

RECUBRIMIENTO RESISTENTE AL CUARTEADO Y MÉTODO DEL MISMO

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere al recubrimiento de lentes ópticos y, de manera más particular, a sistemas de recubrimientos anti-reflexivos que son resistentes al cuarteado y métodos para formar los mismos.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Habitualmente, los artículos ópticos, tales como lentes oftálmicos, se fabrican y se venden con varios recubrimientos que imparten o mejoran las características ópticas y estéticas deseadas del artículo óptico. Los recubrimientos duros y los recubrimientos anti-reflexivos son dos recubrimientos que se emplean frecuentemente en conjunción entre sí en una superficie individual de un artículo óptico.

15 Los recubrimientos duros se pueden formar por recubrimiento por inmersión o giratorio y se pueden basar en química de siloxano orgánico. El recubrimiento duro puede proporcionar resistencia mejorada a la abrasión, durabilidad mecánica mejorada y compatibilidad con los recubrimientos anti-

20 reflexivos.

Los recubrimientos anti-reflexivos reducen la reflexión de las superficies frontal y/o posterior de los lentes oftálmicos y por lo tanto son deseables para crear lentes con

transmisión mejorada de luz, visibilidad mejorada y estética mejorada. Típicamente, estos recubrimientos anti-reflexivos se aplican como una serie de capas de diferentes materiales que tienen diferentes índices de refracción. Este sistema de 5 capas es frecuentemente referido como una "pila". Los recubrimientos anti-reflexivos se aplican típicamente a las superficies ópticas a través de técnicas de deposición física de vapor y máquinas, tales como sistemas y máquinas de recubrimiento por pulverización.

10 La Figura 1 muestra una vista de sección transversal de un lente oftálmico 10 que tiene un material de lente a granel 8 con un lado convexo frontal 12 y un lado cóncavo posterior 14. Los lentes 10 pueden tener un recubrimiento duro 16 formado sobre un lado convexo 12 y un lado cóncavo 14. El 15 recubrimiento duro 16 está típicamente en el orden de varias micras de espesor. Un fabricante de lentes puede proporcionar lentes con recubrimientos duros térmicamente curados tanto en el lado convexo 12 como el lado cóncavo 14 de lente 10.

Un recubrimiento anti-reflexivo 18 se puede aplicar 20 sobre el recubrimiento duro 16 tanto en el lado convexo 14 como el lado cóncavo 14 del lente 10 ya sea por el fabricante o por un laboratorio de prescripción. Las pilas anti-reflexivas o el recubrimiento anti-reflexivo 18 del lado convexo 12 y el lado cóncavo 14 se forman en una manera

idéntica o sustancialmente idéntica. En otras palabras, los recubrimientos anti-reflexivos 18 del lado convexo 12 y el lado cóncavo 14 se forman de los mismos materiales con el mismo número de capas que tienen los mismos espesores
5 nominales.

En el laboratorio de prescripción, el lado cóncavo 14 del lente 10 se esmerila o se pule para generar la curvatura y prescripción deseada de un lente oftálmico semi-terminado. Este proceso remueve el recubrimiento duro térmicamente
10 curado del lado posterior aplicado por la fábrica. A fin de restaurar algunas de las propiedades de resistencia a la abrasión y mecánicas a lado cóncavo esmerilado del lente perdido por la remoción del recubrimiento duro térmicamente curado aplicado por el fabricante de lentes, el laboratorio
15 de descripción frecuentemente aplicará un recubrimiento duro curado, UV, ultravioleta. El recubrimiento anti-reflexivo del lado cóncavo descrito en lo anterior 18 después se aplica sobre el recubrimiento duro curado con UV del lado cóncavo
16.

20 Un problema frecuentemente observado con los lentes oftálmicos recubiertos anti-reflexivos convencionales formados como se describe en lo anterior, es que el recubrimiento anti-reflexivo del lado cóncavo es susceptible al cuarteado o al agrietamiento. Las fuerzas y presiones

ejercidas en un lente oftálmico durante el proceso de bordeado de lente y durante la inserción de lente bordeado en una estructura de lente se cree que conduce al cuarteado del recubrimiento anti-reflexivo del lado cóncavo.

- 5 Lo que se necesita en la técnica es un sistema y método de recubrimiento anti-reflexivo para aplicar el mismo que eliminen efectivamente o tengan resistencia incrementada al cuarteado y otras formas de daño inducido por esfuerzo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

- 10 La presente invención proporciona un sistema y método de recubrimiento anti-reflexivo que elimina de manera eficaz, o tiene resistencia incrementada a, el cuarteado y otras formas de daño inducido por esfuerzo y, en particular, tiene resistencia incrementada al cuarteado de recubrimientos anti-
15 reflexivos aplicados sobre recubrimientos duros curados con UV. Estos objetivos son, en parte, logrados al proporcionar un artículo óptico que tiene propiedades anti-reflexivas que comprenden: material a granel que tiene una primera y una segunda superficie óptica; un primer recubrimiento anti-
20 reflexivo formado de una pluralidad de capas aplicadas sobre la primera superficie óptica; y un segundo recubrimiento anti-reflexivo formado de una pluralidad de capas aplicadas sobre la segunda superficie óptica; una reflectancia del segundo recubrimiento anti-reflexivo sustancialmente la misma

como una reflectancia del primer recubrimiento anti-reflexivo y una propiedad mecánica del segundo recubrimiento anti-reflexivo distinto de una propiedad mecánica del primer recubrimiento anti-reflexivo.

5 Estos objetivos se logran además, en parte, al proporcionar un lente oftálmico que tiene propiedades anti-reflexivas que comprenden: un material de lente a granel que tiene una superficie convexa y una superficie cóncava; un primer recubrimiento anti-reflexivo que tiene una pluralidad
10 de capas formadas sobre una primera superficie convexa, al menos una de la pluralidad de las capas tiene un espesor mayor que 100 nanómetros; y un segundo recubrimiento anti-reflexivo que tiene una pluralidad de capas de material de índice alto formadas por la superficie cóncava, cada una de
15 las capas de la pluralidad de capas de material de índice alto del segundo recubrimiento anti-reflexivo tiene un espesor de menor que 70 nanómetros..

 Estos objetivos se logran además, en parte, al proporcionar un método para formar un artículo óptico que
20 tiene propiedades anti-reflexivas que comprenden: aplicar un recubrimiento duro sobre una primera y una segunda superficie óptica de un artículo óptico; formar un primer recubrimiento anti-reflexivo sobre el recubrimiento duro de la primera superficie óptica, el primer recubrimiento anti-reflexivo que

tiene una reflectancia sobre un espectro visible y una primera propiedad mecánica; y forma un segundo recubrimiento anti-reflexivo sobre el recubrimiento duro de la segunda superficie óptica, el segundo recubrimiento anti-reflexivo
5 tiene una reflectancia sustancialmente la misma sobre el espectro visible como el primer recubrimiento anti-reflexivo y una segunda propiedad mecánica distinta de la primera propiedad mecánica del primer recubrimiento anti-reflexivo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

10 Estos y otros aspectos, características y ventajas de las cuales las modalidades de la invención son capaces serán evidentes y serán dilucidados de la siguiente descripción de las modalidades de la presente invención, la referencia se hace a las figuras adjuntas, en las cuales

15 La Figura 1 es una vista seccional de un lente recubierto.

La Figura 2 es una gráfica que muestra una comparación de Abrasión Bayer de un recubrimiento duro curado térmico y curado con luz ultravioleta.

20 La Figura 3A es una gráfica que muestra un esfuerzo de recubrimiento con respecto al espesor de la película o capa de un material de recubrimiento de índice alto.

La Figura 3B es una gráfica que muestra un esfuerzo de recubrimiento con respecto al espesor de la película o capa

de un material de recubrimiento de índice bajo.

La Figura 4 es una vista seccional de un artículo óptico que emplea un recubrimiento de acuerdo con una modalidad de la presente invención.

5 La Figura 5 es una vista seccional de un artículo óptico que emplea un recubrimiento de acuerdo con una modalidad de la presente invención.

La Figura 6 es una gráfica que muestra una reflectancia de un recubrimiento de acuerdo con una modalidad de la
10 presente invención.

La Figura 7 es una gráfica que muestra una reflectancia de un recubrimiento de acuerdo con una modalidad de la presente invención.

La Figura 8 es una gráfica que muestra una resistencia
15 al cuarteado para recubrimientos de acuerdo con ciertas modalidades de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Las modalidades específicas de la invención ahora se describirán con referencia a las figuras adjuntas. Esta
20 invención sin embargo, se puede incorporar en muchas formas diferentes y no se debe considerar como limitada a las modalidades expuestas en la presente; más bien, estas modalidades se proporcionan para que esta descripción sea a través y completa, y lleve completamente el alcance de la

invención a aquellos expertos en la técnica. La terminología utilizada en la descripción detallada de las modalidades ilustradas en las figuras juntas no se proponen para ser limitantes de la invención. En las figuras, los números
5 similares se refieren a elementos similares.

Hablando ampliamente, la presente invención proporciona sistemas de recubrimiento anti-reflexivo y métodos que eliminan de manera eficaz, o que incrementan la resistencia a, el cuarteado del recubrimiento anti-reflexivo. La presente
10 invención logra estos objetivos, en parte, al proporcionar sistemas de recubrimiento anti-reflexivos que se optimizan para una forma de superficie específica de un artículo óptico y para esfuerzos de material asociados con los mismos. Por ejemplo, la presente invención proporciona recubrimientos
15 anti-reflexivos que se optimizan para ya sea un lado convexo o un lado cóncavo de un lente oftálmico y los esfuerzos que cada lado del lente puede encontrar durante el procesamiento y montaje de los lentes.

Los inventores han encontrado que el problema de
20 cuarteado o falla de un recubrimiento anti-reflexivo reflejado sobre un recubrimiento duro está, en parte, relacionado con, y/o se exacerba por, el uso de recubrimientos duros curados con luz ultravioleta. Ambos recubrimientos duros curados térmicos y con UV se basan en la

química de siloxano orgánica que se puede considerar mecánicamente como una mezcla de una fase polimérica suave y fase de vidrio duro, por ejemplo basado en la unión de silicón-oxígeno. Para permitir que se presente la
5 reticulación iniciada por UV, el contenido orgánico en los recubrimientos duros curados con UV es mayor que aquel de los recubrimientos duros térmicamente curados. Sin que se limite por la teoría, los inventores creen que este contenido orgánico incrementado disminuye la durabilidad mecánica de
10 los retraimientos duros curados con UV con respecto a los recubrimientos duros térmicamente curables. Se cree que los recubrimientos duros curados con UV tienen típicamente bajo desempeño a los recubrimientos duros térmicamente curados originales y son menos compatibles con los recubrimientos
15 anti-reflexivos.

Los méritos de esta hipótesis son evidenciados en la Figura 2 que muestra los resultados de la prueba Bayer para un recubrimiento duro térmicamente curado común y un recubrimiento duro curado con UV común. La prueba Bayer mide
20 la durabilidad de un material contra el daño por un medio abrasivo. Un número más alto representa la resistencia a la abrasión incrementada. La abrasión Bayer incrementada se correlaciona con la dureza incrementada y el módulo elástico. Se cree que la dureza incrementada y el módulo elástico dan

por resultado la formación de una mejora capa base o cimentación en la cual para formar los recubrimientos anti-reflexivos al proporcionar una transición mejorada entre un material de lente a granel, por ejemplo un material de lente a granel polimérico relativamente suave o compatible, y las capas de material relativamente duras y/o no flexibles de un recubrimiento anti-reflexivo es decir las capas de óxido de metal, metaloides y trans-metal de un recubrimiento anti-reflexivo.

En tanto que los recubrimientos duros curados con UV tienen limitaciones en la consistencia mecánica con respecto a los recubrimientos térmicamente curados ofrecen las ventajas de bajo costo y facilidad de aplicación. Estas ventajas proporcionan la motivación para uso ampliado en instalaciones de laboratorio de lentes de prescripción pequeños y medios. Por lo tanto es muy benéfico proporcionar recubrimiento anti-reflexivos que ofrezcan compatibilidad mejorada con recubrimientos duros posteriores curados con UV.

La dirección de deformación aplicada a los lentes durante el procesamiento y montaje de los lentes se indica típicamente por la curvatura general de los lentes, es decir, la deformación estará en una dirección que disminuirá el radio de la curva del lado cóncavo del lente. Por ejemplo, las flechas mostradas en la Figura 1 indican la dirección

típica de la deformación del lente 10 durante el procesamiento y montaje de los lentes. Por consiguiente, la deformación del lente 10 dará por resultado típicamente un recubrimiento, por ejemplo, un recubrimiento anti-reflexivo, formado sobre el lado convexo 12 del lente 10 que se somete a un esfuerzo de tracción y un recubrimiento, por ejemplo un recubrimiento anti-reflexivo, formado sobre el lado cóncavo 14 del lente 10 que se somete a un esfuerzo compresivo. La deformación durante el procesamiento de laboratorio, tal como bordeado o conformación, proporciona una amplia gama de condiciones de esfuerzo tanto de tensión como compresivas. La capacidad del recubrimiento duro para proporcionar soporte al recubrimiento anti-reflexivo durante estas deformaciones, combinadas con la resistencia del recubrimiento anti-reflexivo para el cuarteado determina el riesgo del fallo del lente debido al cuarteado. Debido a las deficiencias mecánicas de los recubrimientos duros curados con UV el riesgo de fallo de cuarteado se incrementa en la superficie posterior de un lente.

Ausente de los efectos de la deformación del lente, se ha encontrado que diferentes recubrimientos y diferentes capas dentro de un recubrimiento anti-reflexivo individual tienen diferentes esfuerzos inherentes. Por ejemplo, el esfuerzo de una capa de alto índice de refracción se muestra

en la Figura 3A, y el esfuerzo de una capa de bajo índice de refracción se muestra en la Figura 3B. El esfuerzo de la capa de alto índice de refracción es dependiente del espesor de la capa de alto índice de refracción y abarca una gran gama de compresión a tensión conforme se incrementa el espesor de la capa. El fallo del cuarteado se correlaciona en gran medida con el esfuerzo de tracción. Por lo tanto, en situaciones donde se observa fallo del cuarteado es benéfico afrontar cualquier esfuerzo a tracción acumulativo en el diseño de la capa. En comparación, el esfuerzo del material de bajo índice de refracción tiene una variación mucho más pequeña en el esfuerzo conforme el espesor de la capa se incrementa y, para estos espesores analizados, el esfuerzo sigue siendo compresivo. Los inventores han encontrado que estas propiedades de esfuerzo se pueden controlar al manipular el diseño de la pila anti-reflexiva, el proceso de recubrimiento empleado, y el material exacto o los materiales empleados en la formación del recubrimiento.

A fin de eliminar el cuarteado de los recubrimientos anti-reflexivos o para incrementar la resistencia al cuarteado de los recubrimientos anti-reflexivos, en ciertas modalidades de la presente invención, las propiedades mecánicas del recubrimiento anti-reflexivo se manipulan al ajustar un espesor de una o más de las capas de material que

forman el recubrimiento anti-reflexivo. Por ejemplo, el fallo del cuarteado de los recubrimientos anti-reflexivos se observa frecuentemente en el lado posterior del lente de prescripción que se pulieron en un laboratorio de
5 prescripción óptico y se recubrieron subsecuentemente con un recubrimiento duro curado con UV. Estos recubrimientos son mecánicamente inferiores a los recubrimientos térmicos aplicados en la fábrica que pueden conducir a un riesgo incrementado de cuarteado del recubrimiento anti-reflexivo
10 aplicado sobre este recubrimiento duro curado con UV. Para reducir el riesgo de cuarteado, en ciertas modalidades, la pila de capa se ajusta para eliminar las capas de esfuerzo a la tracción que son probables que provoquen el cuarteado. Este procedimiento, sin embargo, se balancea contra la
15 creación muy grande de un esfuerzo compresivo neto para que dé por resultado de esta manera el fallo debido a la deslaminación de recubrimiento.

En ciertas modalidades de la presente invención, las propiedades mecánicas de recubrimientos se manipulan al
20 optimizar el número de capas en un sistema de recubrimiento. En ciertas modalidades de la presente invención, las propiedades mecánicas de recubrimientos se manipulan al ajustar tanto el espesor de las capas de un sistema de recubrimiento como el número de capas en el sistema de

recubrimiento.

En ciertas modalidades de la presente invención, las propiedades mecánicas de un recubrimiento o de una capa individual se optimizan por la manipulación de las condiciones de proceso de recubrimiento. Por ejemplo, para los recubrimientos anti-reflexivos formados a través de un proceso de recubrimiento por pulverización, una presión, velocidades de flujo de gas, velocidades de deposición, y/o elección de materiales específicos se pueden manipular para lograr de esta manera las propiedades mecánicas deseadas. en muchos casos, la capacidad de hacer estos ajustes al proceso son limitadas por la limitación del equipo de deposición. Esto es especialmente incierto en los recubrimientos por pulverización de tamaño de lotes pequeños donde el espacio físico limita la velocidad de bombeo posible y las energías de deposición logrables. El proceso se limita adicionalmente por los requisitos por el tiempo de ciclo para cumplir con los requerimientos de alto rendimiento.

Adicionalmente, las capas absorbentes de, por ejemplo silicio o zirconio, se pueden incorporar en la pila anti-reflexiva. En ciertas modalidades de la presente invención, el número y/o espesor de estas capas absorbentes se manipula para optimizar de esta manera las propiedades físicas del sistema de recubrimiento en general para una aplicación

específica en un lado convexo de un lado cóncavo de un lente.

En ciertas modalidades, el sistema de recubrimiento de la presente invención imparte propiedades anti-reflexivas, en parte, al emplear capas transparentes alternas de materiales de bajo índice de refracción, medio, y alto. En este aspecto, el alto índice de refracción significa un índice de refracción que es aproximadamente mayor que aproximadamente 1.9 en una longitud de onda referida, por ejemplo una longitud de onda de aproximadamente 550 nanómetros. El bajo índice de refracción significa un índice de refracción que es aproximadamente menor que aproximadamente 1.5 en una longitud de onda referida, por ejemplo, una longitud de onda aproximadamente 550 nanómetros. El índice de refracción medio significa un índice de refracción de aproximadamente entre aproximadamente 1.5 y 1.9 en una longitud de onda referida, por ejemplo una longitud de onda aproximadamente 550 nanómetros. Los materiales de bajo índice de refracción incluyen, por ejemplo, dióxido de silicio. Los materiales de índice de refracción medios incluyen, por ejemplo, oxinitruro de silicio u óxido de aluminio, y los materiales de índice de refracción alta incluyen, por ejemplo, dióxido de titanio, pentóxido de tántalo, y dióxido de zirconio.

De acuerdo con ciertas modalidades de la presente invención, como se muestra en la Figura 4, un lente o

artículo óptico 10 tiene un recubrimiento duro 16 y un recubrimiento anti-reflexivo o pila 110. Por razones de claridad, los recubrimientos o pilas descritas en la presente se describirán de abajo hacia arriba. Es decir las diversas
5 capas del recubrimiento o pila se describirán comenzando de una primera o capa de fondo de la pila que se aplica directamente a un substrato óptico o directamente en un recubrimiento duro y procediendo secuencialmente con cada capa subsecuente de la pila aplicada. De esta manera, una
10 "capa superior" del recubrimiento o pila es la última capa del recubrimiento relevante o pila aplicado durante el proceso de recubrimiento.

La pila anti-reflexiva 110 de acuerdo con la presente invención tiene, por ejemplo, una capa adhesiva 114 aplicada
15 directamente a una superficie de recubrimiento duro 16 que se aplica directamente sobre una superficie del substrato óptico 8. Una primera capa de alto índice de refracción 116 se aplica directamente sobre la parte superior de la capa adhesiva 114. Una primera capa de bajo índice de refracción
20 118 se aplica directamente en la parte superior de la primera capa de alto índice de refracción 116. Una segunda capa de índice de refracción alta 120 se aplica directamente en la parte superior de la primera capa de bajo índice de refracción 118, y una segunda capa de bajo índice de

refracción 122 se aplica directamente en la parte superior de la segunda capa de alto índice de refracción 120.

La capa adhesiva 114, por ejemplo, se forma de silicio; óxido de silicio, SiO_x donde x es menor que o igual a dos; zirconio; y/o un óxido de zirconio, ZrO_x donde x es menor que o igual a dos y tiene, por ejemplo, un espesor de aproximadamente 1 nanómetro o menos. La primera capa de alto índice de refracción 116 es, por ejemplo, formada de un dióxido de zirconio y tiene un espesor de aproximadamente 5 a 15 nanómetros, por ejemplo, 12.5 nanómetros. La primera capa de bajo índice de refracción 118 es, por ejemplo, formada de un dióxido de silicio y tiene un espesor de aproximadamente 20 a 40 nanómetros, por ejemplo, 28.7 nanómetros. La segunda capa de alto índice de refracción 120 es, por ejemplo, formada de un dióxido de zirconio y tiene un espesor de aproximadamente 100 a 150 nanómetros, por ejemplo, 115.42 nanómetros. La segunda capa de bajo índice de refracción 122 es, por ejemplo, formada de dióxido de silicio y tiene un espesor de aproximadamente 60 a 100 nanómetros, por ejemplo, 85.5 nanómetros.

La pila anti-reflexiva descrita en lo anterior 110 proporciona propiedades deseadas de resistencia a la abrasión Bayer mayor que 1.5, resistencia al cuarteado en un recubrimiento duro térmicamente curado (parte frontal del

lente) combinado con un color reflejado de $L^* = 2.94$, $a^* = -3.3$, $b^* = 1.20$ logrando a través de un recubridor por pulverización de lote pequeño. La curva óptica para la pila anterior anti-reflexiva 110 se muestra en la Figura 6 (reflexión de superficie individual, sin parte posterior). Estas propiedades mecánicas y ópticas logradas son una función del espesor de la capa específico y la secuenciación de la pila anti-reflexiva 110. Se ha descubierto que la probabilidad del fallo o debilidad se correlaciona, en parte, con el espesor relativo de la segunda capa de alto índice de refracción 120.

Para evitar o disminuir la probabilidad de un fallo de recubrimiento anti-reflexivo que puede presentarse en el lado cóncavo 14 de un lente 10 durante la deformación del lente 10 en la dirección de las flechas 20, de acuerdo con ciertas modalidades de la presente invención, como se muestra en la Figura 5, se emplea una pila anti-reflexiva 130. La pila anti-reflexiva 130 tiene, por ejemplo, una capa adhesiva 114 aplicada directamente a una superficie del recubrimiento duro 16 que se aplica directamente sobre una superficie del sustrato óptico 8. Una primera capa de alto índice de refracción 136 se aplica directamente en la parte superior de la capa adhesiva 114. Una primera capa de bajo índice de refracción 138 se aplica directamente en la parte superior de

la primera capa de alto índice de refracción 136. Una segunda capa de alto índice de refracción 140 se aplica directamente en la parte superior de la primera capa de bajo índice de refracción 138. Una segunda capa de bajo índice de refracción 142 se aplica directamente en la parte superior de la segunda capa de alto índice de refracción 140. Una tercera capa de alto índice de refracción 144 se aplica directamente en la parte superior de la segunda capa de bajo índice de refracción 142. Una tercera capa de bajo índice de refracción 146 se aplica directamente en la parte superior de la tercera capa de alto índice de refracción 144.

En la pila anti-reflexiva 130, la capa adhesiva 114 es como se describe en lo anterior con respecto a la pila anti-reflexiva 110. La primera capa de alto índice de refracción 136 es, por ejemplo, formada de dióxido de zirconio y tiene un espesor de aproximadamente 8 a 18 nanómetros, por ejemplo, 12.6 nanómetros. La primera capa de bajo índice de refracción 138 s, por ejemplo, formado de dióxido de silicio y tiene un espesor de aproximadamente 20 a 40 nanómetros, por ejemplo, 32.1 nanómetros. La segunda capa de alto índice de refracción 140 es, por ejemplo, formada de dióxido de zirconio y tiene un espesor de aproximadamente 35 a 75 nanómetros, por ejemplo, 47.4 nanómetros. La segunda capa de bajo índice de refracción 142 es, por ejemplo, formado de dióxido de silicio

y tiene un espesor de aproximadamente 6 a 18 nanómetros, por ejemplo, 11 nanómetros. La tercera capa de alto índice de refracción 144 es, por ejemplo, formada de dióxido de zirconio y tiene un espesor de aproximadamente 20 a 70 nanómetros, por ejemplo, 46.1 nanómetros. La tercera capa de bajo índice de refracción 146 es, por ejemplo, formado de dióxido de silicio y tiene un espesor de aproximadamente 60 a 100 nanómetros, por ejemplo, 90.2 nanómetros.

La pila anti-reflexiva descrita en lo anterior 130 proporciona, en parte, un sistema de recubrimiento de esfuerzo relativamente reducido que resistirá el cuarteado debido al esfuerzo de deformación experimentado en el lado cóncavo 14 del lente 10 durante la deformación del lente 10 en la dirección de las flechas 20, como se muestra en la 15 Figura 1. Con respecto al recubrimiento anti-reflexivo 110 descrito en lo anterior, esto se logra, en parte, al dividir esencialmente la segunda capa de alto índice de refracción 120 de la pila anti-reflexiva 110 en dos capas de índice alto sustancialmente delgadas, es decir, en la segunda capa de 20 alto índice de refracción 140 y la tercera capa de alto índice de refracción 144 que se separan por la segunda capa de bajo índice de refracción relativamente delgada 142. Esto elimina o reduce una fuente de esfuerzo de tracción en el diseño de recubrimiento que se correlaciona con un riesgo

incrementado de cuarteado.

Este diseño reduce ventajosamente el riesgo de cuarteado en los recubrimientos anti-reflexivos aplicados sobre los recubrimientos duros curados con UV. Por consiguiente, en la pila anti-reflexiva 130 tanto el espesor como el número de capas de los diferentes materiales de índice de refracción se manipulan para lograr de esta manera las propiedades físicas deseadas. Además de reducir la ocurrencia de cuarteado en el lado posterior del lente, la pila anti-reflexiva 130 deseablemente también coincide estrechamente con el desempeño óptico del recubrimiento anti-reflexivo 110 descrito en lo anterior. La curva óptica para la pila anti-reflexiva 130 se muestra en la Figura 7. El color resultante de la pila anti-reflexiva 130, $L^* = 3.17$, $a^* = -3.1$, y $b^* = 1.26$, coincide estrechamente con el color calculado para la pila 110 con cualquiera de las diferencias más allá notadas por un observador.

Se apreciará que las pilas anti-reflexivas descritas en lo anterior son sólo ciertos ejemplos de una pila anti-reflexiva de acuerdo con la presente invención y que las variaciones en el número de las capas, el espesor individual de las diferentes capas y los diversos materiales de los cuales las diferentes capas se forman se contemplan y están dentro del alcance de la presente invención. en ciertas

modalidades de la presente invención, la capa adhesiva 14 se omite del sistema de recubrimiento 110 y/o el sistema de recubrimiento 130.

En ciertas modalidades de un lente oftálmico que emplea
5 la pila anti-reflexiva 110 sobre una superficie óptica y la pila anti-reflexiva 130 en una segunda superficie óptica diferente, de acuerdo con la presente invención, las dos superficies de lente que tienen diferentes recubrimientos anti-reflexivos no obstante tienen características ópticas
10 sustancialmente idénticas, tal como la referencia sobre todo o una porción sustancial del espectro de luz visible. Esto es evidenciado en como se muestra en las Figuras 6 y 7. Significativamente, las características ópticas sustancialmente idénticas de los dos recubrimientos anti-
15 reflexivos diferentes o pilas se logra concurrentemente con el beneficio de los dos recubrimientos anti-reflexivos diferentes o pila que tienen diferentes propiedades mecánicas optimizadas para la aplicación sobre diferentes tipos de recubrimientos duros y sobre las superficies de lentes que
20 tienen diferentes formas. Por ejemplo, la pila 110 se optimiza para aplicar sobre un recubrimiento duro térmicamente curado aplicado de una superficie óptica convexa, y la pila 130 se optimiza para la aplicación sobre un recubrimiento duro curado con UV aplicado de una

superficie óptica cóncava.

Se apreciará que cualquier grado de diferencia en las reflectancias entre la pila 110 y la pila 130, mostradas en las Figuras 6 y 7 no se considera dentro del intervalo de diferencias distinguibles por un ojo humano. Del mismo modo, cualquier grado de diferencia en el color descrito en lo anterior, por ejemplo L^* , a^* , y b^* , tampoco se consideran dentro del intervalo de las diferencias distinguibles por un ojo humano. Por consiguiente, por razones de claridad, uno que tiene experiencia ordinaria en la técnica considerará la reflectancia y las propiedades de color de la pila 110 y la pila 130 y sustancialmente idénticas o sustancialmente las mismas.

Adicionalmente, el lente 10 puede emplear además propiedades funcionales adicionales impartidas por los recubrimientos y tratamientos adicionales aplicados sobre o en la parte superior de la pila anti-reflexiva, por ejemplo, recubrimientos fáciles de limpiar y/o hidrofóbicos. Para las aplicaciones oftálmicas, en ciertas modalidades, una capa hidrofóbica o anti-ensuciamiento separada o recubrimiento se puede aplicar en la parte superior de las capas alternas descritas en lo anterior de materiales de bajo índice de refracción, medio y alto. Esta capa hidrofóbica o anti-ensuciamiento o recubrimiento proporcionar una limpieza más

fácil del mantenimiento del lente oftálmico. Para películas aplicadas por pulverización, una capa hidrofóbica o anti-ensuciamiento o recubrimiento se aplica típicamente por un proceso de inmersión que logra una energía superficial baja en el recubrimiento, es decir, logra un ángulo de contacto de agua mayor que 100 grados. Esta capa hidrofóbica o anti-ensuciamiento o recubrimiento tiene un espesor en el intervalo de aproximadamente cinco a diez nanómetros.

Adicionalmente, en ciertas modalidades las capas absorbentes, por ejemplo capas de silicio o capas de metal, se pueden incorporar bajo, dentro, o sobre la pila anti-reflexiva descrita en lo anterior. En ciertas modalidades de la presente invención, el número y/o espesor de estas capas absorbentes se manipula para optimizar de esta manera las propiedades físicas del sistema de recubrimiento en conjunto y/o para una aplicación específica en un lado convexo o un lado cóncavo de un lente.

En ciertas modalidades de la presente invención, los recubrimientos anti-reflexivos del lado convexo y cóncavo de un lente se diseñan o se configuran independientemente y son distintos entre sí para resistir de esta manera el daño provocado por los diferentes tipos de esfuerzos más probablemente a ser encontrados por los recubrimientos individuales mientras que se logra la reflectancia óptica

deseada, resistencia a la abrasión y/o resistencia mecánica.

En ciertas modalidades de la presente invención, los recubrimientos anti-reflexivos de lado convexo y cóncavo sobre un lente se diseñan o se configuran independientemente y son distintos entre sí para de esta manera adecuar mejor las propiedades mecánicas de los recubrimientos duros del lado convexo y cóncavo subyacentes, proporcionando de esta manera la combinación óptima de desempeño óptico, resistencia a la abrasión y/o resistencia mecánica.

Por razones de claridad, las configuraciones de recubrimiento anti-reflexivos del lado convexo y lado cóncavo distintos y/u optimizados de la presente invención se pueden emplear separadamente, por ejemplo un lente puede emplear sólo un sistema de recubrimiento específico del lado convexo solamente del lado cóncavo de acuerdo con la presente invención, o las distintas configuraciones de recubrimiento del lado convexo y lado cóncavo, distintas de la presente invención, se pueden emplear en conjunción con otros en las superficies ópticas diferentes de un lente individual.

En una modalidad de un método de recubrimiento de acuerdo con la presente invención, un lente de plástico se recubre utilizando una herramienta de pulverización diseñada con un espacio pequeño adecuado para el uso en un laboratorio de procesamiento de prescripción pequeño. Los aspectos de

este sistema de pulverización se detallan en la Publicación de los Estados Unidos No. 2014/0174912 del cesionario que se incorpora en la presente a manera de referencia en su totalidad. El espacio relativamente pequeño de esta máquina
5 limita el número de dianas de pulverización o materiales a un máximo de dos. Las dianas se forman de materiales de tipo metálico y se agrega oxígeno durante el procesamiento para formar las capas dieléctricas sustancialmente transparentes deseadas de los materiales de óxido de bajo índice de refracción, medio y/o alto. Una diana se utiliza para formar
10 un material de índice bajo, tal como dióxido de silicio, de una diana de silicio expuesta a gas oxígeno. La otra diana se utiliza para formar un material de índice alto, tal como dióxido de zirconio, de una diana de zirconio expuesta al gas
15 oxígeno. Una fuente de plasma en un sistema proporciona un plasma de oxígeno activado para ayudar en la formación de las capas de óxido libres absorbentes.

En el inicio del proceso de pulverización, el lente que se recubre se transfiere en la cámara de recubrimiento. En
20 una presión elegida, típicamente por abajo de 5×10^{-5} mbar una mezcla de argón, y oxígeno se hacen pasar en la cámara por controladores de flujo de masa. La fuente de plasma se energiza para formar un plasma a fin de tratar la superficie del lente incrementando la adhesión del material de película

depositado al lente. Después de la limpieza con plasma, una capa de adhesión de silicio se deposita en un flujo de argón de 40 centímetros cúbicos estándar por minuto, SCCM, y una potencia de 1500 vatios. No se agrega oxígeno en el proceso lo cual permite la formación de una película de silicio con incorporación de oxígeno mínima. El espesor de esta capa se ajusta por el tiempo de deposición. Típicamente se deposita un espesor de película de menor que un nanómetro. En la parte superior de esta capa las capas alternas de material de índice bajo y alto se depositan para espesores descritos utilizando un proceso adecuado tal como una pulverización reactiva de corriente directa pulsada.

Los materiales de bajo y alto índice se depositan a potencias suficientes para lograr un tiempo de ciclo deseado mientras que no provoquen un calentamiento indeseado de la lente. Un nivel de potencia típico es 1458 vatios para una diana de aproximadamente quince punto veinticuatro centímetros (seis pulgadas) en diámetro. Para la formación de película de dióxido de silicio de una diana de silicio, 16 SCCM de oxígeno se agregan a la fuente de plasma corriendo a una corriente de descarga de 300 miliamperios en un voltaje de casi 250. Se suministra argón al cabezal de pulverización en una velocidad de flujo de 10 SCCM. El resultado es una película de dióxido de silicio transparente de alta calidad

utilizando un proceso compatible con la mayoría de lentes de plástico. Para la formación de película de dióxido de zirconio de una diana de zirconio, 20 SCCM de oxígeno se agregan a la fuente de plasma corriendo a una corriente de
5 descarga de 300 miliamperios en un voltaje de casi 250. Se suministra argón al cabezal de pulverización en una velocidad de flujo de 20 SCCM. El resultado es una película de dióxido de zirconio transparente de alta calidad formada de un proceso compatible con la mayoría e lentes de plástico. Los
10 espesores de la capa individual se ajustan por el diseño de recubrimiento, como es entendido por cualquiera experto en la técnica. Estos espesores variarán dependiendo del diseño deseado y el número de capas pueden variar, típicamente entre cuatro y siete, con el espesor de recubrimiento total de
15 entre 200 y 500 nanómetros. Las condiciones de proceso descritas en lo anterior proporcionan un ejemplo para las referencias solamente y pueden variar dependiendo de los materiales empleados, las propiedades de la película deseada, y la máquina de recubrimiento empleada.

20 En ciertas modalidades, el sistema de recubrimiento de la presente invención se forma y se optimiza para aplicaciones específicas al manipular las condiciones de deposición empleadas en la formación del sistema de recubrimiento. Por ejemplo, las condiciones de deposición de

cada uno de los diferentes materiales diana es variado para lograr la reflectancia deseada, transmisión, absorbancia, propiedades antiestáticas y mecánicas del sistema de recubrimiento resultante. Los esfuerzos de recubrimiento
5 específicos se puede manipular u optimizar al controlar un número de factores de proceso de recubrimiento incluyendo pero no limitados a: gas de pulverización, presión, velocidad de deposición, estado de oxidación, por ejemplo, formación de sub-óxidos, y temperatura. Frecuentemente otras limitantes
10 limitan el intervalo accesible de parámetros. Por ejemplo, muchos materiales de substrato tales como plástico no pueden sobrevivir a la deposición a temperatura elevada, la velocidad de bombeo puede limitar los intervalos de presión accesibles, el diseño del magnetrón determinará el
15 enfriamiento y por lo tanto la limitación de potencia, y el costo limitarán los suministros de energía disponibles lo cual limita la velocidad de deposición logable máxima.

Se apreciará que las condiciones o parámetros de deposición son numerosos para diferentes técnicas de
20 pulverización y máquinas, y los parámetros de deposición significativos y/o figuras sólo se pueden suministrar frecuentemente para un sistema o máquina de deposición dado. Por consiguiente, para cualquiera sistema dado, un operador experto apreciará que será necesario determinar la variación

de las propiedades deseadas de un recubrimiento como una función de las condiciones de deposición específicas de la máquina de deposición empleada. Los parámetros del sistema que pueden alterarse de una máquina a la siguiente incluyen:

5 la geometría de la cámara de deposición, el tamaño diana, la potencia aplicada a la diana, el voltaje diana, la distancia entre el sustrato y la diana, la composición diana, las velocidades de flujo de gas, velocidad de bombeo, presiones totales y similares.

10 En ciertas modalidades, los recubrimientos de acuerdo con la presente invención se aplican a sustratos y artículos ópticos, por ejemplo, lentes oftálmicos, ventanas, gafas de seguridad, protectores y lentes para el sol. El sistema de recubrimiento de la presente invención se aplica a una parte

15 frontal, una parte posterior o una superficie frontal y posterior del artículo óptico. Los lentes oftálmicos pueden, por ejemplo, ser un lente terminado o no terminado y/o un lente individual o multifocal. El artículo óptico puede, por ejemplo, ser formado de vidrio, cuarzo cristalino, sílice

20 fusionada, o vidrio de silicato de sosa-cal. En una modalidad alternativa, el artículo óptico se forma de un material a granel de plástico o resina adecuado para el moldeo por vaciado o inyección. Por ejemplo, estos materiales incluyen polímeros basados en monómeros de alil-diglicol-carbonato

(tal como CR-39 disponible de PPG Industries, Inc. and SPECTRALITE and FINALITE Sola International Inc.) y policarbonatos (tales como LEXAN disponible de General Electric Co.).

5 Estos artículos ópticos pueden ser transparentes o pueden emplear un substrato colorante activo o estático mezclado directamente en la resina o material a granel. Estos artículos ópticos pueden emplear además características funcionales adicionales en la forma de recubrimientos, laminados, insertos de película delgada, y/o laminados de película delgada. Los atributos funcionales de estas películas, laminados, o recubrimientos pueden incluir, por ejemplo, coloración, tinción, recubrimiento duro, polarización, fotocromismo, electrocromismo, absorción de UV, filtración de banda angosta, fácil limpieza, hidrofobicidad y anti-estática.

Ejemplos

A fin de evaluar los beneficios de la presente invención, se prepararon 9 lentes con la pila anti-reflexiva aplicada a un lado cóncavo de los lentes, y un segundo conjunto de 6 lentes se prepararon con la pila anti-reflexiva aplicada a un lado cóncavo de los lentes. En todos los casos, los lentes fueron 6 lentes base idénticos sin potencia (es decir 6 frontales y posteriores base). El espesor central

del lente fue de aproximadamente 1.7 mm. Las pilas anti-reflexivas 110 y 130 se aplicaron directamente sobre un recubrimiento duro curado con UV. Los lentes se sometieron a una compresión de incremento alrededor de una circunferencia exterior del lente en la dirección general de las flechas mostradas en la Figura 1. Se aplicó presión constante a cada lente hasta que se observó el cuarteado en el recubrimiento anti-reflexivo del lado cóncavo del lente. La curvatura local máxima de cada lente durante la deformación se midió utilizando un reloj de lente y se registró. Puesto que los lentes todos fueron de los mismos diámetros y espesores una mayor curvatura registrada de un lente en el punto de cuarteado se correlaciona con una fuerza mayor aplicada al lente para generar la curvatura. La prueba, por lo tanto, proporciona una medida para comparar la resistencia al cuarteado de diferentes recubrimientos en los lentes de otra manera similares bajo condiciones que pueden presentarse durante el procesamiento de lentes y el montaje de gafas en los laboratorios de prescripción, por ejemplo durante el bordeado de un lente o inserción de un lente en un armazón.

La Figura 8 muestra los resultados promedio de los dos conjuntos de lentes de muestra sometidos a prueba. Como se indica claramente en por los resultados, las pilas anti-reflexivas o sistemas de recubrimiento 110 y 130 muestran

resistencias significativamente distintas al cuarteado. De manera más particular, la pila anti-reflexiva 130 mostró una mayor resistencia al cuarteado con respecto a aquella de la pila anti-reflexiva 110. Por consiguiente, la pila anti-reflexiva 130 proporciona ventajosamente resistencia mejorada al cuarteado cuando se emplea en una superficie de un artículo óptico sometido a una fuerza compresiva.

Aunque la invención se ha descrito en términos de modalidades particulares y aplicaciones, uno de experiencia ordinaria en la técnica, en vista de esta enseñanza, puede generar modalidades y modificaciones adicionales sin apartarse del espíritu de o exceder el alcance de la invención reclamada. Por consiguiente, se va a entender que las figuras y descripciones en la presente son propuestas a manera de ejemplo para facilitar la comprensión de la invención y no se debe considerar para limitar el alcance de las mismas.