

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 534 221**

51 Int. Cl.:

G02C 7/08 (2006.01)

G02B 26/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.08.2004 E 04781086 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.02.2015 EP 1654566**

54 Título: **Sistema mejorado de lente electro-activa**

30 Prioridad:

15.08.2003 US 495110 P

15.09.2003 US 502630 P

15.10.2003 US 511128 P

21.11.2003 US 523674 P

17.02.2004 US 544964 P

12.03.2004 US 552198 P

30.04.2004 US 566406 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.04.2015

73 Titular/es:

**E-VISION LLC (100.0%)
8437 Tuttle Avenue, Suite 319
Sarasota FL 34243, US**

72 Inventor/es:

**BLUM, RONALD D.;
KOKONASKI, WILLIAM y
DUSTON, DWIGHT P.**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 534 221 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

Sistema mejorado de lente electro-activa

ANTECEDENTES DEL INVENTO

5 Muchas personas, incluso aquellos que por otro lado tienen una buena visión, tienen deficiencias menores de visión que caen bajo la categoría de error de refracción no convencional que les impide conseguir la mejor agudeza visual posible. De modo diferente al error de refracción convencional, es decir, a la "miopía" o a la "hipermetropía" y otros tipos de problemas usualmente tratados en personas con visión correcta, el impacto del error de refracción no convencional, tal como aberraciones de orden superior, puede incluso ser difícil de percibir para un individuo hasta que ha sido
10 identificado, medido y corregido durante un examen ocular y el individuo tiene una oportunidad de conseguir la agudeza visual incrementada que acompaña a la corrección de estos errores. Las gafas que corrigen las aberraciones visuales dependientes del entorno son conocidas por el documento US 2003/0058406.

15 El efecto de aberraciones de orden superior puede variar dependiendo de condiciones medioambientales, tales como la distancia desde un objeto que se está viendo o del tamaño de la pupila, que fluctúa basado en la distancia vista y en la cantidad de luz ambiente que entra en la pupila. Así, una lente que tiene una corrección fija para aberraciones de orden superior puede aún no proporcionar a un individuo una corrección apropiada excepto en ciertas condiciones.

RESUMEN DEL INVENTO

20 Por consiguiente, puede ser deseable proporcionar sistemas de lente y dispositivos ópticos que aborden estas y otras necesidades de corrección de visión que permitan cambios dinámicos en la corrección de orden superior y/o que puedan colaborar en ayudar a múltiples personas con diferentes necesidades de corrección de orden superior a que utilicen el mismo dispositivo óptico.

25 Se ha descrito un sistema de lente de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende una primera capa electro-activa que proporciona corrección de al menos una aberración de orden superior; la corrección de orden superior proporcionada cambia en respuesta a las necesidades de un usuario mientras está mirando a través del sistema de lente. Los cambios dinámicos pueden estar basados, por ejemplo en una respuesta a un cambio en la mirada del usuario, en el tamaño de la pupila del usuario, o en el tiempo transcurrido después de un parpadeo.

También se ha descrito un dispositivo óptico de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende al menos una lente para corregir aberraciones de orden superior. La lente puede estar integrada con el dispositivo óptico o unida de manera que se puede desmontar del mismo, y puede incluir características adicionales que hacen los dispositivos ópticos particularmente adecuados para utilizar por múltiples personas, especialmente en ambientes difíciles y/o militares.

30 En un primer aspecto se ha proporcionado un sistema de lente electro-activa que comprende: una lente electro-activa que comprende una pluralidad de píxeles, teniendo cada píxel de dicha pluralidad de píxeles un índice de refracción variable, un sensor adaptado para detectar una luz ambiente, y un controlador conectado operativamente a dicho sensor y a dicha lente electro-activa, caracterizado por que dicho sistema de lente electro-activa está configurado para proporcionar una corrección de aberración de orden superior variable basado en un cambio en la iluminación ambiente
35 detectada por el sensor, incluyendo la corrección de aberración de orden superior variable una pluralidad de prescripciones ópticas de un usuario de la lente.

Aspectos, características y ventajas adicionales del presente invento serán más evidentes cuando son considerados a la luz de la siguiente descripción detallada de realizaciones ejemplares del invento.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

40 La fig. 1a es una ilustración de un diseño de píxel electro-activo para corregir una aberración de orden superior bajo un conjunto de condiciones dadas.

La fig. 1b es una ilustración de un diseño de píxel electro-activo para corregir una aberración de orden superior bajo un conjunto diferente de direcciones dadas.

La fig. 2 es una ilustración de gafas que contienen un sistema de lente de acuerdo a una realización ejemplar del invento.

45 La fig. 3 es una ilustración de un sistema de lente de acuerdo a una realización ejemplar del invento.

La fig. 4 es una ilustración de un sistema de lente de acuerdo a otra realización ejemplar del invento.

La fig. 5 es una ilustración de un dispositivo óptico que utiliza un sistema de lente de corrección de una aberración de orden superior de acuerdo a una realización ejemplar del invento.

50 La fig. 6 es una ilustración de un dispositivo óptico que utiliza un sistema de lente de corrección de una aberración de orden superior de acuerdo a otra realización ejemplar del invento.

Las figs. 7a y 7b son una ilustración de un dispositivo óptico con una lente que se puede desmontar de corrección de una aberración de orden superior de acuerdo a una realización ejemplar del invento.

La fig. 8 es una ilustración de un dispositivo óptico con una lente que se puede desmontar de corrección de una aberración de orden superior de acuerdo a otra realización ejemplar del invento.

- 5 La fig. 9 es una ilustración de un dispositivo óptico con una lente programable de corrección de aberración de orden superior de acuerdo a una realización ejemplar del invento.

La fig. 10 es una ilustración de un dispositivo óptico de acuerdo a una realización ejemplar del invento.

La fig. 11 es una ilustración de una línea de guía de vista para utilizar con un dispositivo óptico de acuerdo a una realización ejemplar del invento.

- 10 La fig. 12 es una ilustración de una línea de guía de vista para utilizar con un dispositivo óptico de acuerdo a otra realización ejemplar del invento.

La fig. 13 es una ilustración de una línea de guía de vista para utilizar con un dispositivo óptico de acuerdo aún a otra realización ejemplar del invento.

La fig. 14 es un diagrama de modo Zernike que ilustra aberraciones ejemplares de orden superior.

15 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES EJEMPLARES

Realizaciones ejemplares del invento están dirigidas a sistemas de lente y dispositivos ópticos que utilizan sistemas de lente que proporcionan capacidades de visión mejoradas como se ha definido en la reivindicación 1.

- 20 Como se ha descrito con más detalle en la Patente Norteamericana nº 6.619.799 incorporada aquí por referencia a su totalidad, se han desarrollado lente electro-activas que son capaces de proporcionar una corrección de visión que corrige tanto el error de refracción convencional, como la hipermetropía y la miopía, como que corrige el error de refracción no convencional, que incluye aberraciones de orden superior.

- 25 Los beneficios de corregir el error de refracción no convencional pueden proporcionar en particular a un individuo con una agudeza visual que es mejor de 20/20. Los errores no convencionales, en particular, las aberraciones de orden superior, tales como el coma, por ejemplo, son el resultado típicamente de deficiencias dentro del ojo y a menudo impiden incluso a aquellos que tienen una buena visión, es decir 20/20, mejorar su agudeza visual a un nivel superior tal como 20/15, 20/10 o incluso que se aproximan a 20/8.

- 30 El efecto de la aberración de orden superior sobre la visión de una persona puede fluctuar basado en el tamaño de la pupila y o en la distancia de mirada del objeto que se está mirando. Por ejemplo, como la pupila se agranda cuando la luz ambiente es baja o cuando se mira a un objeto cercano, una persona puede experimentar que la aberración tiene un mayor o menor efecto sobre la visión de dicha persona que en la luz ambiente alta cuando la pupila es menor o cuando se mira a un objeto distante. Los cambios en el tamaño de la pupila también pueden ser el resultado de parpadear, así como cambios de temperatura, altitud, condiciones medioambientales e incluso del estado emocional de un individuo.

- 35 En general, una pupila menor proporciona un enfoque ligeramente más nítido y cubre alguna de las aberraciones que puede haber presentes en el ojo, que normalmente se encuentran situadas en la córnea o en el cristalino, así como en otras partes del ojo. En condiciones en las que la pupila se abre más para admitir más luz, más aberraciones son expuestas y así introducidas en imágenes creadas cuando la luz entra en el ojo. Un aumento en el impacto de aberraciones esféricas puede ser particularmente notorio cuando aumenta el tamaño de la pupila.

- 40 Así, una aberración que puede tener un impacto sustancial sobre la visión cuando una pupila está dilatada, como en condiciones de poca luz, puede tener un impacto diferente o menor con luz brillante cuando la pupila es típicamente mucho menor de tamaño y limita la cantidad de luz que entra en el ojo. La luz pasa a través de un área más pequeña del ojo y así puede no pasar a través de una parte del ojo sometida a una deficiencia particular, mientras que otras deficiencias pueden ser exageradas. Como resultado, una persona puede tener una potencia óptica de base sustancialmente constante en condiciones variables de luz ambiental, por ejemplo, -2,50 Dioptrías (D), pero puede necesitar dos o más prescripciones diferentes para corregir las aberraciones de orden superior dependiendo de las condiciones de visión.

- 45 De modo similar, un cambio en la distancia de mirada también puede dar como resultado un cambio en las aberraciones del ojo. Generalmente, el tamaño de la pupila aumenta cuando uno se centra en un objeto en un rango de distancia cercano, típicamente menor de aproximadamente 45,72-60,96 cm (18-24 pulgadas) desde el ojo. Adicionalmente, la curvatura del cristalino del ojo también cambia cuando la distancia de mirada cambia. El cambio en el tamaño de la pupila, junto con un cambio en la curvatura del cristalino se combinan para alterar el impacto de una aberración cuando
50 varía la distancia desde la que se mira. Los efectos de convergencia cuando se visualizan objetos en un rango de distancia cercana también pueden alterar el impacto de las aberraciones a diferentes distancias de mirada.

De acuerdo con realizaciones ejemplares del invento, se ha proporcionado un sistema de lente que ajusta dinámicamente la corrección de aberraciones de orden superior para correlacionarla con el diámetro de la pupila y/o la distancia de observación de una persona que mira a través del sistema de lente. De esta manera, la misma lente que corrigen aberraciones de orden superior de un individuo para proporcionar una agudeza visual mejorada cuando la pupila está dilatada también se ajusta para mantener el nivel de agudeza visual cuando la pupila se contrae.

El sistema de lente comprende una lente electro-activa que tiene al menos una capa de material electro-activo, tal como un cristal líquido por ejemplo, como se ha descrito en la Patente '799. La capa de material electro-activo es dividida en una agrupación de píxeles de dos dimensiones utilizando un aislador transparente, tal como óxido de indio y de estaño, por ejemplo, u otro material aislante transparente. Cada píxel es individualmente direccionable de modo que una tensión aplicada haga que el material electro-activo en cada píxel tome una cierta orientación molecular. Cuando la luz pasa a través de los píxeles individuales, la luz es refractada en un cierto ángulo basado en los índices de refracción que resultan de la orientación del material electro-activo en píxeles particulares. Ajustando la tensión aplicada a cada uno de los píxeles individuales, diferentes píxeles son orientados en ángulos diferentes produciendo diferentes índices de refracción. De este modo, el sistema de lente puede ser controlado para refractar la luz correspondiente a un diseño particular para conseguir una prescripción de visión que corrige las aberraciones de un ojo de una persona y produce una corrección de orden superior a través de todo el ojo cuando el individuo mira a través del sistema de lente.

Las aberraciones de orden superior pueden ser medidas, mediante la utilización de un analizador de frente de onda para determinar el diseño o patrón de potencia óptica necesario para proporcionar corrección de aberración de orden superior. Los analizadores de frente de onda miden la distorsión de una onda de luz plana que pasa a través del ojo provocada por aberraciones y pueden ser utilizados para detectar la posición y magnitud de las aberraciones en el ojo. Se han mostrado tipos ejemplares de aberraciones de orden superior en el diagrama Zernike mostrado en la fig. 14. El frente de onda medido es a continuación utilizado para determinar una prescripción de visión que puede ser almacenada electrónicamente como una serie de correcciones de visión en las que pueden ser necesarias diferentes correcciones de visión para diferentes áreas del ojo.

Como se ha descrito previamente, las aberraciones de orden superior varían típicamente dependiendo de la distancia desde la que se mira y del tamaño de la pupila. Por consiguiente, el frente de onda puede ser medido bajo una variedad de condiciones de iluminación y en diferentes longitudes de mirada. Por ejemplo, las mediciones pueden ser realizadas típicamente mientras un individuo está mirando a una distancia de 6,7 m (20 pies), que corresponde a una visión "de lejos", de 66,7 a 100 cm (2 a 3 pies), que corresponde a una visión "intermedia", y a distancias de hasta aproximadamente 45,72-60,96 cm (18 a 24 pulgadas), que corresponden a una visión "de cerca". Pueden utilizarse más distancias y/o diferentes distancias para medir diferentes niveles de cambio en la corrección de orden superior necesaria. De modo similar, las mediciones son realizadas bajo al menos condiciones de luz ambiental brillante y amortiguada o reducida, aunque puede utilizarse un rango de condiciones de luz ambiente para determinar cómo cambia la aberración de orden superior de claridad a oscuridad o viceversa.

Pueden hacerse acomodaciones similares para cambios en la corrección de aberración que resultan del parpadeo ocular. Las aberraciones de orden superior cambian después de un parpadeo ocular debido a la dispersión de una lágrima sobre la córnea. Esta dispersión de lágrima continúa cambiando en función del tiempo después de un parpadeo y pueden depender de varios factores. Los factores ejemplares que impactan en la tasa de cambio de la dispersión de la lágrima incluyen la consistencia de la película lagrimal, evaporación, drenaje y gravedad.

Para un individuo específico el efecto de la aberración de orden superior y, por lo tanto, la corrección deseada continuará cambiando a lo largo de un período de tiempo transcurrido después de un parpadeo hasta que el individuo específico parpadee de nuevo. A continuación, el ciclo de corrección de aberración de orden superior se repetirá por sí mismo.

Utilizando un analizador de frente de onda, las mediciones de las aberraciones de orden superior de una persona pueden hacerse justo antes de un parpadeo, y a intervalos específicos entre parpadeos para determinar cómo fluctúan las aberraciones con el parpadeo. Una vez medidas, un oculista puede determinar si son deseables una o más prescripciones después de un parpadeo para corregir las aberraciones cambiantes; estas prescripciones pueden ser programadas a continuación a un chip micro-controlador que acciona la lente electro-activa que proporciona la corrección. Cuando se produce un parpadeo en el ojo del usuario, detectado por un fotodetector u otro dispositivo, el microcontrolador puede alterar la corrección entre una o más prescripciones almacenadas para optimizar la visión del usuario durante el intervalo de tiempo después del parpadeo.

Midiendo y almacenando una prescripción para corregir aberraciones de orden superior a distintas distancias e intensidades de luz ambiente y/o en diferentes etapas de la dispersión de la película lagrimal, un conjunto amplio de prescripciones puede ser almacenado en una memoria electrónica asociada con el sistema de lente. El conjunto almacenado de prescripciones para distintas condiciones de visión, cuando es utilizado en combinación con un sensor que detecta tales condiciones de visión, puede ser utilizado de tal manera que el sistema de lente cambie dinámicamente para proporcionar y mantener después un nivel de agudeza visual mejorada cuando las condiciones de visión continúan cambiando.

Uno de tales sensores que se puede utilizar es un fotodetector que vigila el diámetro de la pupila. Cuando el fotodetector

detecta un cambio en el tamaño de la pupila, un controlador ajusta la tensión aplicada a la agrupación de píxeles del sistema de lente basado en el diámetro de la pupila medido para modificar dinámicamente la prescripción para proporcionar la corrección de aberración de orden superior apropiada, permitiendo a un individuo que mira a través del sistema de lente mantener un nivel mejorado de agudeza visual.

5 Otro sensor que puede ser utilizado es un fotodetector que detecta la reflexión de la luz fuera de la córnea de un ojo. Cada vez que un ojo parpadea, el párpado interrumpe la reflexión de la luz desde la córnea. Esto puede provocar que se presente una prescripción al usuario correspondiente a un cierto estado de película lagrimal. La prescripción puede cambiar en función del tiempo basado en los efectos de los cambios previamente medidos en la película lagrimal del usuario hasta que el usuario parpadea de nuevo y el fotodetector determina que la prescripción debe ser ajustada de nuevo a la prescripción inicial después de parpadear.

Aún en otra realización del invento, el sensor puede medir la luz ambiente en vez de un cambio en el tamaño de la pupila per se. Basado en el tamaño de la pupila medido previamente en condiciones de luz ambiente variables, puede presentarse al usuario la corrección de orden superior necesaria para el tamaño de la pupila en esas condiciones de luz.

15 Un diseño de píxel ejemplar para corregir aberraciones de orden superior está mostrado en la lente 100 de la fig. 1a. La lente 100 incluye una lente de base 102 y una región electro-activa pixelada 105. Basado en aberraciones particulares del ojo bajo un cierto conjunto de condiciones, tal como una luz brillante por ejemplo, un analizador de frente de onda ha medido previamente que una corrección particular es necesitada por un usuario para un área particular del ojo. Por consiguiente, una primera región 110 de la región electro-activa pixelada 105 es programada para compensar una deficiencia correspondiente a una parte del frente de onda que pasa a través del ojo correspondiente al área de la lente, mientras se necesita una corrección diferente en una segunda región 120 de la región electro-activa pixelada 105 para compensar una deficiencia correspondiente a una parte diferente del ojo.

20 Dependiendo del individuo y/o de las condiciones bajo las que se mide el ojo del individuo, puede obtenerse una variedad de diseños que cambian dependiendo de las necesidades particulares del individuo. Por ejemplo, el mismo individuo, cuando la pupila está completamente dilatada, puede requerir la prescripción de corrección de visión mostrada en la fig. 1b para mantener el nivel mejorado de agudeza visual proporcionado por la corrección de aberraciones de orden superior y que puede ser cambiada por un controlador basándose en una señal recibida por un sensor (no mostrado) que vigila el tamaño de la pupila u otras condiciones que pueden dar como resultado un cambio en la corrección de aberración de orden superior necesaria.

25 Debería apreciarse que en ciertas circunstancias, una persona puede desear que una lente sea mecanizada con una prescripción fija de aberración de orden superior. La mediciones pueden ser tomadas del individuo en diferentes intensidades de luz y distancias de mirada para determinar una prescripción media de aberración de orden superior que puede no proporcionar al individuo una mejor agudeza visual bajo todas las condiciones pero que puede representar, no obstante, una solución satisfactoria. Por el contrario, si se determinan previamente las condiciones, entonces la corrección fija puede ser diseñada para esas condiciones particulares para maximizar el efecto de la corrección.

30 Sistemas de lente que corrigen aberraciones de orden superior también puede corregir el error de refracción convencional, por ejemplo, a través de capas adicionales de material electro-activo o a través de una óptica de longitud focal fija incluida con el sistema de lente que proporciona corrección esférica como se ha descrito adicionalmente en la Patente '799. La óptica de longitud focal fija puede ser utilizada ventajosamente para proporcionar un mecanismo a prueba de fallos cuando la corrección de aberración de orden superior es proporcionada electro-activamente. Esto puede impedir la pérdida de visión de lejos en el caso de que la corrección de visión electro-activa falle durante una tarea tal como durante la conducción, etc. Por ejemplo, en el caso de que una pérdida de potencia o de otro mal funcionamiento de como resultado un fallo de una o más capas electro-activas, la óptica de longitud focal fija proporciona aún al individuo una corrección de visión suficiente para ver hasta que el mal funcionamiento pueda ser reparado. Típicamente, la óptica de longitud focal fija proporciona visión de campo de lejos.

35 La óptica de longitud focal fija puede ser utilizada como una lente de base a la que es unida la capa o capas electro-activas y puede no proporcionar potencia óptica, es decir, 0 D. Por ejemplo, si se utiliza una óptica de longitud focal fija como una base a la que se unen una o más capas de material electro-activo, puede utilizarse una óptica fija sin potencia óptica por personas que solo desean la corrección de aberraciones de orden superior y no necesitan corrección de visión convencional o elegir basarse en un método alternativo de corrección de visión tal como lente de contacto o cirugía láser, por ejemplo.

40 Los sistemas de lente de acuerdo con realizaciones ejemplares pueden ser utilizados ventajosamente en una variedad de aplicaciones en las que es deseable una agudeza visual mejorada incluyendo gafas y dispositivos ópticos. Un uso particularmente ventajoso puede ser cuando el sistema de lente es parte de un dispositivo de gafas para su uso por personal militar u otros entornos típicamente difíciles en los que la agudeza visual mejorada puede ser particularmente deseable. La agudeza visual mejorada puede proporcionar una mayor claridad para la percepción del entorno, comunicación, y/o adquisición de objetivos. Por ejemplo, la agudeza visual aumentada puede proporcionar a un soldado la capacidad de percibir una silueta de una aeronave más pronto y permitirle determinar más rápidamente si esa silueta representa una aeronave amiga o enemiga y, así, si es necesaria una acción evasiva.

Una realización ejemplar de gafas que corrigen aberraciones de orden superior está mostrada en la fig. 2. Las gafas 200 incluyen una montura 210 y un sistema de lente 220 que corrige aberraciones de orden superior, y que también puede corregir opcionalmente un error de refracción convencional. Las gafas 200 pueden además incluir una fuente de alimentación, tal como una batería 230. La batería 230 puede ser una batería de tira delgada que es ligera y está unida a la montura 210 de las gafas 200. Una tira solar 240 puede servir como una fuente de alimentación principal o auxiliar, con exceso de energía almacenado en la batería 230 para proporcionar energía cuando la energía solar es insuficiente para proporcionar toda la energía necesaria. Un sensor 295 mide el tamaño de la pupila para proporcionar dinámicamente una corrección de aberración de orden superior.

El sistema de lente para utilizar en gafas u otras aplicaciones puede ser tintado o polarizado para reducir la fatiga visual y proporcionar protección contra el sol. El tintado puede ser llevado a cabo, por ejemplo, mediante la utilización de una capa foto-crómica que puede ser ajustada eléctricamente para proporcionar un nivel deseado de tinte dependiendo de la intensidad de la luminosidad.

Con referencia nuevamente a la fig. 2, en la que las gafas 200 están destinadas a ser utilizadas en operaciones militares, las gafas 200 puede incluir además un micrófono 260 y un altavoz 270 que, en combinación con un transceptor 280, proporcionan un sistema de comunicación de manos libres. Las gafas 200 también pueden incluir una micro-presentación de aviso 285 que ayuda a un usuario con la consulta de mapas y direcciones u otros controles visuales que pueden ser útiles. El sistema de lente 220 junto con el sistema de comunicación y la micro-presentación de aviso 285 puede ser controlado por un microchip 290 que produce el diseño de píxel para la corrección de aberración de orden superior. Las gafas 200 además pueden estar adaptadas para comunicar con un ordenador portátil (no mostrado) bien a través de cable o bien de señales inalámbricas que proporcionan acceso a otras aplicaciones, tales como la adquisición de objetivos, por ejemplo, que son presentados en la micro-presentación de aviso 285.

Cuando se utilizan en operaciones militares, también puede ser particularmente deseable proteger los ojos de un soldado de la exposición a un láser, que puede ser una forma de ataque enemigo. Para proporcionar esta protección, los sistemas de lente de acuerdo con las realizaciones ejemplares del invento pueden incluir una capa de protección contra láser.

La capa de protección contra láser puede incluir un filtro "rugate". Los filtros "rugate" proporcionan normalmente protección contra láser a frecuencias específicas. La capa de protección contra láser también puede ser una capa de material electro-activo de alta susceptibilidad no lineal añadida al sistema de lente. Este material electro-activo no proporciona corrección de visión, pero cuando es activado mediante la aplicación de un potencial eléctrico, tiene propiedades de absorción y/o de reflexión que proporcionan protección contra láser para una gama más amplia de frecuencias que los filtros "rugate". Ejemplos de estos tipos de materiales incluyen materiales ópticos altos no lineales "chi-2" o "chi-3", tales como niobato de litio, por ejemplo.

Una realización ejemplar de un sistema de lente que incluye protección contra láser se ha mostrado en una vista lateral en la fig. 3. El sistema de lente 300 incluye una óptica de distancia fija 310 y una capa electro-activa 320 que proporciona corrección de las aberraciones de orden superior. El sistema de lente incluye adicionalmente una capa de protección contra láser 330 y una capa electro-crómica 340. Como se ha mostrado en el sistema de lente 300 de la fig. 3, se puede aplicar un revestimiento duro 350 como una capa protectora sobre la capa electro-activa 320 y cualquiera capa interviniente. También, se aplica opcionalmente un revestimiento anti-reflectante 360 que puede reducir la cantidad de luz perdida debido a la reflexión, que puede mejorar el rendimiento total del sistema de lente 300.

El sistema de lente que corrige aberraciones de orden superior puede incluir ventajosamente un módulo de visión nocturna. El módulo de visión nocturna puede ser utilizado con un sistema de lente electro-activa que proporciona corrección dinámica de aberraciones de orden superior o, alternativamente, puede ser utilizado con un sistema de lente que proporciona una corrección fija de aberraciones de orden superior. La adición de un módulo de visión nocturna para proporcionar agudeza visual aumentada durante la noche puede proporcionar una ventaja estratégica para personal militar y otros que desean o necesitan ver en condiciones con muy poca luz o sin luz. Por ejemplo, una protección de la cara de un bombero puede incluir una corrección para aberraciones de orden superior junto con un módulo de visión nocturna o de formación de imágenes de infrarrojos de onda larga (IR). Esto puede proporcionar al bombero la capacidad de percibir de forma más rápida a una persona que necesita ser recatada en un edificio lleno de humo, oscuro que utilizando sólo visión nocturna o formación de imágenes térmica, aumentando el tiempo de respuesta y la probabilidad de un rescate con éxito.

Los módulos de visión nocturna para utilizar con sistemas de lente de acuerdo con realizaciones ejemplares del invento utilizan típicamente o bien un tubo fotomultiplicador de luz visible o un sistema de detección de IR. Los sistemas de visión nocturna basados en infrarrojos detectan la energía infrarroja procedente de diferentes fuentes de emisión, tales como organismos vivos (típicamente en el intervalo de 8 - 12 micras). La energía de IR es convertida a una forma que la hace capaz de ser representada para presentación en una pantalla, mostrando un contraste visible entre diferentes objetos basado en la cantidad de energía de IR que emite cada objeto.

Un sistema de infrarrojos que puede ser utilizado incluye una agrupación plana focal que es una implantación bidimensional de filas y columnas de píxeles, similar a la agrupación de píxeles que proporciona la corrección de

aberración de orden superior electro-activa. Los píxeles del módulo de visión nocturna incluyen un material que es sensible a los infrarrojos. El material absorbe energía infrarroja en cada píxel y basándose en la intensidad de las señales infrarrojas recibidas, emite energía en una forma que es medida y replicada en una pantalla. Materiales sensibles a los infrarrojos adecuados para utilizar en el módulo de visión nocturna pueden incluir material ferro-eléctrico, siliciuro de platino, antimoniuro de indio, pozos cuánticos de arseniuro de galio, silicio extrínsecamente dopado con arsénico, microbolómetros, y otros materiales que exhiben cambios cuantificables en energía cuando son expuestos a la energía infrarroja.

Otros métodos para proporcionar visión en situaciones de luz baja en combinación con la corrección de aberraciones de orden superior que pueden ser incluidos como parte de un módulo de visión nocturna de acuerdo con realizaciones ejemplares del invento incluyen la utilización de un dispositivo intensificador de imagen. Cuando se utilizan estos dispositivos intensificadores, luz en forma energía infrarroja o visible impacta sobre una placa fotoemisora. La placa emite electrones que corresponden a la intensidad de la señal de luz, es decir, cuanto más fuerte es la luz, más electrones son emitidos desde la placa fotoemisora. Los electrones pasan como un haz a través de un intensificador de imagen, típicamente una placa de micro-canales que amplifica el haz de electrones. Una vez amplificados, los electrones impactan sobre fósforos en una pantalla fluorescente y su energía es convertida en fotones visibles.

Una realización ejemplar de un sistema de lente que incluye un módulo de visión nocturna está mostrado en la fig. 4. El sistema de lente 400 es similar al descrito con respecto a la fig. 3, con la adición de un módulo de visión nocturna 460 entre el revestimiento anti-reflectante 450 y el revestimiento duro 440. Debería apreciarse que el módulo de visión nocturna puede estar en cualquier posición en el sistema de lente 400 siempre que la capa 420 de corrección de aberración de orden superior esté entre el módulo 460 de visión nocturna y el ojo de una persona que mira a través del sistema de lente 400.

Con el fin de proporcionar una visión nocturna mejorada que tenga un nivel de agudeza similar a la visión normal, los detectores y las pantallas deberían tener una resolución comparable a la lente de orden superior, particularmente cuando la lente correctora de orden superior es electro-activa. Por ejemplo, la agrupación de píxeles que proporciona corrección de aberración de orden superior tiene preferiblemente el mismo número o un número menor de filas y columnas que cualquier otra agrupación de píxeles en el sistema de lente, tal como el módulo de visión nocturna. Si la resolución del módulo de visión nocturna o cualquier otra capa es menor que la resolución proporcionada por la capa correctora de orden superior, entonces el módulo de visión nocturna resulta un factor limitativo y puede no conseguirse el rango completo de agudeza visual mejorada posible con la corrección de aberraciones de orden superior. En realizaciones en las que el módulo de visión nocturna utiliza un tubo fotomultiplicador, la corrección de aberración de orden superior puede ser proporcionada directamente por el tubo fotomultiplicador.

Realizaciones ejemplares del invento también están dirigidas a dispositivos ópticos que incluyen un sistema de lente que corrige aberración de orden superior. Los sistemas de lente de estos dispositivos ópticos están disociados de un ojo de un usuario y típicamente son utilizadas además en cualquier otro dispositivo de corrección de visión utilizado por el usuario, tal como gafas, lente de contacto, etc. Los dispositivos ópticos disociados proporcionan típicamente un campo de visión limitado, restringido a un pequeño ángulo sólido, usualmente centrado en el eje óptico del ojo. Los dispositivos ópticos disociados incluyen telescopios, oftalmoscopios, prismáticos, catalejos, miras telescópicas, gafas, cámaras, visores, pantallas protectoras de la cara, miras para armas, microscopios, y bio-microscopios, a modo de ejemplo solamente.

Como se ha mostrado en la fig. 5, uno de tales dispositivos ópticos disociado es un telescopio 500. Una lente 510 de corrección de orden superior es posicionada enfrente del ocular 520 de tal manera que un usuario que está mirando a través del telescopio 500 primero ve a través de la lente 510 que corrige aberraciones de orden superior. Dicho de otra manera, la luz se desplaza al ojo del usuario del telescopio primero a través de la lente objetiva 530, luego a través del ocular 520 y finalmente a través de la lente 510 correctora de orden superior.

Otros dispositivos ópticos monoculares, es decir, aquellos con un solo ocular, pueden estar diseñados de manera similar al telescopio, mientras para un dispositivo óptico con dos oculares, por ejemplo, prismáticos, las lente 610 que corrigen la aberración de orden superior pueden ser colocadas enfrente de cada ocular 605, como se ha mostrado en los prismáticos 600 de la fig. 6. Otros dispositivos ópticos disociados pueden ser utilizados con un sistema de lente que corrige aberraciones de orden superior que funcionan de manera similar a la descrita con respecto al telescopio y a los prismáticos.

Deberá apreciarse que en cualquier dispositivo óptico, lente adicionales, espejos y otros dispositivos ópticos pueden estar presentes dentro del dispositivo óptico entre la lente objetiva y el ocular.

Para muchos individuos, las aberraciones no son las mismas en cada ojo. Así, en dispositivos ópticos monoculares, tales como un telescopio, por ejemplo, la lente que corrige una aberración de orden superior está diseñada típicamente para corregir el ojo que el individuo utilizará predominantemente para ver a través del dispositivo. Cuando la lente que corrige una aberración de orden superior es una lente electro-activa, el dispositivo óptico puede estar programado de manera que el usuario puede indicar qué ojo utilizará para ver a través del dispositivo y puede aplicarse la prescripción apropiada. Por ejemplo, si un individuo mira normalmente a través de un telescopio con el ojo derecho, la configuración por defecto

de una lente correctora de orden superior electro-activa puede ser programada con una prescripción de visión que proporciona un diseño de píxel para corregir aberraciones consistentes con las del ojo derecho. Sin embargo, si el individuo desea mirar con el ojo izquierdo, simplemente puede accionar un interruptor o, cambiar de otro modo el diseño de la lente para proporcionar una corrección de aberración de orden superior del ojo izquierdo.

5 Cuando un dispositivo óptico incluye un sistema de lente para corregir aberraciones de orden superior, el sistema de lente puede estar integrado directamente en el dispositivo óptico o puede ser parte de una unión que se puede desmontar que le separa del dispositivo óptico. Debería apreciarse que si el sistema de lente está o no integrado en el dispositivo óptico, la lente de corrección de aberración de orden superior puede ser utilizada como la lente del propio ocular en vez de ser utilizada adicionalmente y situada entre una lente ocular separada y el ojo.

10 Si la lente está integrada y la corrección de aberración de orden superior es proporcionada electro-activamente, las prescripciones de visión para distintos individuos pueden ser almacenadas en un dispositivo de almacenamiento electrónico, tal como un chip de memoria asociado con el dispositivo óptico. El dispositivo de memoria puede estar asociado con un controlador que transmite la información de prescripción visual apropiada para un usuario particular al dispositivo óptico de tal manera que múltiples personas puedan utilizar el dispositivo.

15 Si la lente correctora de orden superior no es electro-activa, pero está mecanizada con una prescripción fija, la lente es preferiblemente no integrada. De otra manera, el dispositivo óptico incluiría una lente con una prescripción de corrección de orden superior creada específicamente para una persona y no tendría en cuenta su utilización por otros individuos con aberraciones de orden superior diferentes que requieren una prescripción diferente. Para aliviar esta preocupación potencial, la lente correctora de orden superior puede ser parte de una unión que se puede desmontar que la separa del dispositivo óptico.

20 Las lente desmontables pueden permitir que un individuo lleve su propia lente de corrección de orden superior con él. Por ejemplo, en un laboratorio, un grupo de científicos puede utilizar varios microscopios diferentes de manera intercambiable. El científico puede tener una lente desmontable que le permite fijar una lente diseñada para corregir sus propias aberraciones de orden superior específicas a cualquiera microscopio que esté utilizando en el laboratorio. De esta manera, siempre tiene un nivel ideal de agudeza visual cuando mira a través de cualquiera de los microscopios en el laboratorio. Las uniones de lente desmontables también pueden ser ventajosas en la fabricación de dispositivos ópticos. El dispositivo óptico básico puede ser ensamblado de la misma manera, mientras la unión con el sistema de lente correctoras de orden superior es fabricada específicamente de tal modo que cada usuario diferente tiene su propia prescripción mecanizada o programada electrónicamente en la lente que corrige una aberración de orden superior.

25 Una realización ejemplar de cómo una lente que corrige una aberración de orden superior puede ser fijada de manera que se pueda desmontar a un dispositivo óptico está mostrada en las figs. 7a y 7b que ilustran una mira telescópica 700. Una fijación 710 que contiene una lente 715 que corrige una aberración de orden superior está unida de manera que se puede desmontar a la mira telescópica 700. La fijación 710 puede deslizarse sobre el ocular 720 de modo que la luz pase a través de la lente objetivo 750, a través de la lente ocular 725, y finalmente a través de la lente 715 que corrige una aberración de orden superior antes de pasar a un ojo de un usuario. Como se ha mostrado en la fig. 7b, la fijación 710 contiene un canal 717 que pasa sobre una lengüeta 722 que sobresale del ocular 720 de la mira telescópica 700. Aunque las figs. 7a y 7b muestran la fijación 710 que se ajusta sobre el ocular 720, debería apreciarse que la disposición podría ser invertida, por ejemplo, de tal manera que la fijación se ajuste dentro del ocular. Por ejemplo, como se ha mostrado en la fig. 8, la fijación 810 puede tener filetes 811 que roscan en un ánima terrajada 821 del ocular 820 del dispositivo óptico 800.

30 La corrección de orden superior es normalmente una corrección asimétrica, así la lente correctora de orden superior no debería ser libre de girar. En vez de ello, la lente debería tener una parte superior e inferior diseñadas de modo que un usuario pueda unir fácilmente la pieza que contiene la lente que corrige una aberración de orden superior al dispositivo óptico y de modo que el área que corrige la visión de la lente esté alineada apropiadamente con la ubicación de las aberraciones del ojo. Esto se puede conseguir, por ejemplo, mediante un sistema de lengüeta y canal únicos como se ha mostrado en la fig. 7b de tal manera que la lente que corrige una aberración de orden superior sólo puede fijarse al dispositivo óptico cuando la lente está alineada correctamente. Cuando la fijación se ajusta dentro del ocular, tal como se ha mostrado en la fig. 8, el ocular 820 y la fijación 810 pueden cada uno tener una muesca 840 o alguna otra forma de marca indicadora que indica que la lente 815 que corrige una aberración de orden superior está orientada apropiadamente cuando las muescas 840 están alineadas.

35 En algunas realizaciones ejemplares, puede ser deseable utilizar una lente que corrige una aberración de orden superior que esté integrada en un dispositivo óptico, particularmente cuando el dispositivo óptico ha sido diseñado para proporcionar la corrección de orden superior electro-activamente. Esto puede tener la ventaja de permitir que múltiples personas utilicen el mismo dispositivo óptico, ya que la prescripción electro-activa puede ser programable y la prescripción producida por la lente puede ser modificada dependiendo del individuo que utiliza el dispositivo óptico además de proporcionar cambios dinámicos para el usuario. En este caso, cada usuario no necesita una fijación de lente separada, sino sólo una prescripción de visión almacenada electrónicamente en una ubicación a la que puede ser accedida por el dispositivo óptico. Las prescripciones de visión para múltiples personas pueden almacenarse en una memoria electrónica asociada con el dispositivo óptico, tal como en un chip de memoria en comunicación con el

dispositivo óptico.

El individuo que utiliza el dispositivo óptico puede identificarse a sí mismo como el usuario de alguna manera, tal como introduciendo un código en un teclado o un escáner de retina llevado por el dispositivo óptico, a modo de ejemplo solamente. Basándose en la identidad transportada al dispositivo óptico, la prescripción o conjunto de prescripciones apropiadas para ese usuario está disponible para su presentación a través de la lente electro-activa. La fig. 9 ilustra un microscopio 910 con una lente 920 correctora de orden superior integrada unida a un ordenador 930 mediante el cual un usuario puede introducir una identidad de usuario u otra información para identificarse como el usuario del microscopio y así dirigir la lente 920 correctora de orden superior electro-activa del microscopio 910 para presentar el diseño de píxel correcto para esa prescripción de visión de orden superior de usuario. Basándose en la identidad del individuo, el diseño de píxel correcto es presentado para proporcionar al usuario del dispositivo su propia prescripción de visión. Las prescripciones de visión pueden ser almacenadas en un chip de memoria en el propio dispositivo óptico o de forma separada en un ordenador u otro dispositivo que está asociado con el dispositivo óptico.

El ordenador puede transmitir información a través de un hardware mostrado en la fig. 9, o puede ser una transmisión inalámbrica desde un dispositivo portátil como se ha mostrado en la fig. 10. En la fig. 10, una mira nocturna 1010 con lente 1015 de corrección de la visión de orden superior electro-activas incluye un receptor 1070 para recibir una transmisión inalámbrica de datos desde un ordenador portátil 1060, tal como mediante "bluetooth" o tecnología RFD, por ejemplo.

De esta manera una persona podría caminar con una prescripción de visión almacenada en un pequeño ordenador, tal como una PDA o un teléfono móvil, por ejemplo, que podría ser transmitida a cualquier dispositivo electro-activo compatible. Cuando la persona quiere utilizar un dispositivo óptico con una lente electro-activa que proporciona corrección de una aberración de orden superior, independientemente de si la persona había utilizado anteriormente el dispositivo óptico, la prescripción de visión puede ser transmitida desde la PDA al dispositivo óptico. El dispositivo óptico puede entonces ser utilizado por la persona para ver a través de él con una mejora prescrita en agudeza visual.

A diferencia de las lente de contacto o lente intraoculares, las lente que están dissociadas del ojo, tales como las utilizadas de acuerdo con algunas realizaciones ejemplares del invento, no se mueven con el ojo. Cuando un individuo mira a diferentes objetos, la línea de visión del individuo puede cambiar de tal manera que las aberraciones del ojo ya no coincidan con la corrección de orden superior proporcionada por la lente, causando alguna pérdida en la agudeza visual mejorada de manera similar a como se ha descrito anteriormente cuando una fijación no está correctamente alineada en el dispositivo óptico. Así, puede ser deseable proporcionar un modo de ayudar periódicamente al usuario para volver fácil y rápidamente a la línea de visión correcta. Por consiguiente, cuando las lente que corrigen una aberración de orden superior son utilizadas en dispositivos ópticos, puede utilizarse una guía temporal o permanente que ayude al usuario a encontrar y mantener una línea de visión apropiada a través de la lente para mantener el beneficio de la agudeza visual mejorada que proporciona la lente correctora de orden superior.

Para encontrar y mantener la línea de visión apropiada, la lente correctora de orden superior puede incluir marcas que ayudan a un individuo a ver el "punto dulce" de la lente de modo que cuando la línea de visión pasa a través de esa área de la lente, se consigue con la lente la mejor agudeza visual posible. A menudo, la mejor agudeza visual es mantenida cuando la línea de visión pasa a través del centro de la lente, aunque este no es siempre el caso. Cuando el punto dulce está descentrado, puede ser particularmente ventajosa una ayuda para que el usuario mantenga la línea de visión apropiada.

Las marcas pueden ser grabadas en la lente, tal como el retículo grabado mostrado en la fig. 11, dónde el retículo 1120 representa el punto de la lente 1110 correctora de orden superior a través del cual debería ser mantenida la línea de visión. Adicionalmente, si la lente es electro-activa, puede emitirse un tono o coloración para identificar un área de contraste a la que el individuo debería dirigir su línea de visión, como se ha mostrado en la fig. 12, en la que la línea de visión es identificada como una diana 1220 en el centro de la lente 1210 que corrige una aberración de orden superior. Aplicando una corriente eléctrica a un material electro-activo, se puede impartir un cambio cromático que crea la diana. Materiales ejemplares para impartir un cambio cromático incluyen cristales líquidos, polímeros conductores u otros materiales electro-crómicos conocidos.

Aún otra forma ejemplar de marcas para encontrar y mantener una línea de visión correcta es la utilización de una plantilla que es sustancialmente opaca excepto para un agujero de afilero que restringe la línea de visión de modo que el usuario sólo puede ver a través de la lente cuando el usuario está mirando a través del punto dulce como se ha mostrado en la fig. 13. La abertura 1320 de agujero de afilero puede ser revelada por una plantilla física 1310 que desliza sobre o se une a la lente 1305. La abertura 1320 también puede ser creada electro-activamente, por ejemplo, produciendo una polarización transversal entre dos capas de material electro-activo, de tal manera que toda una parte circular pero pequeña de cada una de las capas electro-activas son activadas. Las áreas no activadas están en coincidencia sustancial unas con otras de modo que cuando las capas electro-activas están en un estado polarizado transversal, los filtros de polarización transversal emiten toda la luz excepto la luz que pasa a través del área no activada, sin polarizar que forma un agujero de afilero.

Cuando las marcas son temporales, las marcas pueden ser eliminadas. Por ejemplo, con un agujero de afilero creado por

polarización, una vez que el individuo ha determinado la línea de visión correcta, la polarización puede ser eliminada permitiendo ver a través de toda el área de la lente. Si el individuo, en un momento posterior, está preocupado porque su línea de visión puede haberse movido del punto dulce, el individuo puede hacer que las marcas reaparezcan y reajustar su línea de visión de nuevo al punto dulce.

- 5 En lente correctoras de orden superior que son electro-activas, puede utilizarse un seguidor del ojo junto con o en lugar de marcas. El seguidor del ojo mide donde está mirando el individuo y puede así detectar donde está la línea de visión. Determinando donde está la línea de visión, un controlador, tal como el ordenador que presenta el diseño de píxel apropiado para un usuario particular también ajusta ese diseño para mantener el ojo mirando a través del punto dulce. Por ejemplo, si un individuo está originalmente mirando recto enfrente de él, pero ajusta su línea de lugar para mirar, el seguidor del ojo detectará este cambio y hará que una señal sea transmitida de modo que el controlador ajuste el diseño de píxel que corrige la visión hacia arriba para mantener el diseño en la misma ubicación con respecto al ojo.
- 10

- El presente invento está limitado por la reivindicación 1, pero no está limitado en su marco por las realizaciones específicas descritas aquí. Aunque el presente invento ha sido descrito aquí en el contexto de una implementación particular en un entorno particular para un propósito particular, los expertos en la técnica reconocerán que su utilidad no está limitada a ello y que el presente invento puede ser puesto implementado ventajosamente en cualquier número de entornos para cualquier número de propósitos.
- 15

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de lente electro-activa que comprende:

una lente electro-activa que comprende una pluralidad de píxeles, teniendo cada píxel de dicha pluralidad de píxeles un índice de refracción variable;

5 un sensor adaptado para detectar una luz ambiente; y

un controlador conectado operativamente a dicho sensor y a dicha lente electro-activa, caracterizado por que dicho sistema de lente electro-activa está configurado para proporcionar una corrección de aberración de orden superior variable basada en un cambio en la luz ambiente detectado por el sensor, incluyendo la corrección de una aberración de orden superior variable una pluralidad de prescripciones ópticas de un usuario de la lente.

10 2. El sistema de lente electro-activa según la reivindicación 1, en el que dicha aberración de orden superior variable incluye correcciones para una pluralidad de aberraciones de orden superior.

15 3. El sistema de lente electro-activa según la reivindicación 1, que comprende además una memoria configurada para almacenar la pluralidad de prescripciones ópticas como una serie de correcciones de visión en la que pueden aplicarse correcciones de visión diferentes por la lente electro-activa para diferentes áreas del ojo.

4. El sistema de lente electro-activa según la reivindicación 1, que comprende además una memoria configurada para almacenar la pluralidad de prescripciones ópticas de acuerdo con diferentes intensidades de luz ambiente.

5. El sistema de lente electro-activa según la reivindicación 1, en el que dicho píxeles son individualmente direccionables.

20 6. El sistema de lente electro-activa según la reivindicación 1, en el que dicho sistema de lente está configurado para compensar una primera aberración de un ojo de un usuario que corresponde a una primera región de la lente, y para compensar una segunda aberración del ojo de un usuario que corresponde a una segunda región de la lente.

7. El sistema de lente electro-activa según la reivindicación 1, en el que el sistema de lente está configurado además para corregir un error de refracción convencional.

8. El sistema de lente electro-activa según la reivindicación 1, que comprende además una óptica de longitud focal fija.

25

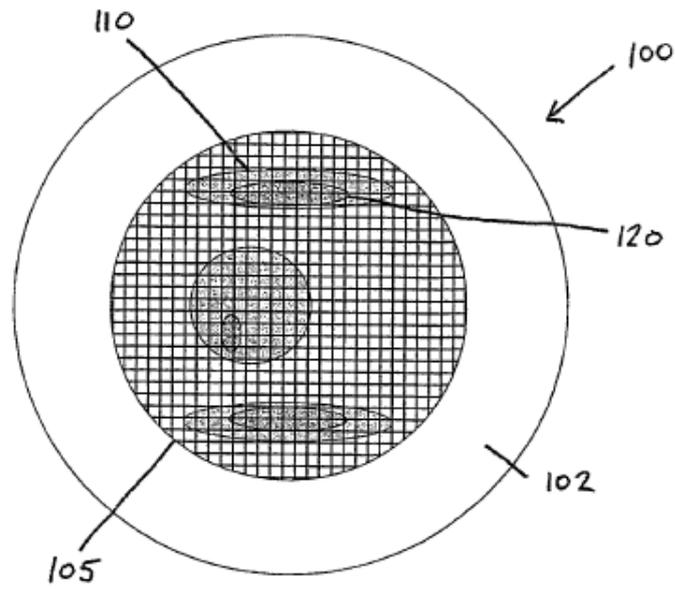


Figura 1a

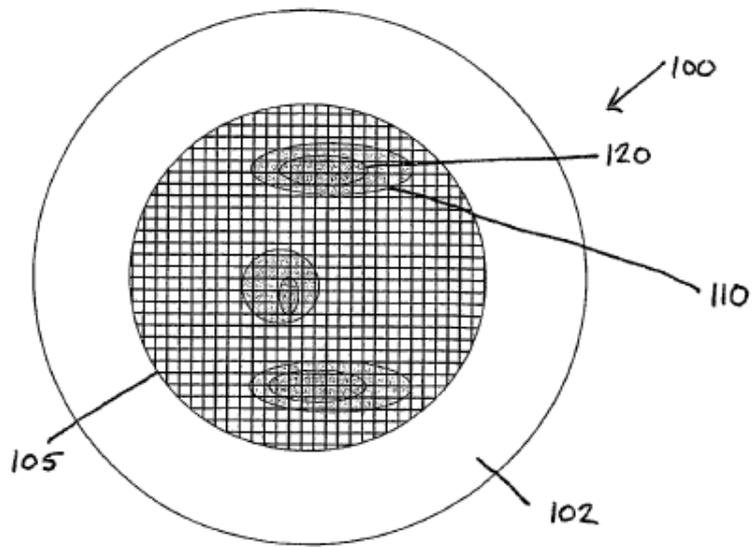


Figura 1b

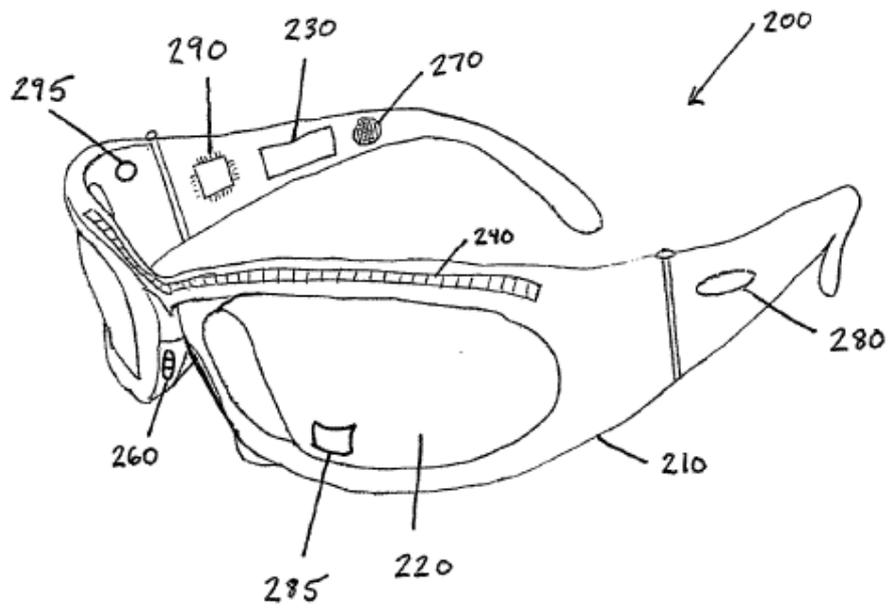


Figura 2

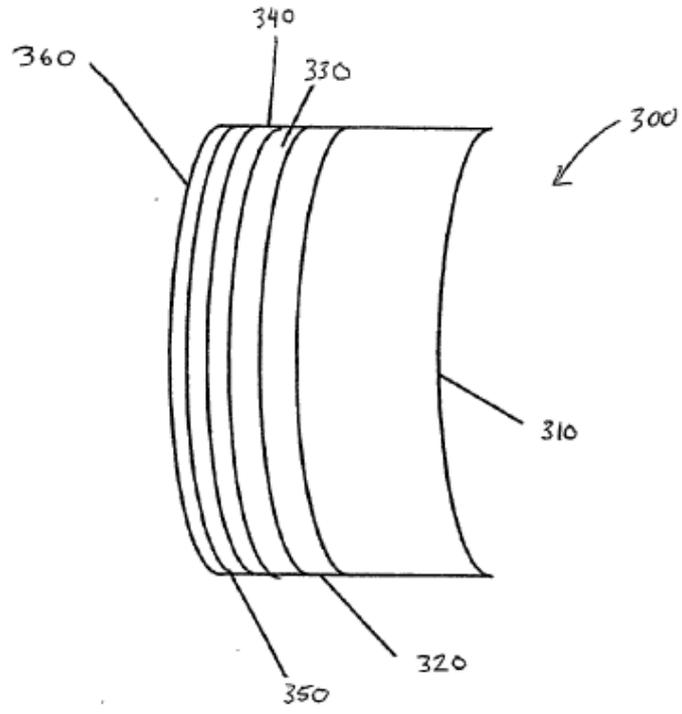


Figura 3

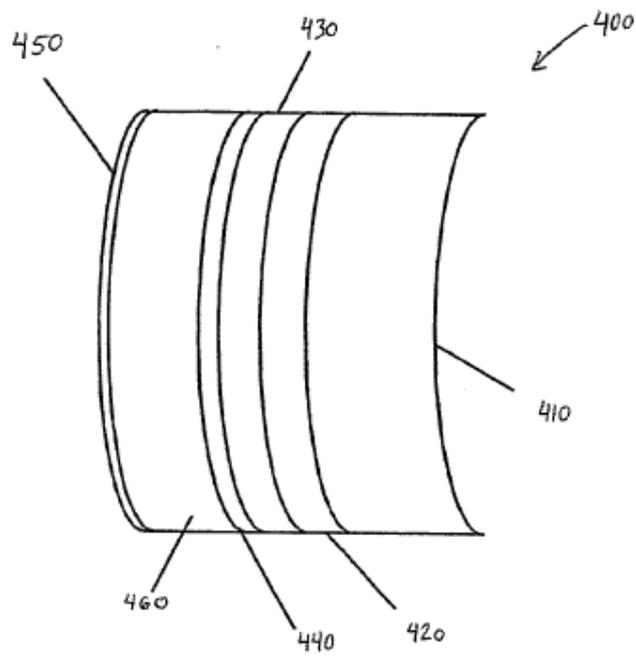


Figura 4

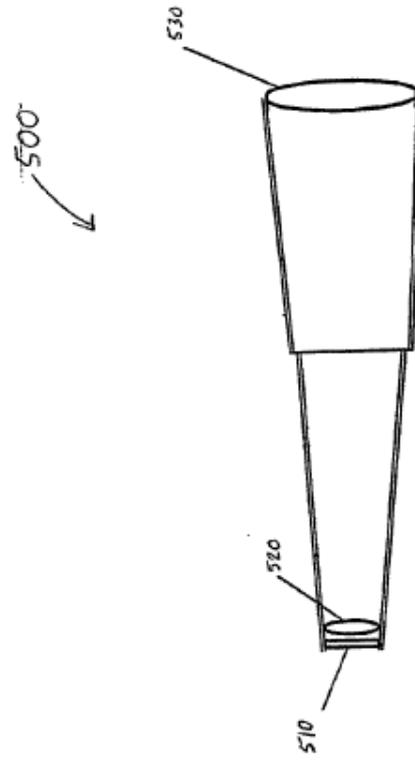


Figura 5

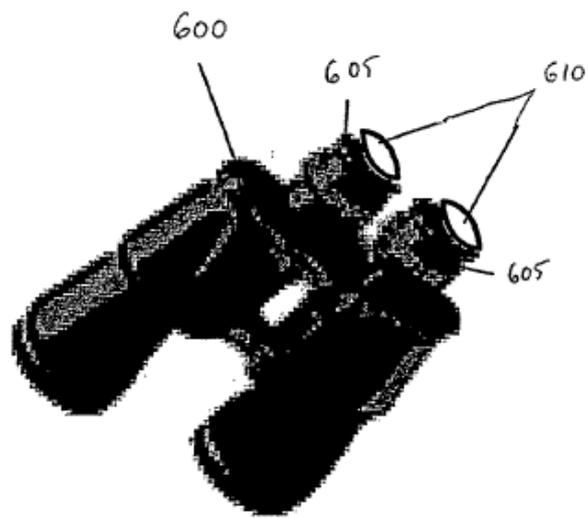


Figura 6

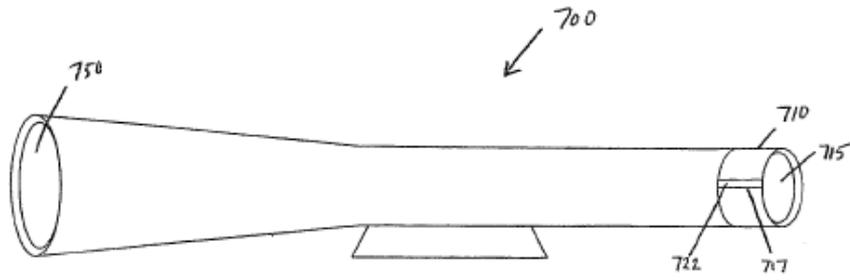


Figura 7a

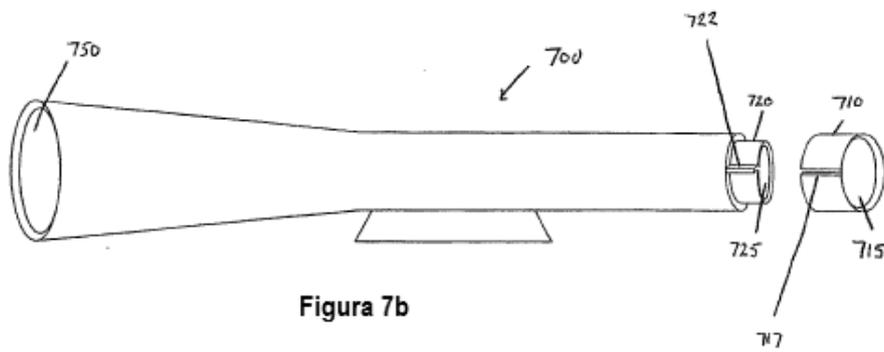


Figura 7b

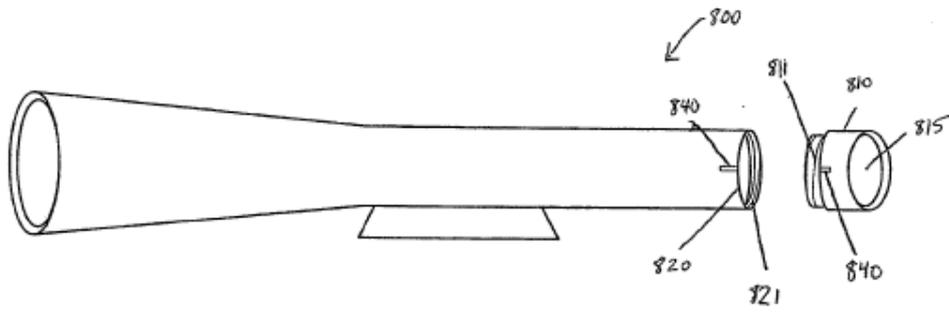


Figura 8

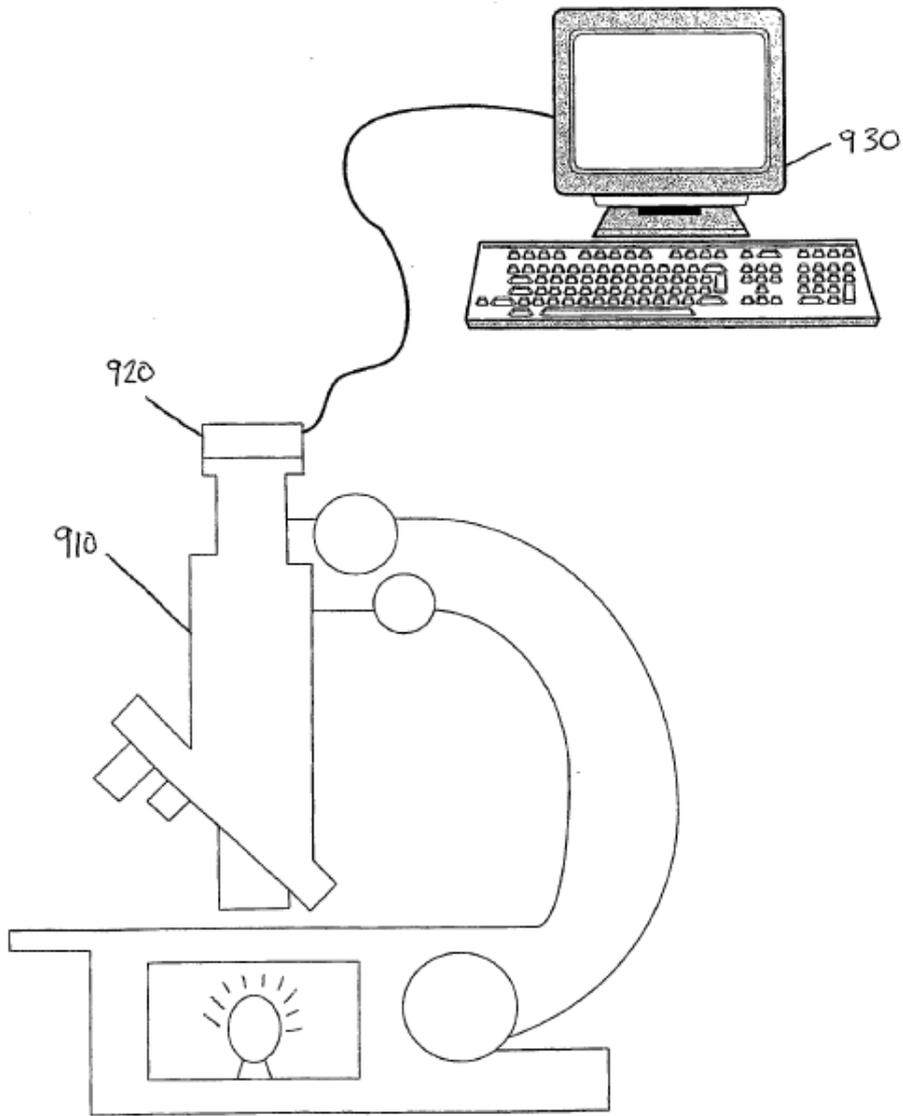


Figura 9

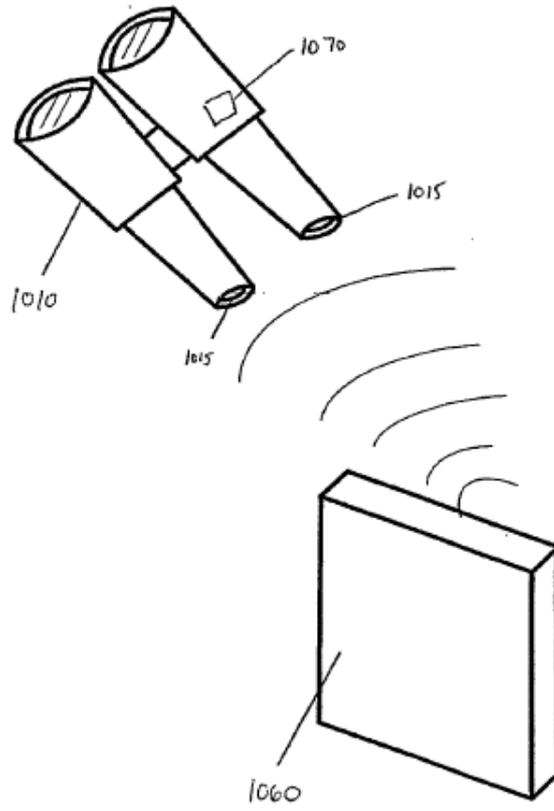


Figura 10

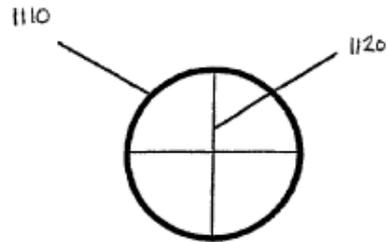


Figura 11

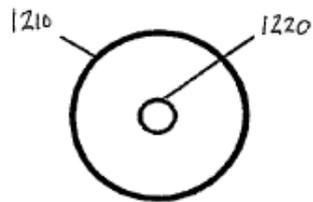


Figura 12

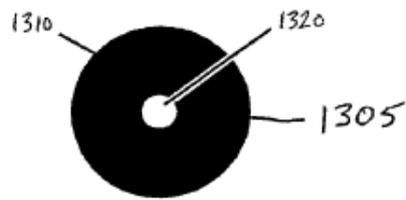


Figura 13

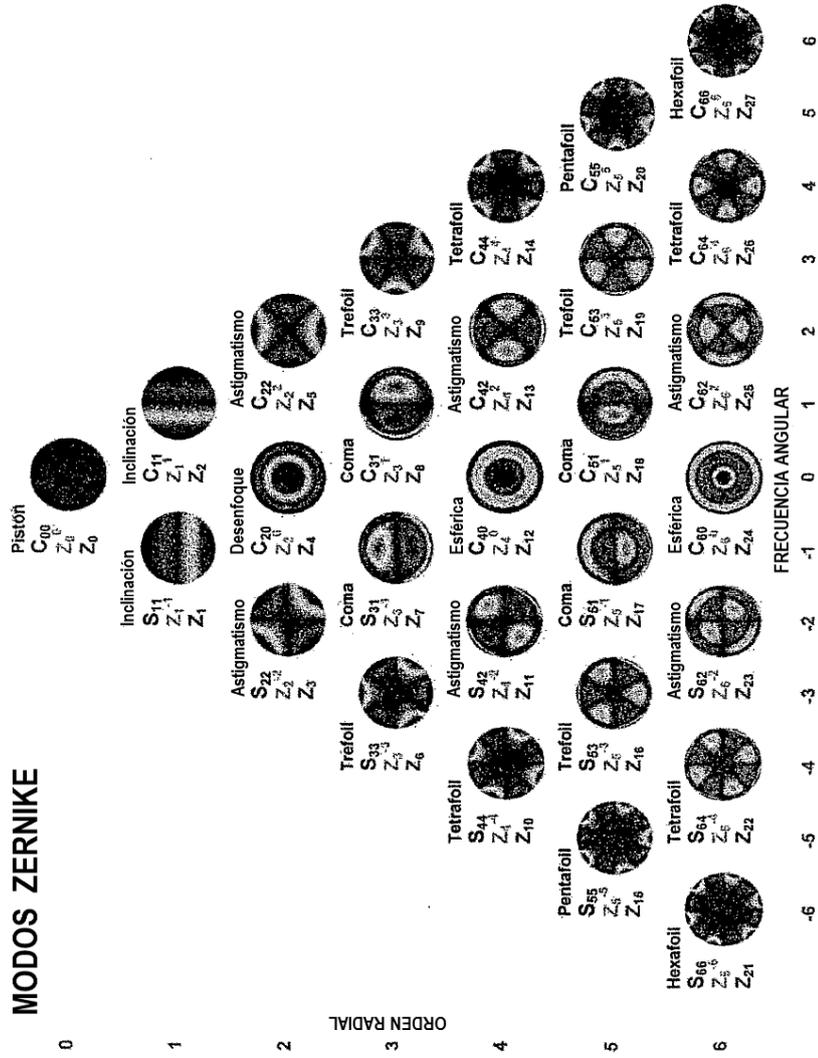


Figura 14