  $ZrO_2$  con un espesor de aproximadamente 10 a 25 nm con respecto a la capa 320; y

(7) formar una capa 324 de  $SiO_2$  que se deposita usando un agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 15 nm con respecto a la capa 322.

40 En una realización, el silano dipodal puede ser bis (trimetoxisililpropil) amina.

En una realización, la capa del agente de acoplamiento está formada por una composición que comprende azasilanos cíclicos.

Más específicamente, en una realización, la capa del agente de acoplamiento está formada por N-n-butil-aza-2,2-dimetoxi-silaciclopentano.

45 Además, en una realización más general, la estructura en capas de revestimiento antirreflectante 311 con respecto a la capa 310 se puede formar mediante los pasos de:

(1) formar una capa 312 de un primer material con un primer índice de refracción, que se deposita usando un suministrador de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 100 nm, con respecto a la capa 310;

(2) formar una capa 314 de un segundo material con un segundo índice de refracción con un espesor de aproximadamente 40 a 50 nm, con respecto a la capa 312;

(3) formar una capa 316 del primer material con el primer índice de refracción, que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 10 a 20 nm, con respecto a la capa 314;

5 (4) formar una capa 318 del segundo material con el segundo índice de refracción con un espesor de aproximadamente 50 a 70 nm, con respecto a la capa 316;

(5) formar una capa 320 del primer material con el primer índice de refracción, que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 25 a 40 nm, con respecto a la capa 318;

10 (6) formar una capa 322 del segundo material con el segundo índice de refracción con un espesor de aproximadamente 10 a 25 nm, con respecto a la capa 320; y

(7) formar una capa 324 del primer material con el primer índice de refracción, que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 15 nm, con respecto a la capa 322.

15 En una realización, el primer índice de refracción L y el segundo índice de refracción H satisfacen una relación de  $H/L > 1$ . En otras palabras, el valor del segundo índice de refracción es mayor que el valor del primer índice de refracción.

En una realización como se muestra en la Figura 3, el primer material con el primer índice de refracción comprende  $\text{SiO}_2$ , y el segundo material con el segundo índice de refracción comprende  $\text{ZrO}_2$ .

20 En otro aspecto, la presente invención se refiere a un molde con una superficie óptica que tiene un recubrimiento antirreflectante que es transferible a una superficie óptica de una lente. En una realización como se muestra en la Figura 3, dicho molde tiene:

una capa 305 de  $\text{SiO}_2$  que es asistida por iones con un espesor de 5 a 100 nm depositado en una superficie óptica 304 del molde 302;

25 una capa 306 de un material superhidrofóbico con un espesor de aproximadamente 30 a 40 nm sobre la capa 305, donde el material superhidrofóbico contiene aproximadamente 1,7-8,3% en peso de silano dipodal en relación con el material superhidrofóbico;

una capa 310 de  $\text{SiO}_2$  que se deposita sin usar agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 40 nm depositado en la capa 306;

una estructura en capas de revestimiento antirreflectante 311 depositada en la capa 310; y

30 una capa 326 de un agente de acoplamiento que se deposita usando deposición de vapor y con un espesor de monocapa depositado en la capa 324.

En una realización, la estructura en capas de revestimiento antirreflectante 311 tiene:

(1) una capa 312 de  $\text{SiO}_2$  que se deposita usando un agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 100 nm depositado en la capa 310;

(2) una capa 314 de  $\text{ZrO}_2$  con un espesor de aproximadamente 40 a 50 nm depositado en la capa 312;

35 (3) una capa 316 de  $\text{SiO}_2$  que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 10 a 20 nm depositado en la capa 314;

(4) una capa 318 de  $\text{ZrO}_2$  con un espesor de aproximadamente 50 a 70 nm depositado en la capa 316;

(5) una capa 320 de  $\text{SiO}_2$  que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 25 a 40 nm depositado en la capa 318;

40 (6) una capa 322 de  $\text{ZrO}_2$  con un espesor de aproximadamente 10 a 25 nm depositado en la capa 320; y

(7) una capa 324 de  $\text{SiO}_2$  que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 15 nm depositado en la capa 322.

En una realización, el silano dipodal puede ser bis (trimetoxisililpropil) amina.

45 En una realización, la capa del agente de acoplamiento está formada por una composición que comprende azasilanos cíclicos. En una realización particular, la capa del agente de acoplamiento está formada por N-n-butil-aza-2,2-dimetoxi-silaciclopentano.

En una realización, la estructura en capas de revestimiento antirreflectante 311 se forma con:

- (1) una capa 312 de un primer material con un primer índice de refracción, que se deposita usando un agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 100 nm, depositado en la capa 310;
- 5 (2) una capa 314 de un segundo material con un segundo índice de refracción, con un espesor de aproximadamente 40 a 50 nm, depositado en la capa 312;
- (3) una capa 316 del primer material con el primer índice de refracción, que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 10 a 20 nm, depositado en la capa 314;
- (4) una capa 318 del segundo material con el segundo índice de refracción, con un espesor de aproximadamente 50 a 70 nm, depositado en la capa 316;
- 10 (5) una capa 320 del primer material con el primer índice de refracción, que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 25 a 40 nm, depositado en la capa 318;
- (6) una capa 322 del segundo material con el segundo índice de refracción, con un espesor de aproximadamente 10 a 25 nm, depositado en la capa 320; y
- 15 (7) una capa 324 del primer material con el primer índice de refracción, que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 15 nm, depositado en la capa 322.

En una realización, el primer índice de refracción L y el segundo índice de refracción H satisfacen una relación de  $H/L > 1$ . En otras palabras, el valor del segundo índice de refracción es mayor que el valor del primer índice de refracción.

- 20 En una realización, el primer material con el primer índice de refracción comprende  $\text{SiO}_2$ , y el segundo material con el segundo índice de refracción comprende  $\text{ZrO}_2$ .

En otro aspecto más, la presente invención se refiere a una lente óptica. En una realización, la lente óptica tiene un cuerpo de lente con una superficie óptica, y un recubrimiento antirreflectante formado sobre un molde, o más específicamente, transferido desde el mismo, como el expuesto anteriormente a la superficie óptica, donde el recubrimiento antirreflectante está formado con:

- 25 una capa 306 de un material superhidrofóbico con un espesor de aproximadamente 30 a 40 nm sobre la capa 305, donde el material superhidrofóbico contiene aproximadamente 1,7-8,3% en peso de silano dipodal en peso con respecto al material superhidrofóbico;

una capa 310 de  $\text{SiO}_2$  que se deposita sin usar ningún agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 40 nm depositado en la capa 306;

- 30 una estructura en capas de revestimiento antirreflectante 311 depositada en la capa 310; y

una capa 326 de un agente de acoplamiento que se deposita usando deposición de vapor y con un espesor de monocapa depositado en la capa 324 y acoplado a la superficie óptica.

En una realización como se muestra en la Figura 3, la estructura en capas de revestimiento antirreflectante 311 tiene:

- 35 (1) una capa 312 de  $\text{SiO}_2$  que se deposita usando un agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 100 nm depositado en la capa 310;
- (2) una capa 314 de  $\text{ZrO}_2$  con un espesor de aproximadamente 40 a 50 nm depositado en la capa 312;
- (3) una capa 316 de  $\text{SiO}_2$  que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 10 a 20 nm depositado en la capa 314;
- 40 (4) una capa 318 de  $\text{ZrO}_2$  con un espesor de aproximadamente 50 a 70 nm depositado en la capa 316;
- (5) una capa 320 de  $\text{SiO}_2$  que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 25 a 40 nm depositado en la capa 318;
- (6) una capa 322 de  $\text{ZrO}_2$  con un espesor de aproximadamente 10 a 25 nm depositado en la capa 320; y
- 45 (7) una capa 324 de  $\text{SiO}_2$  que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 15 nm depositado en la capa 322.

En una realización, el silano dipodal puede ser bis (trimetoxisililpropil) amina.

En una realización, la capa del agente de acoplamiento está formada por una composición que comprende azasilanos cíclicos. En una realización particular, la capa de agente de acoplamiento está formada por N-n-butil-aza-2,2-dimetoxi-silaciclopentano.

5 Además, en una realización más general, la lente óptica tiene una estructura en capas de revestimiento antirreflectante 311 que se forma con:

(1) una capa 312 de un primer material con un primer índice de refracción, que se deposita usando un agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 100 nm, depositado en la capa 310;

(2) una capa 314 de un segundo material con un segundo índice de refracción, con un espesor de aproximadamente 40 a 50 nm, depositado en la capa 312;

10 (3) una capa 316 del primer material con el primer índice de refracción, que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 10 a 20 nm, depositado en la capa 314;

(4) una capa 318 del segundo material con el segundo índice de refracción, con un espesor de aproximadamente 50 a 70 nm, depositado en la capa 316;

15 (5) una capa 320 del primer material con el primer índice de refracción, que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 25 a 40 nm, depositado en la capa 318;

(6) una capa 322 del segundo material con el segundo índice de refracción, con un espesor de aproximadamente 10 a 25 nm, depositado en la capa 320; y

(7) una capa 324 del primer material con el primer índice de refracción, que se deposita con el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 15 nm, depositado en la capa 322.

20 En una realización, el primer índice de refracción L y el segundo índice de refracción H satisfacen una relación de  $H/L > 1$ . En otras palabras, el valor del segundo índice de refracción es mayor que el valor del primer índice de refracción.

En una realización, el primer material con el primer índice de refracción comprende  $\text{SiO}_2$ , y el segundo material con el segundo índice de refracción comprende  $\text{ZrO}_2$ .

25 En otro aspecto, la presente invención se refiere a un método para preparar un recubrimiento antirreflectante en una superficie óptica de un molde. En diversas realizaciones de la presente invención como se muestra en las Figuras 3-6, dicho método tiene los pasos de:

proporcionar un molde de lente 302, 402, 502 o 602 que tiene una superficie óptica 304, 404, 504 o 604;

30 formar una capa 306, 406, 506 o 606 de un material súperhidrófobo con un espesor de aproximadamente 30 a 40 nm sobre la superficie óptica 304, 404, 504 o 604, donde el material súperhidrófobo contiene aproximadamente 1,7-8,3% de silano dipodal en peso con relación al material súperhidrófobo;

formar una estructura en capas de revestimiento antirreflectante 311, 411, 511 o 611 sobre la capa 306, 406, 506 o 606; y

35 formar una capa 326, 426, 526 o 626 de un agente de acoplamiento que se deposita usando un revestimiento por inmersión o deposición de vapor y con un espesor de monocapa sobre la estructura en capas de revestimiento antirreflectante 311, 411, 511 o 611.

El paso de formar una estructura en capas de revestimiento antirreflectante 311, 411, 511 o 611 sobre la capa 308, 408, 508 o 608 se puede realizar con los pasos de:

40 (1) formar una capa 312, 412, 512 o 612 de un primer material con un primer índice de refracción y un espesor de aproximadamente 5 a 100 nm sobre la capa 306, 406, 506 o 606;

(2) formar una capa 314, 414, 514 o 614 de un segundo material con un segundo índice de refracción y un espesor de aproximadamente 40 a 50 nm, con respecto a la capa 312, 412, 512 o 612;

(3) formar una capa 316, 416, 516 o 616 del primer material con el primer índice de refracción y un espesor de aproximadamente 10 a 20 nm, con respecto a la capa 314, 414, 514 o 614;

45 (4) formar una capa 318, 418, 518 o 618 del segundo material con un segundo índice de refracción y un espesor de aproximadamente 50 a 70 nm, con respecto a la capa 316, 416, 516 o 616;

(5) formar una capa 320, 420, 520 o 620 del primer material con el primer índice de refracción y un espesor de aproximadamente 25 a 40 nm, con respecto a la capa 318, 418, 518 o 618;

(6) formar una capa 322, 422, 522 o 622 del segundo material con el segundo índice de refracción y un espesor de aproximadamente 10 a 25 nm, con respecto a la capa 320, 420, 520 o 620; y

(7) formar una capa 324, 424, 524 o 624 del primer material con el primer índice de refracción y un espesor de aproximadamente 5 a 15 nm, con respecto a la capa 322, 422, 522 o 622.

- 5 En una realización, el primer índice de refracción L y el segundo índice de refracción H satisfacen una relación de  $H/L > 1$ . En otras palabras, el valor del segundo índice de refracción es mayor que el valor del primer índice de refracción.

En una realización, el primer material con el primer índice de refracción comprende  $\text{SiO}_2$ , y el segundo material con el segundo índice de refracción comprende  $\text{ZrO}_2$ .

- 10 En una realización como se muestra en la Figura 3, antes de la etapa de formar una capa 306 de un material súperhidrófobo sobre la superficie óptica 304, se realiza una etapa de formar una capa 305 de  $\text{MgF}_2$  con un espesor de menos de aproximadamente 45 nm sobre la superficie óptica 304 de tal manera que la capa 305 está formada entre la capa 306 y la superficie óptica 304.

- 15 Además, en una realización como se muestra en la Figura 3, antes de la etapa de formar una estructura en capas de revestimiento antirreflectante 311 sobre la capa 306, se realiza una etapa de formar una capa 310 de  $\text{SiO}_2$  que se deposita sin agente suministrante de iones y con un espesor de 5 a 40 nm sobre la capa 306 que la capa 310 se forma entre la capa 306 y la capa 312.

- 20 En las realizaciones que se muestran en las Figuras 5 y 6, antes del paso de formar una estructura en capas de revestimiento antirreflectante 511 o 611 sobre la capa 506 o 606, un paso de formar una capa 510, 610 de  $\text{SiO}_2$  que se deposita sin agente suministrante de iones y con un espesor de 5 a 40 nm sobre la capa 506, 606 se realiza de modo que la capa 510, 610 se forme entre la capa 506, 606 y la capa 512, 612.

Al poner en práctica la presente invención de acuerdo con los métodos expuestos anteriormente, cada capa de  $\text{SiO}_2$  se deposita usando un agente suministrante de iones o sin ningún agente suministrante de iones.

En una realización, el silano dipodal puede ser bis (trimetoxisililpropil) amina.

- 25 En una realización, la capa de agente de acoplamiento está formada por una composición que comprende azasilanos cíclicos. En una realización particular, la capa del agente de acoplamiento está formada por N-n-butil-aza-2,2-dimetoxi-silaciclopentano.

- 30 En otro aspecto más, la presente invención se refiere a un molde con una superficie óptica que tiene un recubrimiento antirreflectante que es transferible a una superficie óptica de una lente. En las diversas realizaciones que se muestran en las Figuras 3-6, dicho molde tiene:

una capa 306, 406, 506 o 606 de un material súperhidrófobo con un espesor de aproximadamente 30 a 40 nm depositado sobre una superficie óptica 304, 404, 504 o 604 del molde 302, 402, 502 o 602, donde el material súperhidrofóbico contiene aproximadamente 1,7-8,3% en peso de silano dipodal con respecto al material súperhidrofóbico;

- 35 una estructura en capas de revestimiento antirreflectante 311, 411, 511 o 611 depositada sobre la capa 306, 406, 506 o 606; y

una capa 326, 426, 526 o 626 de un agente de acoplamiento que se deposita usando un revestimiento por inmersión o deposición de vapor y con un espesor de monocapa depositado sobre la estructura en capas del revestimiento antirreflectante 311, 411, 511 o 611.

- 40 Como se muestra en las Figuras 3-6, la estructura en capas del revestimiento antirreflectante 311, 411, 511 o 611 tiene:

(1) una capa 312, 412, 512 o 612 de un primer material con un primer índice de refracción y un espesor de aproximadamente 5 a 100 nm depositado sobre la capa 306, 406, 506 o 606;

- 45 (2) una capa 314, 414, 514 o 614 de un segundo material con un segundo índice de refracción y un espesor de aproximadamente 40 a 50 nm, depositado en la capa 312, 412, 512 o 612;

(3) una capa 316, 416, 516 o 616 del primer material con el primer índice de refracción y un espesor de aproximadamente 10 a 20 nm, depositado en la capa 314, 414, 514 o 614;

(4) una capa 318, 418, 518 o 618 del segundo material con el segundo índice de refracción y un espesor de aproximadamente 50 a 70 nm, depositado en la capa 316, 416, 516 o 616;

(5) una capa 320, 420, 520 o 620 del primer material con el primer índice de refracción y un espesor de aproximadamente 25 a 40 nm, depositado en la capa 318, 418, 518 o 618;

(6) una capa 322, 422, 522 o 622 del segundo material con el segundo índice de refracción y un espesor de aproximadamente 10 a 25 nm, depositado en la capa 320, 420, 520 o 620; y

5 (7) una capa 324, 424, 524 o 624 del primer material con el primer índice de refracción y un espesor de aproximadamente 5 a 15 nm, depositado en la capa 322, 422, 522 o 622.

El primer índice de refracción L y el segundo índice de refracción H satisfacen una relación de  $H/L > 1$ . En otras palabras, el valor del segundo índice de refracción es mayor que el valor del primer índice de refracción.

10 En una realización, el primer material con el primer índice de refracción comprende SiO<sub>2</sub>, y el segundo material con el segundo índice de refracción comprende ZrO<sub>2</sub>.

15 En una realización como se muestra en la Figura 3, además, una capa 305 de MgF<sub>2</sub> a la que le es suministrada iones con un espesor de 5 a 100 nm se deposita sobre la superficie óptica 304 de modo que la capa 305 se forme entre la capa 306 y la superficie óptica 304. Además, una capa 310 de SiO<sub>2</sub> se deposita sin agente suministrante de iones y con un espesor de 5 a 40 nm sobre la capa 306 de manera que la capa 310 se forme entre la capa 306 y la capa 312.

En diversas realizaciones como se muestra en las Figuras 5 y 6, alternativamente, una capa 510, 610 de SiO<sub>2</sub> se deposita sin agente suministrante de iones y con un grosor de 5 a 40 nm sobre la capa 506, 606 de modo que la capa 510, 610 se forma entre la capa 506, 606 y la capa 512, 612.

20 Cada capa de SiO<sub>2</sub> en la estructura en capas de revestimiento antirreflectante se deposita con el agente suministrante de iones o sin agente suministrante de iones.

El silano dipodal puede ser bis (trimetoxisililpropil) amina.

La capa de agente de acoplamiento está formada por una composición que comprende azasilanos cíclicos. En las diversas realizaciones que se muestran en las Figuras 3-6, la capa del agente de acoplamiento está formada por N-n-butil-aza-2,2-dimetoxi-silaciclopentano.

25 En otro aspecto, la presente invención se refiere a una lente óptica. La lente óptica tiene un cuerpo de lente con una superficie óptica y un revestimiento antirreflectante formado en la superficie óptica, en la que en las diversas realizaciones que se muestran en las Figuras 3-6, el revestimiento antirreflectante tiene:

30 una capa 306, 406, 506 o 606 de un material súperhidrofóbico con un espesor de aproximadamente 30 a 40 nm depositado sobre una superficie óptica 304, 404, 504 o 604 del molde 302, 402, 502 o 602, donde el material súperhidrofóbico contiene aproximadamente 1,7-8,3% en peso de silano dipodal en peso con respecto al material súperhidrofóbico;

una estructura en capas de revestimiento antirreflectante 311, 411, 511 o 611 depositada sobre la capa 306, 406, 506 o 606; y

35 una capa 326, 426, 526 o 626 de un agente de acoplamiento que se deposita usando deposición de vapor y con un espesor de monocapa depositado sobre la estructura en capas de revestimiento antirreflectante 311, 411, 511 o 611 y se acopla a la superficie óptica.

La estructura en capas de revestimiento antirreflectante 311, 411, 511 o 611 está formada con:

(1) una capa 312, 412, 512 o 612 de un primer material con un primer índice de refracción y un espesor de aproximadamente 5 a 100 nm depositado sobre la capa 306, 406, 506 o 606;

40 (2) una capa 314, 414, 514 o 614 de un segundo material con un segundo índice de refracción y un espesor de aproximadamente 40 a 50 nm, depositado en la capa 312, 412, 512 o 612;

(3) una capa 316, 416, 516 o 616 del primer material con el primer índice de refracción y un espesor de aproximadamente 10 a 20 nm, depositado en la capa 314, 414, 514 o 614;

45 (4) una capa 318, 418, 518 o 618 del segundo material con el segundo índice de refracción y un espesor de aproximadamente 50 a 70 nm, depositado en la capa 316, 416, 516 o 616;

(5) una capa 320, 420, 520 o 620 del primer material con el primer índice de refracción y un espesor de aproximadamente 25 a 40 nm, depositado en la capa 318, 418, 518 o 618;

(6) una capa 322, 422, 522 o 622 del segundo material con el segundo índice de refracción y un espesor de aproximadamente 10 a 25 nm, depositado en la capa 320, 420, 520 o 620; y

(7) una capa 324, 424, 524 o 624 del primer material con el primer índice de refracción y un espesor de aproximadamente 5 a 15 nm, depositado en la capa 322, 422, 522 o 622.

El primer índice de refracción L y el segundo índice de refracción H satisfacen una relación de  $H/L > 1$ . En otras palabras, el valor del segundo índice de refracción es mayor que el valor del primer índice de refracción.

- 5 En las diversas realizaciones que se muestran en las Figuras 3-6, el primer material con el primer índice de refracción comprende  $\text{SiO}_2$ , y el segundo material con el segundo índice de refracción comprende  $\text{ZrO}_2$ .

En una realización que se muestra en la Figura 3, una capa 310 de  $\text{SiO}_2$  se deposita sin agente suministrante de iones y con un grosor de 5 a 40 nm sobre la capa 306 de modo que la capa 310 se forme entre la capa 306 y la capa 312.

- 10 En las diversas realizaciones que se muestran en las Figuras 5 y 6, una capa 510, 610 de  $\text{SiO}_2$  se deposita sin agente suministrante de iones y con un grosor de 5 a 40 nm sobre la capa 506, 606 de modo que la capa 510, 610 se forma entre la capa 506, 606 y la capa 512, 612.

- 15 En otro aspecto más, la presente invención se refiere a un agente de acoplamiento utilizable en la fabricación de lentes. En una realización, el agente de acoplamiento comprende azasilanos cíclicos. En una realización específica, los azasilanos cíclicos comprenden N-n-butil-aza-2,2-dimetoxi-silaciclopentano. Se observa que, en uso, los azasilanos cíclicos se aplican en un disolvente. Para las realizaciones que se muestran en las Figuras 3-6, en las que se usa  $\text{SiO}_2$  como primer material con el primer índice de refracción, utilizando N-n-butil-aza-2,2-dimetoxi-silaciclopentano como agente de acoplamiento que permite una reacción de apertura del anillo de unión superficial sin requerir agua o calor, como se muestra en la Figura 2, lo que resulta en una unión mucho mejor y hace que la  
20 formación de lentes AR in situ sea una realidad. Esto es mucho mejor que el procedimiento que se muestra en la Figura 1, que requiere mucho calor, entre otras cosas.

Se observa además que, en la práctica de la presente invención, los pasos para cada realización dada anteriormente se pueden realizar en secuencia como se indica, o en diferentes órdenes.

- 25 En otro aspecto, la presente invención se refiere a una lente óptica. En una realización, la lente óptica tiene un cuerpo de lente con una superficie óptica, una capa de recubrimiento duro sobre la superficie óptica y un recubrimiento antirreflectante sobre la superficie óptica.

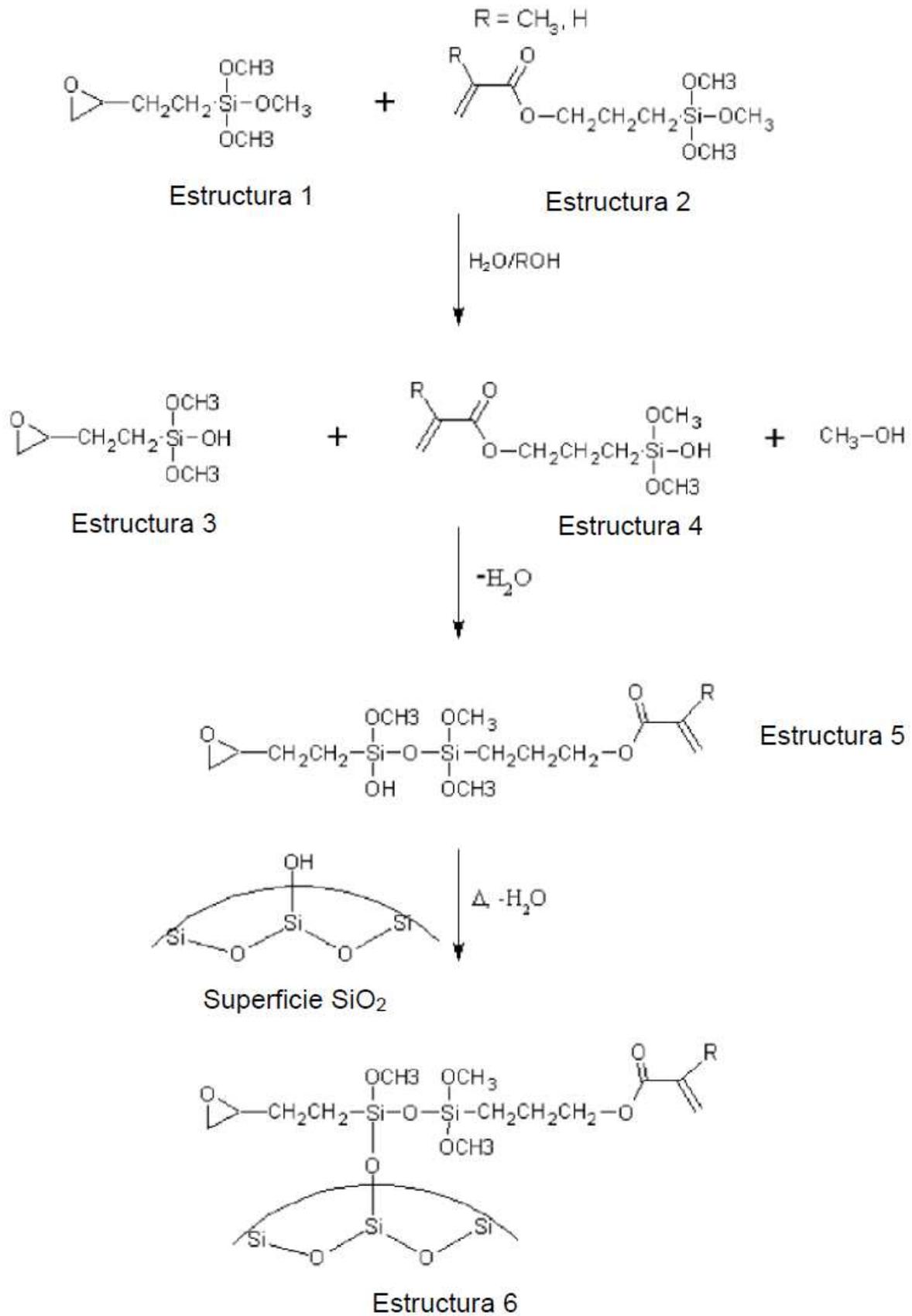
- 30 En una realización, el revestimiento antirreflectante tiene una capa de un agente de acoplamiento con un espesor de monocapa sobre la capa de revestimiento duro, una estructura en capas de revestimiento antirreflectante sobre la capa de un agente de acoplamiento, una primera capa de  $\text{SiO}_2$  que se deposita sin usar el agente suministrante de iones y con un espesor de aproximadamente 5 a 40 nm sobre la estructura en capas de revestimiento antirreflectante sobre la capa de un agente de acoplamiento, y una capa de un material súperhidrofóbico con un espesor de aproximadamente 30 a 40 nm sobre la primera capa de  $\text{SiO}_2$ , donde el material superhidrofóbico contiene aproximadamente 1,7-8,3% en peso de silano dipodal con respecto al material superhidrofóbico. El silano dipodal puede ser bis (trimetoxisililpropil) amina.

- 35 La descripción anterior de las realizaciones ejemplares de la invención se ha presentado solo con fines ilustrativos y descriptivos y no pretende ser exhaustiva o limitar la invención a las formas precisas descritas. Muchas modificaciones y variaciones son posibles a la luz de las enseñanzas anteriores.

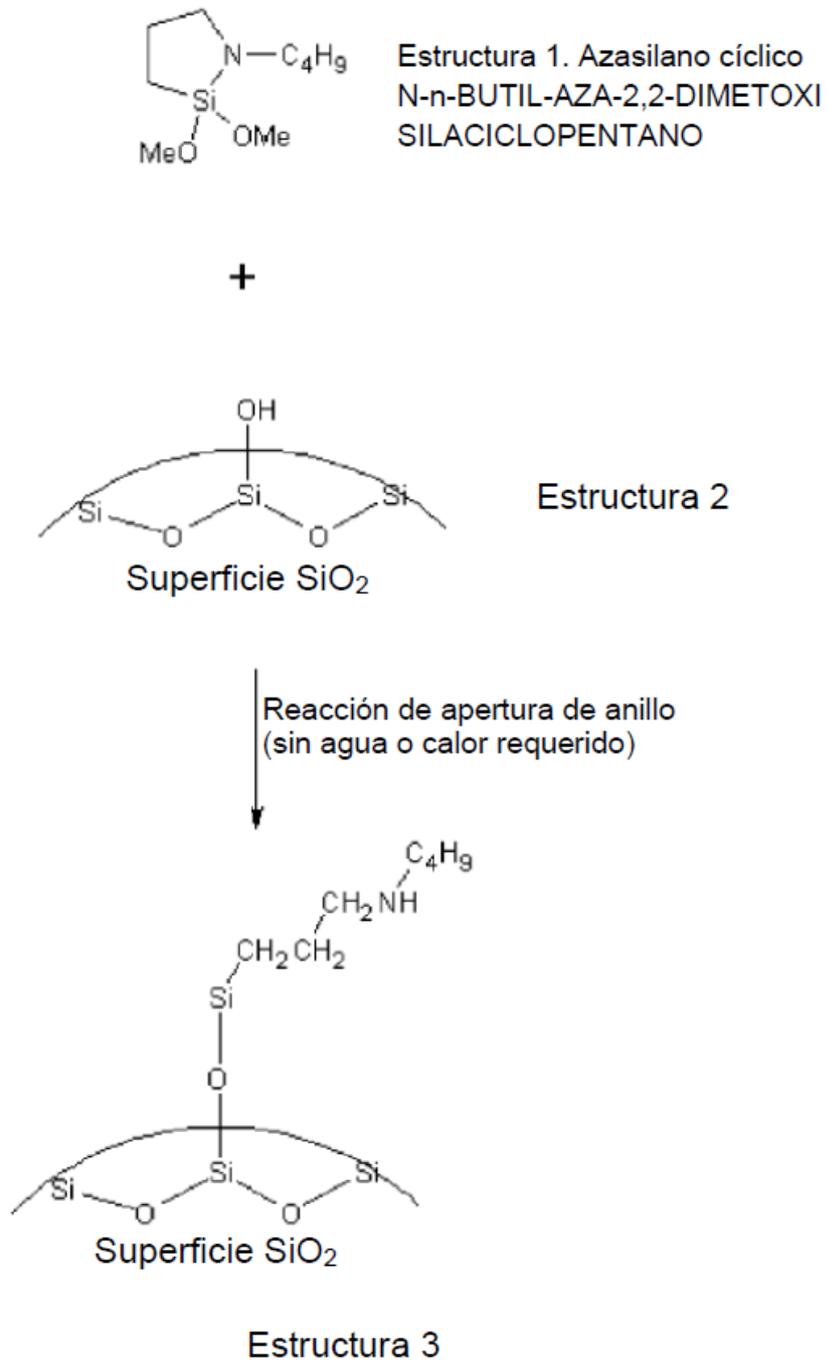
- 40 Las realizaciones se eligieron y describieron para explicar los principios de la invención y su aplicación práctica para permitir que otros expertos en la técnica utilicen la invención y diversas realizaciones y con diversas modificaciones que sean adecuadas para el uso particular contemplado. Por consiguiente, el alcance de la presente invención está definido por las reivindicaciones adjuntas más que por la descripción anterior y las realizaciones ejemplares descritas en la misma.

**REIVINDICACIONES**

1. Un molde con una superficie óptica que tiene un revestimiento antirreflectante transferible a una superficie óptica de una lente, que comprende:
- (a) una capa de deposición de un material de fluoruro u óxido depositado en la superficie óptica;
  - 5 (b) una capa de un material hidrófobo depositado sobre la capa de deposición, en donde el material hidrófobo consiste esencialmente en un compuesto hidrófobo y un silano dipodal;
  - (c) una estructura en capas de revestimiento antirreflectante depositada sobre la capa del material hidrófobo;
  - (d) una capa de un agente de acoplamiento de silano que se deposita con un espesor de monocapa sobre la estructura en capas de revestimiento antirreflectante utilizando deposición de vapor o mediante revestimiento por inmersión utilizando una solución que consiste en un agente de acoplamiento de silano en un disolvente aprótico, y
  - 10 (e) un revestimiento duro resistente a los arañazos,
- en el que el silano dipodal es diferente del compuesto hidrófobo, y una cantidad de silano dipodal es eficaz para evitar que la estructura en capas de revestimiento antirreflectante se agriete, en donde la cantidad de silano dipodal es 1,7 – 8,3% de dicho compuesto hidrófobo en peso, y en el que el silano dipodal comprende bis (trimetoxisililpropil) amina; y
- 15 en donde la capa de deposición está formada por LiF, MgF<sub>2</sub>, CaF<sub>2</sub>, SrF<sub>2</sub>, BaF<sub>2</sub>, LaF<sub>3</sub>, CeF<sub>3</sub>, HfF<sub>4</sub>, NdF<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, HfO<sub>2</sub>, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, TiO<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, o una combinación de los mismos.
2. El molde de la reivindicación 1, en el que la estructura en capas de revestimiento antirreflectante comprende:
- (a) una primera capa de un primer material con un primer índice de refracción que es SiO<sub>2</sub> y un espesor de aproximadamente 5 a 100 nm depositado sobre la capa del hidrófobo material;
  - 20 (b) una segunda capa de un segundo material con un segundo índice de refracción que es ZrO<sub>2</sub> y un espesor de aproximadamente 40 a 50 nm, depositado en la primera capa;
  - (c) una tercera capa del primer material con el primer índice de refracción siendo SiO<sub>2</sub> y un espesor de aproximadamente 10 a 20 nm, depositado en la segunda capa;
  - 25 (d) una cuarta capa del segundo material con el segundo índice de refracción siendo ZrO<sub>2</sub> y un espesor de aproximadamente 50 a 70 nm, depositado en la tercera capa;
  - (e) una quinta capa del primer material con el primer índice de refracción siendo SiO<sub>2</sub> y un espesor de aproximadamente 25 a 40 nm, depositado en la cuarta capa;
  - 30 (f) una sexta capa del segundo material con el segundo índice de refracción siendo ZrO<sub>2</sub> y un espesor de aproximadamente 10 a 25 nm, depositado en la quinta capa; y
  - (g) una séptima capa del primer material con el primer índice de refracción siendo SiO<sub>2</sub> y un espesor de aproximadamente 5 a 15 nm, depositado en la sexta capa.
3. El molde de la reivindicación 1, en el que la capa de deposición está adaptada para proporcionar una adhesión temporal entre la superficie del molde y la capa hidrofóbica de modo que todas las capas subsiguientes permanezcan adherentes entre sí.
- 35 4. El molde de la reivindicación 3, en el que la capa de deposición está formada por MgF<sub>2</sub> usando un agente suministrante de iones y tiene un espesor de aproximadamente 45 nm.
5. El molde de la reivindicación 1, en el que el grosor de la capa del material hidrófobo es de aproximadamente 30 a 40 nm.
- 40 6. El molde de la reivindicación 2, que comprende además una capa de SiO<sub>2</sub> que se deposita sin agente suministrante de iones y con un espesor de 5 a 40 nm y sobre la capa del material hidrofóbico de manera que la capa de SiO<sub>2</sub> se forma entre la capa del material hidrofóbico y la primera capa del primer material.
7. El molde de la reivindicación 1, en el que cada capa de SiO<sub>2</sub> se deposita con el agente suministrante de iones o sin agente suministrante de iones.
- 45 8. El molde de la reivindicación 1, en el que la capa del agente de acoplamiento de silano es un azasilano cíclico.
9. El molde de la reivindicación 8, en el que la capa del agente de acoplamiento de silano está formada por N-n-butil-aza-2,2-dimetoxi-silaciclopentano.



**FIG. 1 (Técnica relacionada)**



**FIG. 2**

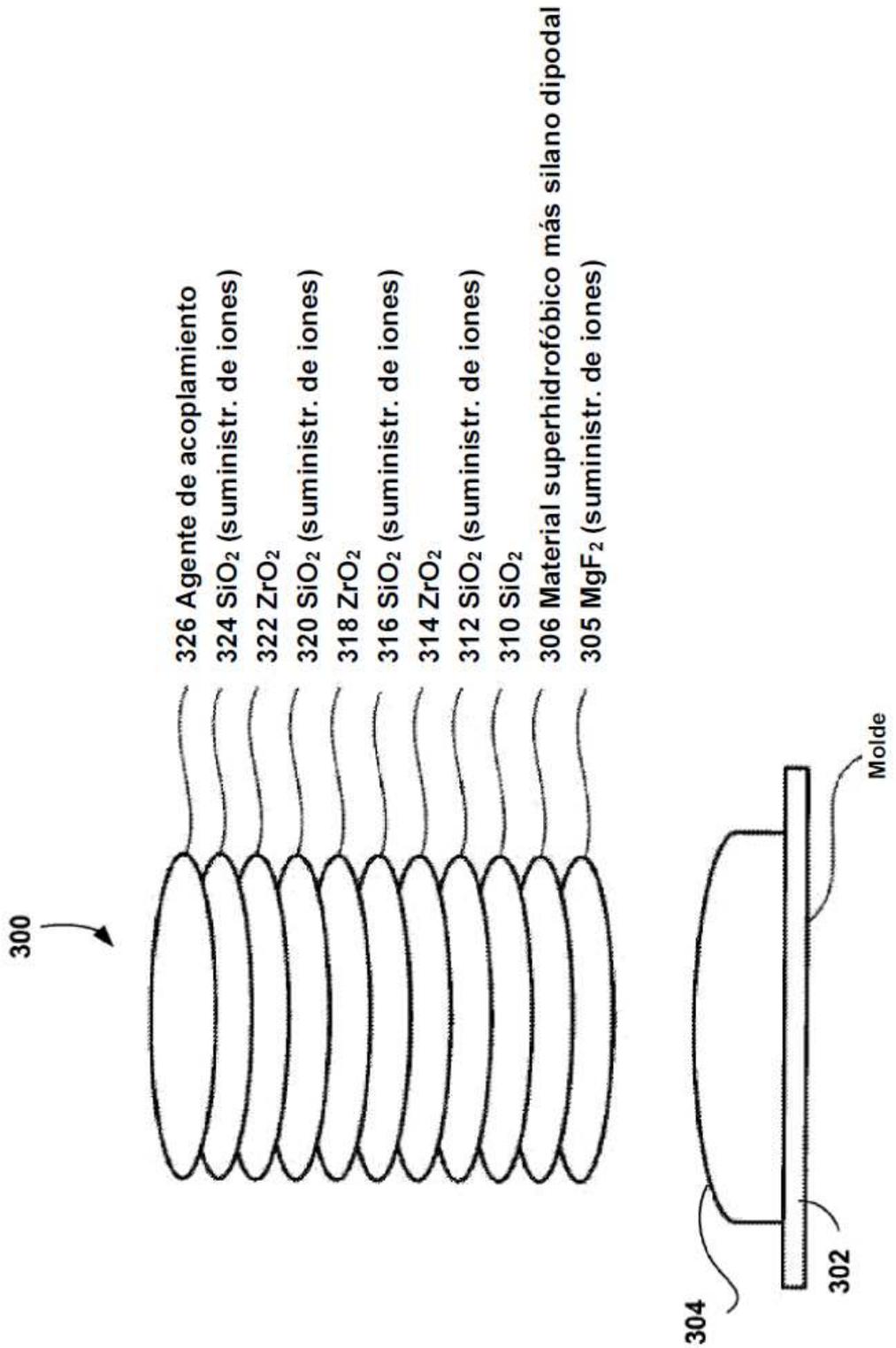


FIG. 3

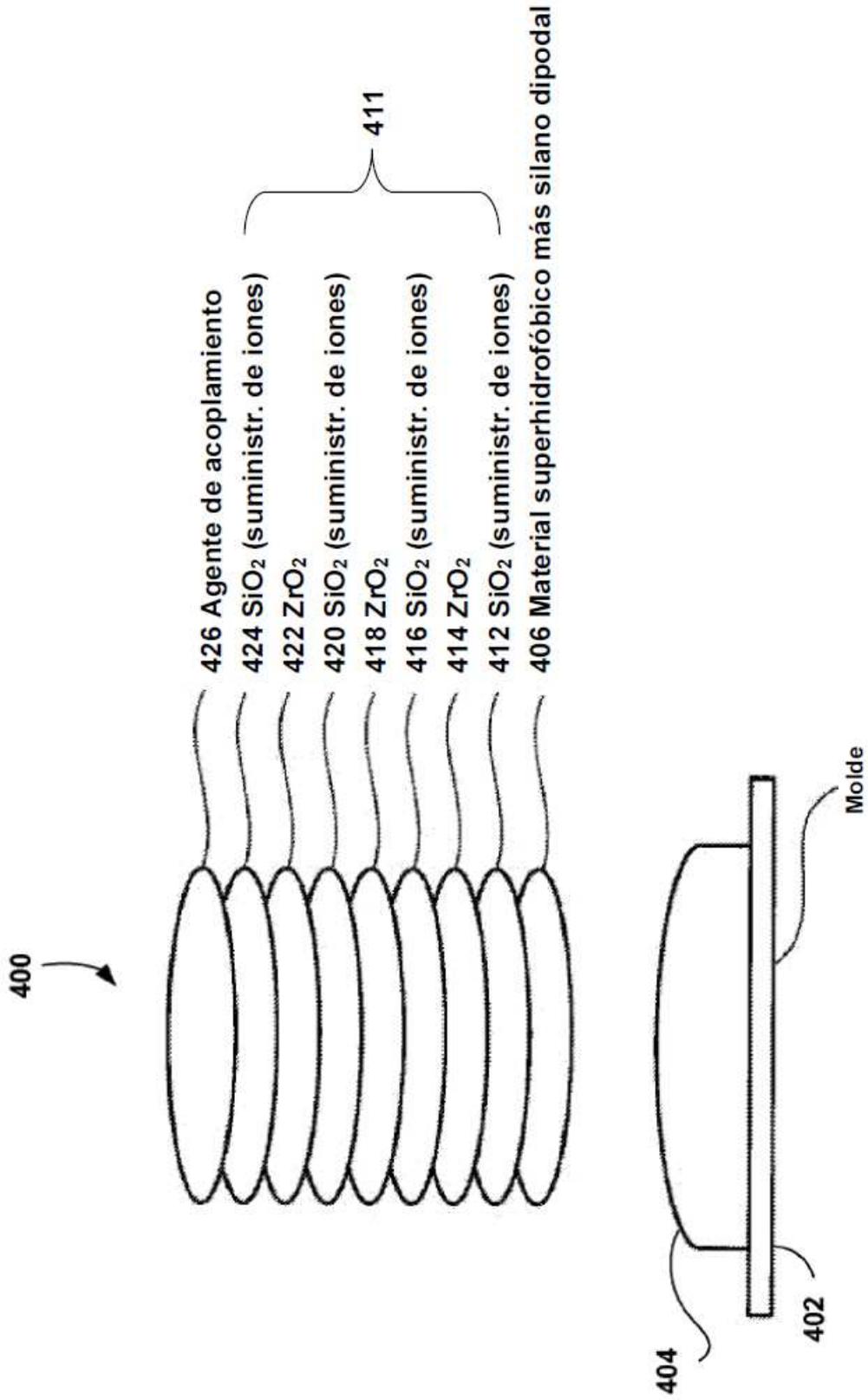


FIG. 4

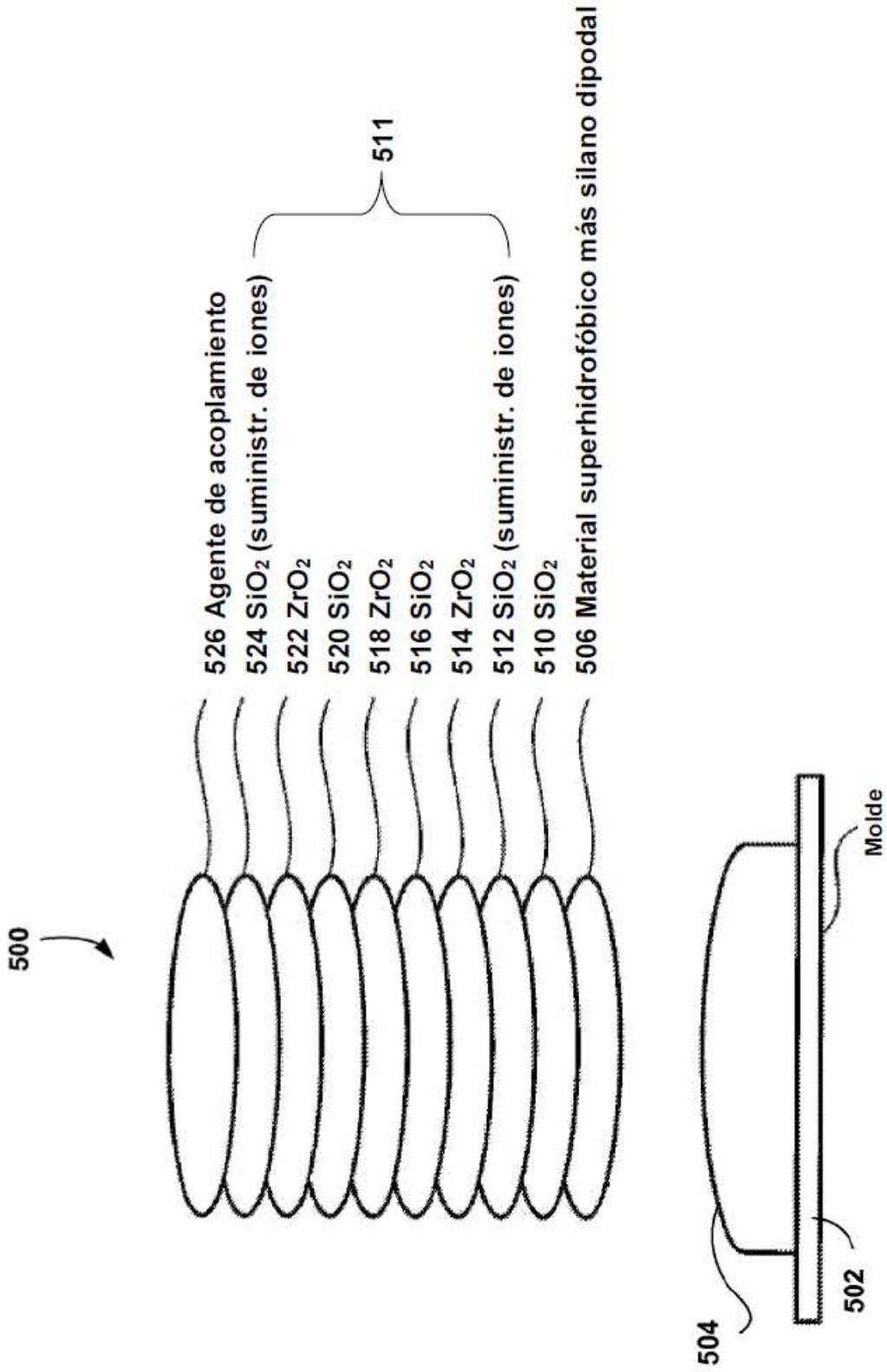


FIG. 5

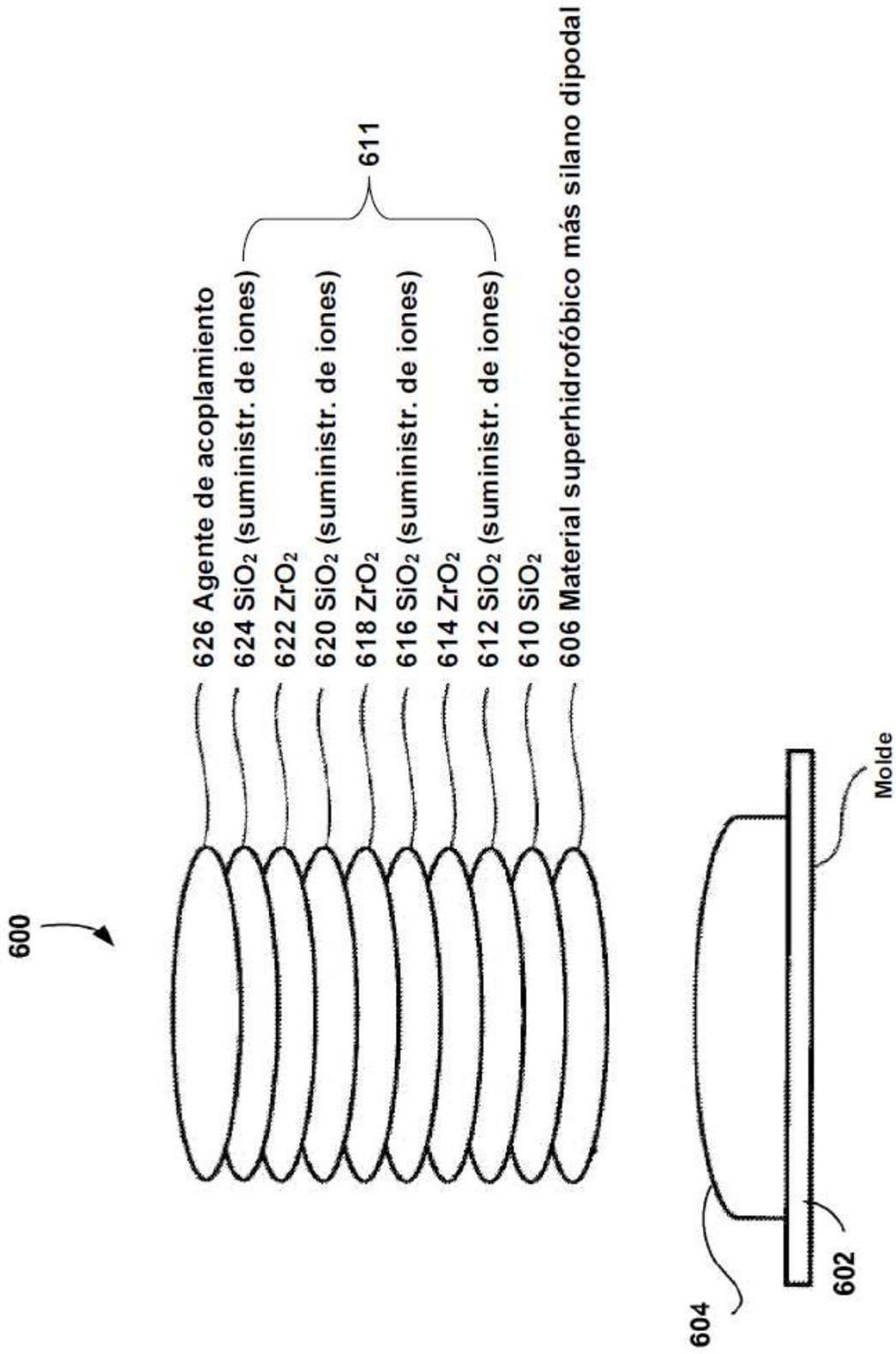


FIG. 6