

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 793 504**

51 Int. Cl.:

**A61B 3/032** (2006.01)

**A61B 3/00** (2006.01)

**A61B 3/028** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.10.2017 PCT/EP2017/076580**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.05.2018 WO18077690**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.10.2017 E 17808326 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2020 EP 3531890**

54 Título: **Dispositivos, procedimientos y programas informáticos para determinar la refracción del ojo**

30 Prioridad:

**25.10.2016 DE 102016120350**

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

**16.11.2020**

73 Titular/es:

**CARL ZEISS VISION INTERNATIONAL GMBH  
(100.0%)  
Turnstrasse 27  
73430 Aalen, DE**

72 Inventor/es:

**OHLENDORF, ARNE y  
LEUBE, ALEXANDER**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 793 504 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**

Dispositivos, procedimientos y programas informáticos para determinar la refracción del ojo

La presente invención se refiere a sistemas para determinar la refracción, es decir, la refracción de luz en el ojo, en particular, para determinar la refracción esferocilíndrica del ojo.

5 Un ojo puede presentar una visión defectuosa como, por ejemplo, visión de cerca (miopía), hiperopía (hipermetropía) o astigmatismo (curvatura corneal). Una visión defectuosa de este tipo se indica, habitualmente, como refracción esferocilíndrica con tres parámetros (esfera, cilindro y eje), indicando esfera y cilindro la capacidad refractiva esférica y la capacidad refractiva cilíndrica, y están vinculados con la unidad dioptría, y el eje indica la posición del eje como ángulo. Esfera, cilindro y eje están definidos en la norma DIN EN ISO 13666:2013-10 en las secciones 11.2, 12.5 o bien 12.6, y en se utilizan en este sentido en esta solicitud.

10 En la determinación de refracción se puede diferenciar entre determinación de refracción subjetiva y determinación de refracción objetiva. Los procedimientos para la determinación de refracción subjetiva se basan, en este caso, en una retroalimentación (subjetiva) de una persona a ser examinada acerca de su percepción visual. Un ejemplo es, en este caso, una medición en base a pizarras visuales con optotipos (p. ej., números o letras) que se vuelven cada vez más pequeños o símbolos que se vuelven cada vez más pequeños, dando la persona a ser examinada retroalimentación de qué símbolos puede reconocer. Procedimientos y dispositivos para determinación de refracción objetiva, por el contrario, no requieren una retroalimentación de este tipo de la persona a ser examinada acerca de su percepción visual. La presente invención se refiere a procedimientos para la determinación de refracción subjetiva.

15 De manera convencional, la determinación de refracción subjetiva tiene lugar mediante gafas de prueba y cristales de prueba o foróptero manual o digital y con utilización de optotipos, los cuales se representan en un monitor externo. Los forópteros están descritos, por ejemplo, en <https://de.wikipedia.org/wiki/Phoropter>, estado 13.10.2016. En este caso, una persona a ser examinada observa los optotipos y un optometrista ajusta en las gafas de prueba diferentes cristales de prueba con diferentes intensidades de corrección, o varía un ajuste de corrección con utilización de un foróptero. La persona a ser examinada da entonces una retroalimentación con qué cristales de prueba o bien qué ajustes del foróptero se pueden reconocer lo mejor posible los optotipos.

20 Los cristales de prueba o bien un correspondiente ajuste de corrección del foróptero utilizados en este caso, están, en este caso, asociados a un determinado defecto de refracción, respectivamente, el cual se corrige mediante el correspondiente cristal de prueba o bien el ajuste del foróptero. La determinación de refracción subjetiva explicada anteriormente puede, en este caso, tener lugar por separado para cada uno de los ojos (monocular) o, también, para los dos ojos en conjunto (binocular).

25 La manera de proceder arriba descrita es esencialmente fija, es decir, está unida a las instalaciones del optometrista u oftalmólogo y requiere un optometrista u oftalmólogo correspondientemente cualificado para realizar la determinación de refracción. Dado que, sin embargo, existe en parte una escasez de optometristas y oftalmólogos, puede llegarse a que haya suficiente infraestructura disponible, es decir, no suficientes optometristas y oftalmólogos con correspondiente equipamiento, para medir exhaustivamente defectos de refracción y, dado el caso, corregirlos adecuadamente, por ejemplo, mediante la prescripción de gafas.

30 Las soluciones móviles hasta ahora, la cuales hacen uso en parte de métodos de refracción objetivos, como la fotorefracción excéntrica, presentan diferentes desventajas, dado que se requieren, bien, dispositivos especiales relativamente caros y/o personal cualificado.

35 Además, se utiliza una manera de proceder simplificada para realizar una medición aproximada del defecto de refracción a través de estratos sociales anchos. Para ello, se utilizan cristales de gafas sencillos, ajustables. Estudios correspondientes se dan a conocer, por ejemplo, en Mingzhi Zhang et al., BMJ 2011, agosto de 2011, o en llechie AA. et al., Optom. Vis. Sci. 2015, abril.

40 En los procedimientos ahí descritos, sin embargo, se determina únicamente el denominado equivalente esférico del defecto de refracción, es decir, un solo parámetro. Esto posibilita, concretamente, una corrección determinada de defectos visuales y/o exámenes estadísticos, sin embargo, es más imprecisa que una determinación de los tres parámetros mencionados para capacidad refractiva esférica, capacidad refractiva cilíndrica y posición del eje. Por otro lado, estos procedimientos se realizan por las propias personas a ser examinadas y no requieren personal cualificado y solo medios técnicos relativamente sencillos, lo que posibilita exámenes comparativamente exhaustivos.

50 A partir del documento US 2006/0170864 A1, es conocido un dispositivo de acuerdo con la cláusula precharacterizante de la reivindicación 6 y un procedimiento de acuerdo con la cláusula precharacterizante de la reivindicación 12 para la

- comprobación del defecto visual de un paciente, el cual comprende una lente variable y medios para controlar el comportamiento de refracción, en particular, la dirección predominante de la capacidad refractaria, de la lente variable. Por medio del dispositivo descrito en el documento US 2006/0170864 A1, es posible determinar la refracción esferocilíndrica del ojo mediante pruebas en un sistema con muchos grados de libertad, en función de la destreza de la persona que realiza la medición. Mediante la unidad de control manual se puede ajustar la posición del ángulo del eje cilíndrico. Adicionalmente a las propiedades arriba descritas, el documento US 2006/0170864 A1 no enseña cómo puede estar configurado de manera ventajosa un dispositivo para soportar una determinación focalizada de la refracción esferocilíndrica del ojo.
- A partir del documento DE 10 2013 000 295 A1, son conocidos un procedimiento y un dispositivo para la estimulación de la acomodación de al menos un ojo de un sujeto de prueba, la cual posibilita una posibilidad para la determinación de un conjunto de datos oftalmológicos del sujeto de prueba y, en particular, para la medición del defecto visual del sujeto de prueba y para la determinación de una correspondiente corrección óptica, y comprende, en particular, un dispositivo para la determinación de refracción objetiva.
- El documento US 2003/0053027 A1, da a conocer un programa informático de acuerdo con la cláusula precaracterizante de la reivindicación 13, un dispositivo de acuerdo con la cláusula precaracterizante de la reivindicación 1 y un procedimiento de acuerdo con la cláusula precaracterizante de la reivindicación 10.
- El documento DE 41 31 799 A1, da a conocer procedimientos, símbolos de prueba y dispositivos para la realización de una determinación de refracción subjetiva controlada por computadora. De acuerdo con el procedimiento, una computadora da una misión a la persona a ser examinada, una imagen de prueba y opciones que, preferiblemente, están orientadas en dirección. Por medio de un elemento de control, la persona a ser examinada elige una opción y la computadora determina qué cristales, filtros y/o similares deben presentarse al ojo o qué ajustes deben realizarse, repitiéndose estos pasos hasta que se alcanza simetría óptica para la persona a ser examinada.
- A partir del documento WO 2016/045866 A1, es conocido un dispositivo de visualización para la demostración de propiedades ópticas de cristales de gafas. Un dispositivo sujetador sujeta un primer sistema para la determinación de refracción, el cual está concebido para determinar la refracción subjetiva del primer ojo, cuando el dispositivo sujetador se coloca en la cabeza del usuario y/o el primer sistema de imágenes óptico está concebido para ser variable.
- La conocer forma de proceder dada a conocer en el documento US 2003/0053027 A1, puede ser problemática para personas con un cilindro intenso. Esto aplica también a la posibilidad dada a conocer en el documento US 2006/0170864 A1.
- Partiendo del documento US 2003/0053027 A1, una primera misión de la presente invención es, por ello, proporcionar una posibilidad mejorada en forma de dispositivo, programa informático y procedimiento, para determinar con fiabilidad la refracción esferocilíndrica del ojo para personas con un cilindro alto.
- Partiendo del documento US 2006/0170864 A1, una segunda misión de la presente invención es, por ello, proporcionar una posibilidad mejorada en forma de dispositivo, programa informático y procedimiento para determinar con fiabilidad la refracción esferocilíndrica del ojo para personas con un cilindro alto.
- Para ello, en un primer aspecto de la invención, se proporciona un sistema según la reivindicación 1, un procedimiento según la reivindicación 10 y un programa informático según la reivindicación 13. Las reivindicaciones secundarias del primer aspecto de la invención definen otros ejemplos de realización.
- En un segundo aspecto de la invención, para ello, se proporciona un sistema según la reivindicación 6, un procedimiento según la reivindicación 12 y un programa informático según la reivindicación 13. Las reivindicaciones secundarias del segundo aspecto de la invención definen otros ejemplos de realización.
- En el primer aspecto de la invención, se proporciona un sistema que comprende:
- una óptica con una capacidad refractaria ajustable,
  - un dispositivo de ajuste de capacidad refractaria para ajustar la capacidad refractaria de la óptica de acuerdo con un valor de ajuste,
  - un programa informático con un código de programa, el cual, cuando se ejecuta en un dispositivo de computación, hace que los optotipos observables a través de la óptica se visualicen en una visualización, y que, en base a valores de ajuste del dispositivo de ajuste de capacidad refractaria, en caso de diferentes orientaciones de la dirección predominante de los optotipos,
- se calculan un primer valor, que indica una capacidad refractaria esférica, un segundo valor, que indica una capacidad refractaria cilíndrica, y un tercer valor, que indica una posición del eje de la capacidad refractaria cilíndrica

teniendo lugar el cálculo en base a dos valores de ajuste con dos diferentes orientaciones de la dirección predominante de los optotipos,  
caracterizado porque

5 el cálculo tiene lugar, adicionalmente, en base a una información acerca de una posición del eje de un ojo, indicando la información acerca de la posición del eje, la posición del eje de la capacidad refractiva cilíndrica del ojo.

Además, en el primer aspecto de la invención se proporciona un procedimiento para determinar la refracción esferocilíndrica del ojo de un usuario, que comprende:

10 - representar optotipos en diferentes orientaciones de una dirección (52) predominante de los optotipos,  
- determinar respectivos valores de ajuste de una óptica con capacidad refractiva ajustable en las diferentes orientaciones de la dirección predominante de los optotipos,

- calcular un primer valor, que indica una capacidad refractiva esférica, un segundo valor, que indica una capacidad refractiva cilíndrica, y un tercer valor, que indica una posición del eje de la capacidad refractiva cilíndrica, en base a valores de ajuste en diferentes orientaciones de la dirección predominante  
caracterizado por que

15 el cálculo tiene lugar en base a dos valores de ajuste con precisamente dos diferentes orientaciones de los optotipos y una información acerca de la posición del eje de un ojo, indicando la información acerca de la posición del eje la capacidad refractiva cilíndrica del ojo.

Además, en el primer aspecto de la invención se proporciona un programa informático con un código de programa que, cuando se ejecuta en un procesador, hace que se realice el procedimiento según el procedimiento del primer  
20 aspecto de la invención.

En un segundo aspecto de la invención, se proporciona un sistema que comprende:

25 - una óptica con una capacidad refractiva ajustable, que presenta una dirección predominante de la capacidad refractiva,  
- un dispositivo de ajuste de capacidad refractiva para el ajuste de la capacidad refractiva de la óptica de acuerdo con un valor de ajuste,

- un dispositivo de ajuste de orientación para el ajuste de una orientación de la dirección predominante de la capacidad refractiva,  
estando el sistema configurado para determinar un primer valor, que indica una capacidad refractiva esférica,

30 un segundo valor, que indica una capacidad refractiva cilíndrica, y un tercer valor, que indica una posición del eje de la capacidad refractiva cilíndrica, en base a valores de ajuste del dispositivo de ajuste de capacidad refractiva y ajustes de la orientación de la dirección predominante de la capacidad refractiva,  
caracterizado por que

35 el sistema comprende un programa informático con un código de programa, el cual, cuando se ejecuta en una unidad de computación, hace que el primer valor, el segundo valor y el tercer valor se calculen en base a dos valores de ajuste del dispositivo de ajuste de capacidad refractiva con dos orientaciones diferentes de la dirección predominante de la capacidad refractiva

y en base a una información acerca de una posición del eje de un ojo,  
indicando la información acerca de la posición del eje, la posición del eje de la capacidad refractiva cilíndrica del ojo.

40 Además, en el segundo aspecto de la invención se proporciona un procedimiento para determinar la refracción esferocilíndrica de un ojo de un usuario, que comprende:

- determinar al menos dos valores de ajuste de una capacidad refractiva de una óptica con una dirección predominante de la capacidad refractiva en diferentes orientaciones de la dirección predominante de la capacidad refractiva,

45 - calcular un primer valor, que indica una capacidad refractiva esférica, un segundo valor, que indica una capacidad refractiva cilíndrica, y un tercer valor, que indica la posición del eje de la capacidad refractiva cilíndrica, en base a los al menos dos valores de ajuste, caracterizado por que

el cálculo tiene lugar en base a dos valores de ajuste en dos diferentes orientaciones de la dirección predominante de la capacidad refractiva,

50 el cálculo tiene lugar, adicionalmente, en base a una información acerca de una posición del eje de un ojo, indicando la información acerca de la posición del eje, la posición del eje de la capacidad refractiva cilíndrica del ojo.

Además, en el segundo aspecto de la invención, se proporciona un programa informático con un código de programa que, cuando se ejecuta en un procesador, hace que se realice el procedimiento según el procedimiento del segundo  
aspecto de la invención.

55 En caso de uso correcto del sistema mediante un usuario, el primer valor, el segundo valor y el tercer valor indican, en el marco de la precisión de medición del sistema, la refracción esferocilíndrica (esfera, cilindro y eje) de un ojo del

5 usuario. De esta manera, a un usuario se le puede dar la posibilidad en la mano, con medios relativamente sencillos, para la determinación autónoma de la refracción esferocilíndrica de su ojo o de sus ojos. Uso correcto significa, en este caso, que el usuario utiliza el sistema de acuerdo con un manual. El uso correcto incluye, en este caso, que el usuario mire con un ojo a ser examinado a través de la óptica sobre optotipos u otros elementos como, por ejemplo, objetos, y por medio del dispositivo de ajuste de capacidad refractiva, ajusta un valor de ajuste para la capacidad refractiva de la óptica con la impresión visual más nítida.

En un ejemplo de realización preferido, para ello, el código de programa, cuando se ejecuta en un dispositivo de computación, puede hacer que el dispositivo de computación emita instrucciones de acuerdo con el uso correcto al usuario. Esto facilita el manejo del sistema para el usuario.

10 Bajo optotipos y símbolos han de entenderse, los que la persona a ser examinada puede observar a través de la óptica. Se pueden utilizar diferentes optotipos, por ejemplo, optotipos estandarizados (Test de Landolt, Test E (Snellen-Haken)), dado el caso, con optotipos adicionales unidos a esto como, por ejemplo, letras o números), imágenes naturales, retículas sinusoidales con diferentes frecuencias espaciales con el mismo contraste o variable, números, letras o símbolos, Normalmente, los optotipos están, en este caso, representados en diferentes tamaños.

15 En un ejemplo de realización preferido, el código de programa, cuando se ejecuta en un dispositivo de computación, hace que los optotipos observables a través de la óptica se representen en una visualización. De esta manera, no se necesitan optotipos como componentes separados. Sin embargo, también pueden proporcionarse como componentes separados, p. ej., en forma impresa. En el uso correcto del dispositivo, el usuario observa entonces los optotipos con el ojo a ser examinado a través de la óptica y ajusta una valor de ajuste, de modo que ve los optotipos lo más nítidos posible.

20 Bajo la capacidad refractiva, como es habitual en la óptica, ha de entenderse el valor inverso de la distancia focal. La capacidad refractiva se utiliza en los estados de la UE, normalmente, en dioptrías como unidad legal de la capacidad refractiva de sistemas ópticos.

25 Un dispositivo de computación es, en general, un dispositivo el cual (p. ej., explicado más tarde en detalle) puede realizar cálculos, para calcular el primer, el segundo y el tercer valor a partir de los al menos dos valores de ajuste. Un dispositivo de computación de este tipo comprende, normalmente, al menos un microprocesador y una memoria, en la que está archivado un correspondiente programa. Como dispositivo de computación puede utilizarse, por ejemplo, una computadora, un teléfono inteligente o una tableta PC. Al proporcionarse un programa informático, un usuario puede utilizar, en particular, un dispositivo de computación propio (p. ej., su propia computadora). En otros ejemplos de realización, el sistema puede comprender también el dispositivo de computación.

30 De acuerdo con el segundo aspecto de la invención, la óptica presenta una dirección predominante de la capacidad refractiva y el sistema comprende, además, un dispositivo de ajuste de orientación para el ajuste de una orientación de la dirección predominante de la capacidad refractiva de la óptica. Entonces, la capacidad refractiva de la óptica presenta una dirección predominante, cuando la capacidad refractiva de la óptica no es rotosimétrica, en particular, la capacidad refractiva de la óptica presenta una proporción cilíndrica diferente de cero. Esto puede lograrse, en particular, mediante una configuración no rotosimétrica de la óptica.

35 En caso de uso correcto de acuerdo con el segundo aspecto de la invención, los al menos dos valores de ajuste se ajustan, entonces, con diferentes orientaciones de la dirección predominante de la capacidad refractiva de la óptica. De esta manera, el ojo a ser examinado se mide a lo largo de diferentes direcciones. Mediante combinación de estas mediciones se pueden calcular el primer, el segundo y el tercer valor.

40 El dispositivo de ajuste de orientación puede, por ejemplo, comprender un marco, en el que la óptica está alojada giratoria. Mediante giro manual o motorizado de la óptica, se pueden ajustar las diferentes orientaciones. En este caso, el dispositivo de ajuste de orientación puede presentar marcas y/o posiciones de enclavamiento para la óptica, para facilitar al usuario el ajuste de la orientación.

45 Preferiblemente, el dispositivo de ajuste de orientación comprende un sensor de posición para medir la orientación de la dirección predominante de la capacidad refractiva. Los sensores de posición de este tipo se montan, p. ej., también en teléfonos inteligentes, y están disponibles comercialmente. De esta manera, se puede captar automáticamente la orientación y, entonces, transmitirse al dispositivo de computación. De esta manera, se puede tener en cuenta la orientación real de la dirección predominante de la capacidad refractiva por el dispositivo de computación al calcular el primer, el segundo y el tercer valor, de modo que el cálculo es independiente de una precisión de ajuste de la orientación mediante el usuario.

50

5 La dirección predominante de la capacidad refractaria de la óptica puede estar definida por la posición del eje de la capacidad refractaria cilíndrica de la óptica, pudiendo el dispositivo de ajuste de capacidad refractaria estar configurado para ajustar una capacidad refractaria esférica de la óptica de acuerdo con el valor de ajuste. Una óptica de este tipo con una capacidad refractaria cilíndrica fija y una capacidad refractaria esférica ajustable, es realizable relativamente económica, dado que solo debe variarse la capacidad refractaria esférica.

10 En un ejemplo de realización de este tipo, el código de programa, cuando se ejecuta en el dispositivo de computación, puede hacer que el dispositivo de computación, cuando los valores de ajuste con diferentes orientaciones de la dirección predominante de la capacidad refractaria son iguales, emita una información al usuario, que la capacidad refractaria de su ojo no presenta una capacidad refractaria cilíndrica medible. En este caso, además, puede solicitarse al usuario, para la determinación de la capacidad refractaria esférica de su ojo, que determine de nuevo un ajuste de la capacidad refractaria de la óptica con capacidad refractaria cilíndrica variada de la óptica y/o la capacidad refractaria esférica de su ojo por medio de una óptica adicional, que no presenta una capacidad refractaria cilíndrica sino una capacidad refractaria esférica ajustable.

15 En un caso de este tipo, en el que el ojo no presenta una capacidad refractaria cilíndrica, con la manera de proceder, utilizar la óptica con capacidad refractaria cilíndrica fija y capacidad refractaria esférica ajustable con diferentes orientaciones de la dirección predominante, no es posible una determinación precisa de la capacidad refractaria esférica del ojo examinado. Mediante el ajuste o la determinación adicional de arriba, a la que, en este caso, se solicita al usuario, se puede determinar, entonces, la capacidad refractaria esférica del ojo.

20 La capacidad refractaria cilíndrica de la óptica puede encontrarse entre 0,25 dioptrías y 0,5 dioptrías. En caso de una capacidad refractaria cilíndrica por debajo de aprox. 0,25 dioptrías, el efecto cilíndrico mediante el ojo a ser examinado es prácticamente imperceptible, lo que puede conducir a medición defectuosas. En caso de una capacidad refractaria cilíndrica de más de 0,25 dioptrías, la simetría rotacional de la capacidad refractaria se interrumpe suficientemente y la óptica presenta, por lo tanto, una dirección predominante, por lo cual, se posibilitan las mediciones arriba descritas con diferentes orientaciones de la dirección predominante. Si la capacidad refractaria cilíndrica de la óptica se mantiene por debajo de aprox. 0,5 dioptrías, ésta puede despreciarse en el cálculo del primer, segundo y tercer valor, lo que simplifica el cálculo.

30 De acuerdo con el primer aspecto de la invención, los optotipos presentan una dirección predominante, es decir, ninguna simetría rotacional, haciendo el código de programa, cuando se ejecuta en un dispositivo de computación, que los optotipos se representen temporalmente uno detrás de otro con diferentes orientaciones de la dirección predominante. Los optotipos presentan, en particular, entonces una dirección predominante, cuando no son rotosimétricos. En caso de optotipos habituales, en los que símbolos están representados en filas, volviéndose los optotipos más pequeños de línea a línea, la dirección de línea corresponde a la dirección predominante. En caso de Test de Landolt como optotipos, la dirección predominante se define por las escotaduras de los anillos, por lo demás, rotosimétricos. En otras palabras, la simetría rotacional por lo demás existente se interrumpe aquí por las escotaduras.

35 La utilización de optotipos, en los que se varía la orientación de la dirección predominante, representa una manera de proceder alternativa para la utilización de una óptica con una dirección predominante de la capacidad refractaria, cuya orientación es variable. También mediante variación de la orientación de los optotipos, se puede medir el ojo en diferentes direcciones y, mediante combinación de las mediciones, se pueden determinar el primer, segundo y tercer valor.

40 De acuerdo con la explicación de arriba, el código de programa puede estar configurado, de tal manera que cuando se ejecuta en un dispositivo de computación, el dispositivo de computación calcula el primer valor, el segundo valor y el tercer valor en base a los al menos dos valores de ajuste con diferentes orientaciones de la dirección predominante de la capacidad refractaria y/o con diferentes orientaciones de la dirección predominante de los optotipos. Que el código de programa esté configurado de tal manera, significa en este contexto, que en caso de uso correcto, es decir, cuando el usuario determina correctamente los valores de ajuste con diferentes orientaciones de la dirección predominante de la capacidad refractaria y/o con diferentes orientaciones de la dirección predominante de los optotipos, que por medio del cálculo del código de programa realizado en el dispositivo de computación, del primer, segundo y tercer valor, en el marco de la precisión de medición del sistema, da como resultado esfera, cilindro y eje del ojo examinado.

50 En una variante no reivindicada, los al menos dos valores de ajuste, con orientaciones variables de la dirección predominante de la capacidad refractaria y/o con diferentes orientaciones de la dirección predominante de los optotipos, comprenden tres valores de ajuste con tres diferentes orientaciones de la dirección predominante de la capacidad refractaria y/o con tres diferentes orientaciones de la dirección predominante de los optotipos, es decir, el código de programa está concebido para un correspondiente cálculo. De esta manera, en caso de uso correcto del dispositivo, el ojo se mide en tres direcciones y, a partir de los correspondientes tres valores de ajuste, se pueden

5 calcularse el primer, segundo y tercer valor. Preferiblemente, las tres diferentes orientaciones de la dirección predominante de la capacidad refractiva y/o las tres diferentes orientaciones de la dirección predominante de los optotipos, presentan una distancia angular de aproximadamente 60 °, p. ej., entre 55 ° y 65 °, una con respecto a otra, lo que simplifica el cálculo. En otros ejemplos de realización, también se pueden utilizar otras distancias angulares entre las orientaciones, en particular, también ángulos menores de 60 °.

El cálculo del primer, segundo y tercer valor tiene lugar, en este caso, de manera en sí conocida. Más detalle de estos cálculos se puede deducir, por ejemplo, en Gekeler F, Schaeffel F, Howland HC, Wattam-Bell J. Measurement of astigmatism by automated infrared photoretinoscopy. *Optom. Vis Sci* [Internet]. 1997; 74:472-82, disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9293513>.

10 Alternativamente, los al menos dos valores de ajuste, con diferentes orientaciones de la dirección predominante de la capacidad refractiva, por ejemplo, en el segundo aspecto de la invención y/o con diferentes orientaciones de la dirección predominante de los optotipos, p. ej., en el primer aspecto de la invención, pueden comprender dos valores de ajuste con dos diferentes orientaciones de la dirección predominante de la capacidad refractiva y/o de la dirección predominante de los optotipos, estando el código de programa configurado de tal manera que, cuando se ejecuta en  
15 el dispositivo de computación, el dispositivo de computación calcula el primer valor, el segundo valor y el tercer valor, en base a los dos valores de ajuste y en base a una información acerca de una posición del eje y/o una información acerca de las dos diferentes orientaciones de la dirección predominante de la capacidad refractiva y/o las dos diferentes orientaciones de la dirección predominante de los optotipos. En un caso de este tipo, en caso de uso correcto, se determina la posición del eje del ojo examinado y se proporciona la información acerca de la posición del  
20 eje del eje del ojo, la cual corresponde entonces al tercer valor, de modo que entonces ya solo se necesitan valores de ajuste para dos diferentes orientaciones para el cálculo del primer y segundo valor. Esta manera de proceder, para personas con astigmatismo alto, presenta una mayor precisión que la manera de proceder con tres diferentes orientaciones de la dirección predominante de la capacidad refractiva y/o con tres diferentes orientaciones de la dirección predominante de los optotipos.

25 Para ello, el código de programa, cuando se ejecuta en el dispositivo de computación, puede hacer que una figura radiada observable a través de la óptica se represente en una visualización. En caso de uso correcto, el usuario puede entonces, con ayuda de la figura radiada, determinar la posición del eje del ojo examinado al determinar qué dirección de la figura radiada parece más nítida. De esta manera, se puede proporcionar la información acerca de la posición del eje.

30 Las dos diferentes orientaciones de la dirección predominante de la capacidad refractiva y/o de los optotipos corresponden, en este caso, preferiblemente, a la posición del eje y una dirección aproximadamente perpendicular con respecto a ésta (p. ej., a un ángulo entre 85 ° y 95 °), lo que corresponde a una medición en dos cortes principales del ojo. Esto simplifica el cálculo del primer y segundo valor. Los cortes principales son, en este caso, los ejes del ojo que presentan una capacidad refractiva máxima o bien mínima. En este caso, la información acerca de la posición  
35 del eje representa, al mismo tiempo, una información acerca de las dos diferentes orientaciones de la dirección predominante de la capacidad refractiva y/o de los optotipos.

40 Cabe señalar que, en ejemplos no reivindicados, también pueden utilizarse más de dos o tres orientaciones de la dirección predominante. En este caso, se obtienen más valores de ajuste que los necesarios para la determinación del primer, segundo y tercer valor. Esto puede utilizarse con ayuda de procedimientos convencionales del análisis de errores, para reducir errores de medición estadísticos, que se producen por ajuste impreciso de los valores de ajuste.

45 La óptica ajustable puede, en un ejemplo de realización preferido, comprender una lente Alvarez. Una lente Alvarez comprende, en este caso, dos elementos de lente, los cuales son desplazables uno contra otro en una dirección, para variar la capacidad refractiva de la lente Alvarez. Una descripción de una lente Alvarez de este tipo se encuentra, por ejemplo, en <http://www.spektrum.de/lexikon/optik/alvarez-linse/130>, estado 26.08.2016. De esta manera, se puede variar, en particular, la capacidad refractiva esférica de la lente Alvarez mediante desplazamiento de los elementos de lente uno con respecto a otro. Además, las lentes Alvarez disponibles económicamente presentan al menos una capacidad refractiva cilíndrica y poseen, por lo tanto, una dirección predominante. En caso de una lente Alvarez, el dispositivo de ajuste de capacidad refractiva puede comprender un tornillo de ajuste. De esta manera, se puede implementar económicamente la óptica con dispositivo de ajuste de capacidad refractiva.

50 En otro ejemplo de realización, la óptica ajustable comprende una lente líquida ópticamente variable. En este caso, puede proporcionarse, por ejemplo, una capa de cristal líquido entre placas de cristal, similares a una visualización de cristal líquido, en la que las moléculas de la capa de cristal líquido se pueden disponer de otra manera mediante una tensión eléctrica aplicada, por ejemplo, que desde un punto central se concentren más intensamente de forma radial hacia fuera. Por lo tanto, en disposiciones de cristal líquido de este tipo, se puede variar la capacidad refractiva  
55 mediante aplicación de una tensión. Las lentes líquidas de este tipo están descritas, por ejemplo, en

<https://de.wikipedia.org/wiki/FI%C3%BCssiglinse>. En particular, con la utilización de optotipos con orientación variable de la dirección predominante, la capacidad refractiva de una lente líquida de este tipo puede ser radialmente simétrica sin dirección predominante.

5 Preferiblemente, el dispositivo de ajuste de capacidad refractiva comprende una interfaz para la transmisión de los valores de ajuste al dispositivo de computación. De esta manera, el usuario no tiene que transmitir los datos manualmente. La interfaz puede, en este caso, ser una interfaz cableada, por ejemplo una interfaz USB, o una interfaz inalámbrica, como una interfaz Bluetooth o una interfaz WiFi.

10 El sistema puede, en este caso, estar configurado como dispositivo portable en la cabeza, comprendiendo el dispositivo portable en la cabeza el dispositivo de computación o una aceptación para el dispositivo de computación. Para ello, al usuario se le proporciona un aparato compacto y, mediante la portabilidad en la cabeza, se puede garantizar un posicionamiento correcto en la cabeza. Cuando se proporciona la aceptación, el dispositivo de computación puede ser, en particular, un teléfono inteligente o una tableta.

15 El dispositivo portable en la cabeza puede, por ejemplo, presentar la forma similar a unas gafas inteligentes o unas gafas de realidad virtual. En el caso de unas gafas inteligentes, adicionalmente a los optotipos representados, también puede percibirse visualmente el entorno, mientras que en el caso de unas gafas de realidad virtual tiene lugar una percepción visual solo a través de una respectiva visualización. Las gafas inteligentes o las gafas de realidad virtual también pueden proporcionar otras funciones para el usuario, por ejemplo, mediciones de campimetría, como se describe en la solicitud de patente alemana DE 10 2014 113 682.

20 El dispositivo portable en la cabeza también puede presentar la forma de una montura de gafas, en la que está montada la óptica. También, de esta manera, se puede garantizar un posicionamiento correcto de la óptica.

A continuación, se explica la invención más en detalle con referencia a los dibujos adjuntos, mediante ejemplos de realización preferidos. Muestran:

la Fig. 1, un diagrama de bloques de un dispositivo de acuerdo con un ejemplo de realización,

las Figuras 2A y 2B, representaciones de una óptica ajustable de acuerdo con un ejemplo de realización,

25 la Fig. 3, una representación esquemática de un dispositivo portable en la cabeza de acuerdo con un ejemplo de realización,

la Fig. 4, un diagrama de flujo de un procedimiento de acuerdo con un ejemplo de realización de acuerdo con el segundo aspecto de la invención,

la Fig. 5, una representación para explicar el procedimiento de la Figura 4,

30 la Fig. 6, un diagrama de flujo de un procedimiento de acuerdo con ejemplo de realización adicional,

la Fig. 7, una representación para la ilustración del procedimiento de la Fig. 6,

la Fig. 8, un diagrama de flujo de un procedimiento de acuerdo con un ejemplo de realización de acuerdo con el primer aspecto de la invención, y

35 la Fig. 9, una aureola para la utilización en el procedimiento de la Fig. 8 de acuerdo con el primer aspecto de la invención.

En la Fig. 1 está representado esquemáticamente un diagrama de bloques de un sistema 18 de acuerdo con un ejemplo de realización. El sistema 18 de la Fig. 1 comprende un componente 10, un dispositivo 11 de computación, así como un dispositivo 12 para la representación de optotipos.

40 El componente 10 presenta una óptica 13, la cual es ajustable en relación a su capacidad refractiva por medio de un dispositivo 14 de ajuste de capacidad refractiva. Si la óptica 13 es móvil en el componente 10, por ejemplo, giratoria, el componente 10 comprende un sensor 17 de posición para determinar una orientación de la óptica 13.

45 El dispositivo 12 para la representación de optotipos, puede ser una pizarra de optotipos convencional, sobre la que están impresos optotipos (letras, números y/o símbolos) a diferentes tamaños. Alternativamente, el dispositivo 12 puede comprender una pantalla (visualización), la cual se controla por el dispositivo 11 de computación, como está indicado en la Figura 1 mediante una línea 19 a trazos, para representar optotipos. En caso de uso correcto, un usuario

mira con un ojo a ser examinado a través de la óptica 13 sobre los optotipos del dispositivo 12, y ajusta la óptica 13 con el dispositivo 14 de ajuste de capacidad refractaria a una capacidad refractaria, con la que ve los optotipos lo más nítidos. El correspondiente valor de ajuste del dispositivo 14 de ajuste de capacidad refractaria, en el ejemplo de realización de la Fig. 1, se almacena en una memoria 15 y, a continuación, se transmite a través de una interfaz 16 al dispositivo 11 de computación.

El dispositivo 11 de computación recibe a través de la interfaz 16 valores de ajuste almacenados en la memoria 15, calcula a partir de ellos la refracción del ojo a ser examinado como refracción esferocilíndrica (esfera, cilindro y eje), es decir, como valores para capacidad refractaria esférica y cilíndrica y la posición del eje. Se explican en detalle diferentes maneras de proceder para ello, con referencia a las Figuras 4-9.

Las Figuras 2A y 2B muestran detalles de posibles implementaciones de la óptica 13. La Figura 2A muestra un ejemplo para una óptica con una capacidad refractaria ajustable, una lente 20 Alvarez. La lente 20 Alvarez de la Fig. 2A comprende, para ello, en particular, un primer elemento 23 de lente y un segundo elemento 24 de lente, que están dispuestos en un marco 21 de material sintético. El primer elemento 23 de lente y el segundo elemento 24 de lente son móviles uno con respecto a otro a lo largo de un eje 25 mediante giro de un tornillo 22 de ajuste, que representa un ejemplo para un dispositivo de ajuste de capacidad refractaria, para, de esta manera, variar la capacidad refractaria esférica de la lente 20 Alvarez. La lente 20 Alvarez presenta, en este caso, una capacidad refractaria cilíndrica fija, la cual, p. ej., se crea mediante tolerancias de fabricación y, normalmente, se encuentra entre 0,25 dioptrías y 0,5 dioptrías. Por ello, la capacidad refractaria de la lente Alvarez no es rotosimétrica. La lente 20 Alvarez presenta, por lo tanto, una dirección predominante. Para las siguientes explicaciones, se supone que la dirección predominante corresponde al eje 25.

Como está representado en la Fig. 2B, en un ejemplo de realización, la lente 20 Alvarez está dispuesta giratoria en un marco 28, siendo el marco 28 fijable a través una varilla 26, 27 a un objeto fijo, por ejemplo, una mesa. Mediante la disposición giratoria de la lente 20 Alvarez en el marco 28, se puede ajustar con precisión una dirección del eje 25 y, por lo tanto, una orientación de la dirección predominante de la lente 20 Alvarez. En el marco 28, para ello, está presente una escala de ángulos, por medio de la que se puede ajustar el ángulo 25 a un ángulo determinado. El marco 28 ofrece, preferiblemente, además, posiciones de enclavamiento a distancia de  $60^\circ$  o  $90^\circ$ , para poder realizar mediciones como se describen a continuación.

En un ejemplo de realización determinado, los componentes discutidos con referencia a las Fig. 1 y 2, es decir, el sistema 18, pueden estar dispuestos en un dispositivo 30 portable en la cabeza según un tipo de gafas de realidad virtual, como está representado esquemáticamente en la Fig. 3. A causa de esto, se proporciona una disposición compacta para la determinación de refracción y se simplifica un posicionamiento correcto del sistema con respecto al ojo del usuario. En particular, en un dispositivo 30 portable en la cabeza de este tipo, el elemento 12 puede estar implementado como visualización para los dos ojos, y se proporciona un componte 10 para los dos ojos. El dispositivo 11 de computación también puede estar integrado en el dispositivo 30 portable en la cabeza. Alternativamente, el dispositivo 11 de computación y el elemento 12 también pueden estar realizados en forma de un teléfono inteligente o una tableta, formándose el elemento 12 entonces, mediante la visualización del teléfono inteligente o la tableta. El teléfono inteligente o la tableta se introduce entonces en un dispositivo sujetador en el dispositivo 30 portable en la cabeza.

A continuación, con referencia a las Figuras 4-9, se representan diferentes maneras de proceder para la determinación de la refracción esferocilíndrica por medio del dispositivo explicado con referencia a las Figuras 1-3. Los procedimientos explicados a continuación pueden estar implementados, en particular, con ayuda de un programa informático, el cual se ejecuta en el dispositivo 11 de computación.

En la Fig. 4, para ello, está representado un diagrama de flujo para la ilustración de un primer procedimiento de acuerdo con el segundo aspecto de la invención para la determinación de la refracción esferocilíndrica de un ojo.

Para ello, en el paso 40 se posiciona una óptica con dirección predominante, por ejemplo, la lente 20 Alvarez de la Fig. 2, con una primera orientación de la dirección predominante y se observan optotipos a través de la óptica. La distancia de la óptica al ojo a ser examinado asciende, en este caso, preferiblemente, a 12 mm, lo que corresponde a la distancia óptima de vértice de córnea. Esta distancia puede garantizarse mediante una implementación como dispositivo portable en la cabeza, como en la Fig. 3, o seleccionarse correspondientemente por el usuario. La distancia de vértice de córnea describe, en este caso, la distancia entre la superficie delantera de la córnea del ojo y la superficie posterior de la superficie óptica de la óptica. De acuerdo con el estándar, la distancia de vértice de córnea en la refracción subjetiva se supone o bien ajusta como distancia a la óptica a aprox. 12 mm, dado que ésta representa la distancia más frecuente en el medio en el caso de unas gafas correctoras portadas. Si se utilizan distancias de vértice de córnea más cortas o más grandes, los valores de la refracción esferocilíndrica con respecto a las diferentes distancias de vértice de córnea, utilizados entonces para un cristal de gafas a ser fabricado, deben corregirse. Esta

corrección puede tener lugar de acuerdo con  $S2 = S1 ( 1 + ( e2 - e1 ) S1 )$ . En este caso, S1 es un primer valor de poder refringente determinado con una primera distancia de vértice de córnea, a partir del cual se calcula un segundo valor S2 de poder refringente con una distancia e2 de vértice de córnea. En el caso del valor de poder refringente de córnea, se trata del valor inverso del enfoque trasero, es decir, de la distancia del punto focal del vértice de un cristal de gafas. De esta manera, un valor de poder refringente de vértice determinado con una distancia de vértice de córnea se calcula transformándose a una distancia de vértice de córnea con otro valor de poder refringente. En este caso, normalmente, solo se corrige la capacidad refractaria esférica, una corrección de la capacidad refractaria cilíndrica y de su posición del eje, normalmente, no tiene lugar. En este caso, S1 corresponde, entonces, a la capacidad refractaria esférica con una distancia e1 de vértice de córnea, de lo cual se puede calcular la capacidad S2 refractaria esférica con la distancia e2 de vértice de córnea.

En el paso 41, la óptica se ajusta a un valor de ajuste por medio del dispositivo de ajuste de poder refringente, de modo que la persona a ser examinada reconozca los optotipos lo mejor posible (agudeza visual de 1,0 o, preferiblemente, al menos agudeza visual de 0,8). El ajuste de la óptica en el paso 41 se realiza, en este caso, de modo que la óptica, en primer lugar, se ajusta a un primer valor de ajuste, el cual corresponde a una capacidad refractaria positiva máxima. El ajuste a la capacidad refractaria positiva máxima puede tener lugar, en este caso, automatizado.

Entonces, partiendo de esto, se varía el valor de ajuste, hasta que los optotipos más pequeños se reconozcan la primera vez al menos con la agudeza visual de 0,8 a la correspondiente distancia. El correspondiente valor de ajuste se almacena en 42. La agudeza visual es, en este caso, el valor inverso del poder de resolución en minutos de ángulo. Para una agudeza visual de 1,0, el detalle a ser reconocido del optotipo visto por el ojo, presenta un tamaño de 1' (minuto de ángulo). La agudeza visual corresponde, en este caso, aproximadamente a la tangente del arco de la relación de tamaño del optotipo y distancia del optotipo del ojo. Con agudeza visual de 0,8, el detalle a ser reconocido del optotipo presenta un tamaño de 1,25'.

Como está indicado mediante un paso 43, los pasos 40-42 se repiten varias veces para diferentes orientaciones de la dirección predominante de la óptica, hasta que se han recorrido todas las posiciones necesarias. En un ejemplo no reivindicado de la Fig. 4, se recorren los pasos 40-42, en particular, para tres diferentes orientaciones de la dirección predominante de la óptica. Esto está representado en la Fig. 5.

En la Fig. 5 se muestran tres diferentes orientaciones para la lente 20 Alvarez, como ejemplo para la óptica, referenciados en la Fig. 5 con 20A, 20B, 20C. Los respectivos ejes 25, los cuales indican la dirección predominante, están referenciados con 25A, 25B y 25C. Los ejes 25A-25C, en un ejemplo no reivindicado, se encuentran a tres ángulos diferentes con respecto a una dirección 52 de fila de una pizarra 51 visual. Sobre la pizarra 51 visual están representados símbolos, que se vuelven más pequeños de fila en fila. El tamaño de los optotipos se diferencia, en este caso, de fila en fila en 0,1 pasos de logMAR, de modo que el tamaño de optotipo se representa logarítmicamente según la Ley de Weber-Fechner. El valor de agudeza visual visualizado mínimo, debería ascender a -0,1 logMAR, es decir, una agudeza visual decimal de 1,25. La pizarra 51 visual, en el caso de la Fig. 5, es un cartón sencillo imprimido. Los ejes 25A-25C están, en este caso, a un ángulo de 0° (eje 25B), +60° (eje 25A) y -60° (eje 25C) con respecto a la dirección 52 de fila. En general, en el ejemplo no reivindicado de la Fig. 4, en los pasos 40-42 se realizan al menos tres mediciones, diferenciándose las orientaciones de la dirección predominante de la óptica en el ejemplo de realización de la Fig. 5 de medición en medición en, aproximadamente, 60°.

Una vez que se ha realizado esto para todas las posiciones de la Fig. 5, en el paso 44 se calcula la refracción esferocilíndrica en base a los valores de ajuste almacenados en 42. En este caso, en primer lugar, se comprueba si para todas las orientaciones de la dirección predominante se almacenó el mismo valor de ajuste en 42. Si es el caso, esto significa, que el ojo examinado no presenta astigmatismo, es decir, la capacidad refractaria del ojo no tiene una proporción cilíndrica. En este caso, se informa correspondientemente al usuario. Dado que no es posible una determinación lo suficientemente precisa de la esfera con los valores de ajuste recogidos, el usuario puede determinar entonces la capacidad refractaria esférica de su ojo con una lente ajustable puramente esférica. Alternativamente, la capacidad refractaria cilíndrica de la lente 20 Alvarez se puede variar mediante un desplazamiento de las mitades de lente una con respecto a otra en una dirección perpendicular con respecto al eje 25, y la medición en 42 puede, en un ejemplo no reivindicado, repetirse al menos para una orientación de la dirección predominante. A partir del valor de ajuste adicional obtenido, así como los valores de ajuste ya existentes, se puede determinar entonces la capacidad refractaria esférica.

En base a los diferentes valores de ajuste para la orientación de la Fig. 5, en un ejemplo no reivindicado, se calculan entonces los parámetros A, B y D como sigue:

$$A = \frac{\text{Refracción } 0^\circ (D) + \text{Refracción } -60^\circ (D) + \text{Refracción } +60^\circ (D)}{3} \quad (1)$$

$$B = \frac{2 * \text{Refracción } 0^\circ (D) - \text{Refracción } -60^\circ (D) - \text{Refracción } +60^\circ (D)}{3} \quad (2)$$

$$D = \frac{\text{Refracción } -60^\circ (D) - \text{Refracción } +60^\circ (D)}{\sqrt{3}} \quad (3)$$

5 En este caso, la refracción  $0^\circ (D)$ , hace referencia a la capacidad refractaria ajustada de la lente 20B Alvarez con la posición 25B de eje de la Fig. 5 en dioptrías, la refracción  $+60^\circ (D)$  a la capacidad refractaria ajustada de la lente 20A Alvarez con la posición 25A de eje de la Fig. 5 en dioptrías, y la refracción  $-60^\circ (D)$  a la capacidad refractaria de la lente 20C Alvarez en la posición 25C de eje, es decir, respectivamente, los valores de ajuste ajustados en el paso 41 y almacenados en el paso 42. Para otras posiciones del ángulo, las cuales se diferencian unas de otras en, respectivamente,  $60^\circ$ , las ecuaciones (1) a (3) deben adaptarse de manera en sí conocida. Esto está descrito, por ejemplo, en la divulgación arriba mencionada de Gekeler et al., 1997. Informaciones adicionales a los cálculos de arriba, también pueden deducirse de Thibos et al., Optometry and Vision Science, vol. 74, n. 6, páginas 367-375.

A partir de estos parámetros, ahora se puede calcular la refracción esferocilíndrica del ojo examinado como sigue:

$$\text{Esfera} = A + \sqrt{(B^2 + D^2)} \quad (4)$$

$$\text{Cilindro} = -2 \sqrt{(B^2 + D^2)} \quad (5)$$

$$\text{Eje} = 0,5 * \arctan\left(\frac{D}{B}\right) \quad (6)$$

15 Los valores esfera, cilindro y eje de las ecuaciones (4)-(6) indican, entonces, la refracción esferocilíndrica en notación de cilindro negativo, la cual se utiliza normalmente en Alemania en prescripciones de gafas. En el caso de la notación de cilindro negativo, como capacidad refractaria esférica (esfera) se elige el poder refringente de sección principal matemáticamente más pequeño, por lo cual, la proporción cilíndrica de la capacidad refractaria (cilindro) obtiene un signo negativo (véase para ello también H. Goersch, Wörterbuch der Optometrie, 3ª edición, ISBN 978-3-922269-43-4).

20 Si la medición se realiza a un distancia menor que aproximadamente 5 m, entre ojo y pizarra 51 visual (lo que corresponde de forma bastante aproximada a un ajuste infinito del ojo), la esfera (ecuación 4) todavía tiene que corregirse en el valor de la distancia. En este caso, la distancia en metros debe calcularse transformándose como valor inverso en dioptrías y la corrección esférica lograda corregirse en este valor. Más concreto sobre estos cálculos, se puede deducir, por ejemplo, de la divulgación arriba mencionada de Gekeler et al.

30 En el cálculo de arriba, se desprecia la capacidad refractaria cilíndrica de la lente 20 Alvarez, lo que con valores menores de 0,5 dioptrías conduce a resultados aceptables y simplifica el cálculo. Por lo demás, también puede utilizarse la capacidad refractaria cilíndrica de la lente 20 Alvarez, debiendo entonces tenerse en cuenta para el cálculo que la dirección de la operación de cilindro completa del sistema óptico a partir de ojo y lente 20 Alvarez, se determina a partir de la dirección y del tamaño de la capacidad refractaria cilíndrica de la lente 20 Alvarez y del eje y de la capacidad refractaria cilíndrica del ojo. De esta manera, entonces, por ejemplo, se puede determinar la capacidad refractaria cilíndrica del ojo, bajo consideración de la capacidad refractaria esférica y la capacidad refractaria cilíndrica de la lente Alvarez.

35 Después del cálculo en el paso 44, se emite entonces el resultado para la persona examinada. El procedimiento puede entonces repetirse para el respectivo otro ojo, para examinar los dos ojos de la persona.

A continuación, con referencia a las Figuras 6 y 7, se representa una alternativa, de acuerdo con el primer aspecto de la invención, al procedimiento de las Figuras 4 y 5, en el que no se varía la orientación de la dirección predominante de la óptica, sino la orientación de la dirección predominante de los optotipos.

La Figura 6 muestra un diagrama de flujo de este procedimiento.

40 En la Fig.6, en un paso 60, se representan optotipos, en los que la dirección de línea define una dirección predominante de los optotipos, por ejemplo, de acuerdo con el primer aspecto, con una primera orientación de esta dirección predominante. En el paso 61, la óptica se representa entonces, de tal manera que los optotipos son reconocibles lo

mejor posible. Esto corresponde al ajuste del paso 41 de la Fig. 4 y puede tener lugar como se ha descrito para el paso 41 de la Fig. 4.

En el paso 62, se almacena el correspondiente valor de ajuste, como ya se ha descrito para el paso 42 de la Fig. 4. Los pasos 60-62 se recorren repetidas veces, como está indicado por un paso 63, en un ejemplo no reivindicado, tres veces, como también se ha explicado ya para los pasos 40-42 de la Fig. 4. En cada uno de los recorridos, los optotipos en el paso 60 se posicionan, en este caso, en una posición del ángulo diferente, es decir, se varía la orientación de la dirección predominante. El procedimiento de la Fig. 6 se diferencia, por lo tanto, del procedimiento de la Fig. 4, dado que, como en el paso 40, la óptica no se posiciona con diferentes orientaciones de la dirección predominante, sino que, en el paso 60, los optotipos se posicionan con diferentes orientaciones de la dirección predominante. Esto se explica ahora más en detalle con referencia a la Fig. 7.

En la Fig. 7 está representada la lente 20 Alvarez de la Fig. 2 con el eje 25, discurriendo el eje 25 en la Fig. 7 en dirección horizontal. En una visualización 70 se representan, en caso de tres recorridos del paso 60, optotipos con tres diferentes orientaciones de la dirección predominante, como están referenciadas con los símbolos 71A, 71B y 71C en la Fig. 7. La visualización 70 es, en este caso, en el ejemplo representado, la visualización de una computadora-tableta y es un ejemplo para la implementación del dispositivo 12 de la Fig. 1.

En el caso de los optotipos 71A, en este caso, una dirección de línea (dirección predominante) de los optotipos 71A es paralela con respecto al eje 25, lo que, de acuerdo con la representación de la Fig. 5, se hace referencia como posición 0°. Los optotipos 71B están, por el contrario, girados en +60°, los optotipos 71C en -60°. Al igual que en la Fig. 5, por lo tanto, se realizan tres mediciones, ascendiendo el giro entre cada una de las mediciones, respectivamente, a aproximadamente 60°.

En el paso 64, al igual que en el paso 44, se calcula la refracción esferocilíndrica en base a los valores de ajuste, entrando en aplicación las mismas fórmulas (1) a (6) que en el paso 44.

En el caso de los ejemplos de realización representados con referencia a las Figuras 4-7, puede darse el caso que para personas con defectos de refracción astigmáticos mayores que 1,00 dioptrías, se produzcan problemas con el ajuste correcto de la óptica. En particular, para personas a ser examinadas de este tipo se puede realizar un procedimiento modificado de acuerdo con el primer y/o el segundo aspecto de la invención, el cual se explica ahora con referencia a las Figuras 8 y 9. En este procedimiento, la determinación de refracción se realiza en los dos denominados cortes principales, que presentan un poder refringente máximo o bien mínimo del ojo.

La Fig. 8 muestra un diagrama de flujo de este procedimiento de acuerdo con el primer aspecto de la invención. En el paso 80, en una visualización se representa una aureola, en particular, la denominada figura radiada según Snellen. En la Fig. 9 se muestra una figura 90 radiada de este tipo y presenta líneas, que indican en diferentes direcciones. Además, está representada una escala de ángulos.

La óptica, por ejemplo, la lente 20 Alvarez de la Fig. 2, se ajusta entonces a la capacidad refractiva positiva máxima. A causa de esto, el ojo de la persona a ser examinada se hace corto de vista artificialmente. La figura radiada de la Fig. 9, aparece entonces a la persona en algunas posiciones del ángulo muy desenfocada y en otras posiciones del ángulo menos desenfocada. La persona examinada indica en qué posición la figura radiada tiene la mejor nitidez, lo que es equivalente con un máximo ennegrecimiento percibido en esta posición. En caso de que la figura radiada completa esté muy desenfocada, para poder determinar esto, la óptica también puede ajustarse hasta que sea posible una diferenciación de este tipo de la mejor nitidez.

Esta posición del ángulo se almacena, entonces, en el paso 81 en el dispositivo 11 de computación de la Fig. 1 y representa una información acerca de una posición del eje del ojo examinado.

A continuación, siguen los pasos 82 a 85, los cuales corresponden a los pasos 40 a 43 de la Fig. 4 o los pasos 60-63 de la Fig. 6, es decir, la óptica o los optotipos se posicionan con diferentes orientaciones de su dirección predominante, se ajusta la óptica y se almacena el respectivo valor de ajuste. A diferencia de la Fig. 4 y de la Fig. 6, los pasos 82 a 84 tiene lugar, en un ejemplo de realización de acuerdo con el primer aspecto de la invención de la Fig. 8, sin embargo, solo para dos orientaciones de la dirección predominante, concretamente, para una orientación en la que la dirección predominante (eje 25 o bien dirección 51 de línea) corresponde a la posición del ángulo determinada en el paso 80 y almacenada en el paso 81, y para una orientación que está girada con respecto a ello en 90°.

Cuando, por ejemplo, en la posición del ángulo de 150° de la Fig. 9 se reconoce la mejor nitidez, en primer lugar, en el paso 82, se representan los optotipos bajo un ángulo de 150° en la visualización 70 de la Fig. 7, o la dirección predominante de la óptica ajustable se alinea, de acuerdo con la manera de proceder de la Fig. 5, bajo un ángulo de 150°. Entonces, en el paso 83, en primer lugar, la óptica se ajusta al efecto positivo máximo y, luego, se ajusta hasta

que también los optotipos más pequeños se reconozcan nítidos por primera vez. Este valor de ajuste se almacena entonces en el paso 84. Entonces, se repiten los pasos 82 a 84, girándose, en comparación con el primer recorrido, bien los optotipos en la visualización 70 o la óptica en  $\pm 90^\circ$ . Por lo tanto, existe la información de capacidad refractaria para los dos cortes principales, a partir de los que se puede calcular la refracción esferocilíndrica.

- 5 En un ejemplo numérico, por ejemplo, para la posición de  $150^\circ$  resulta una capacidad refractaria de -3,0 dioptrías y para la posición de  $60^\circ$  ( $90^\circ$  girados a  $150^\circ$ ) una capacidad refractaria de -1,0 dioptrías. Como refracción esferocilíndrica resulta entonces esfera -1,0, cilindro -2,0 y eje  $60^\circ$  o esfera -3,0, cilindro +2,0 y eje  $150^\circ$ . La esfera refleja, en este caso, el poder refringente perteneciente al eje y el cilindro la diferencia de este poder refringente con respecto al poder refringente que está presente en  $90^\circ$  con respecto al eje.

10

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema, que comprende:
  - una óptica (13; 20) con una capacidad refractaria ajustable,
  - un dispositivo (14; 22) de ajuste de capacidad refractaria para ajustar la capacidad refractaria de la óptica (13; 20) de acuerdo con un valor de ajuste,
  - un programa informático con un código de programa, el cual, cuando se ejecuta en un dispositivo (11) de computación, hace que los optotipos (71A-C) observables a través de la óptica (13; 20) se representen en una visualización (12; 70) y
    - que, en base a valores de ajuste del dispositivo (14; 22) de ajuste de capacidad refractaria, con diferentes orientaciones de la dirección (52) predominante de los optotipos (71A-C) se calculan un primer valor, que indica una capacidad refractaria esférica, un segundo valor, que indica una capacidad refractaria cilíndrica, y un tercer valor, que indica la posición del eje de la capacidad refractaria cilíndrica, teniendo lugar el cálculo en base a dos valores de ajuste con, precisamente, dos diferentes orientaciones de la dirección (52) predominante de los optotipos (71A-C), teniendo lugar el cálculo, adicionalmente, en base a una información acerca de una posición del eje de un ojo, indicando la información acerca de la posición del eje la capacidad refractaria cilíndrica del ojo.
  
2. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado por que los dos valores de ajuste con las precisamente dos diferentes orientaciones de la dirección (52) predominante de los optotipos (71A-C) son precisamente dos valores de ajuste.
  
3. Sistema según la reivindicación 2, comprendiendo las precisamente dos diferentes orientaciones de la dirección (52) predominante de los optotipos (71A-C) una primera orientación a lo largo de la posición del eje del ojo y un segunda orientación, que está girada en 90 ° con respecto a la posición del eje del ojo.
  
4. Sistema según una de las reivindicaciones 1-3, caracterizado por que
  - el código de programa, cuando se ejecuta en un dispositivo (11) de computación, hace que una figura (90) radiada observable a través de la óptica (13; 20) se represente en una visualización (12; 70).
  
5. Sistema según la reivindicación 4, caracterizado por que el código de programa está, además, configurado para, en base a una entrada mediante un usuario, qué dirección de la figura radiada parece más nítida para el usuario, determinar la información acerca de la posición del eje del ojo.
  
6. Sistema, que comprende:
  - una óptica (13; 20) con una capacidad refractaria ajustable, que presenta una dirección (25) predominante de la capacidad refractaria,
  - un dispositivo (14; 22) de ajuste de capacidad refractaria para ajustar la capacidad refractaria de la óptica (13; 20) de acuerdo con un valor de ajuste,
  - un dispositivo (28) de ajuste de orientación para ajustar una orientación de la dirección (25) predominante de la capacidad refractaria,
  - estando el sistema configurado para determinar un primer valor, que indica una capacidad refractaria esférica, un segundo valor, que indica una capacidad refractaria cilíndrica, y un tercer valor, que indica una posición del eje de la capacidad refractaria cilíndrica, en base a valores de ajuste del dispositivo de ajuste de capacidad refractaria y ajustes de la orientación de la dirección predominante de la capacidad refractaria,
  - comprendiendo el sistema un programa informático con un código de programa, el cual, cuando se ejecuta en un dispositivo (11) de computación, hace que se calculen el primer valor, el segundo valor y el tercer valor, en base a dos valores de ajuste del dispositivo (14; 22) de ajuste de capacidad refractaria con precisamente dos diferentes orientaciones de la dirección (25) predominante de la capacidad refractaria y en base a una información acerca de la posición del eje de un ojo, indicando la información acerca de la posición del eje, la posición del eje de la capacidad refractaria cilíndrica del ojo.
  
7. Sistema según la reivindicación 6, caracterizado por que
  - el dispositivo (28) de ajuste de orientación comprende un sensor (17) de posición para medir la orientación de la dirección (25) predominante de la capacidad refractaria.
  
8. Sistema según una de las reivindicaciones 6 a 7, caracterizado por que
  - la capacidad refractaria cilíndrica de la óptica (13; 20) se encuentra entre 0,25 dioptrías y 0,5 dioptrías.
  
9. Procedimiento para determinar la refracción esferocilíndrica de un ojo de un usuario, que comprende:
  - representar optotipos (71A-C) con diferentes orientaciones de una dirección (52) predominante de los optotipos (71A-C)

- determinar respectivos valores de ajuste de una óptica con capacidad refractaria ajustable con las diferentes orientaciones de la dirección (52) predominante de los optotipos (71A-C) observables a través de la óptica,
  - calcular un primer valor, que indica una capacidad refractaria esférica, un segundo valor, que indica una capacidad refractaria cilíndrica, y un tercer valor, que indica una posición del eje de la capacidad refractaria cilíndrica, en base a los respectivos valores de ajuste con diferentes orientaciones de la dirección predominante, teniendo lugar el cálculo en base a dos de los valores de ajuste con precisamente dos diferentes orientaciones de la dirección predominante de los optotipos y una información acerca de una posición del eje de un ojo, indicando la información acerca de la posición del eje, la posición del eje de la capacidad refractaria cilíndrica del ojo.
- 5
10. Procedimiento según la reivindicación 9, comprendiendo las precisamente dos diferentes orientaciones de la dirección (52) predominante de los optotipos (71A-C), una primera orientación a lo largo de la posición del eje del ojo y una segunda orientación, que está girada en  $90^\circ$  con respecto a la posición del eje del ojo.
- 10
11. Procedimiento para determinar la refracción esferocilíndrica de un ojo de un usuario, que comprende:
- determinar al menos dos valores de ajuste de una capacidad refractaria de una óptica con una dirección predominante de la capacidad refractaria con diferentes orientaciones de la dirección predominante de la capacidad refractaria,
  - calcular un primer valor, que indica una capacidad refractaria esférica, un segundo valor, que indica una capacidad refractaria cilíndrica, y un tercer valor, que indica una posición del eje de la capacidad refractaria cilíndrica, en base a los al menos dos valores de ajuste, teniendo lugar el cálculo en base a dos de los valores de ajuste con, precisamente, dos diferentes orientaciones de la dirección predominante de la capacidad refractaria,
- 15
- 20 el cálculo tiene lugar, adicionalmente, en base a una información acerca de una posición del eje de un ojo, indicando la información acerca de la posición del eje, la posición del eje de la capacidad refractaria cilíndrica del ojo.
- 20
12. Programa informático con un código de programa que, cuando se ejecuta en un procesador, hace que se realice el procedimiento según una de las reivindicaciones 9-11 por medio de con correspondiente sistema según una de las reivindicaciones 1-8.
- 25

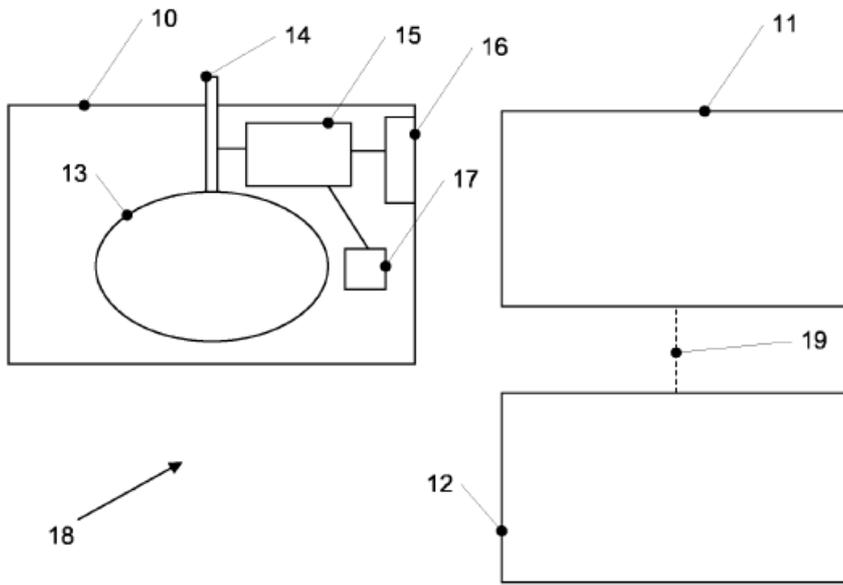


Fig. 1

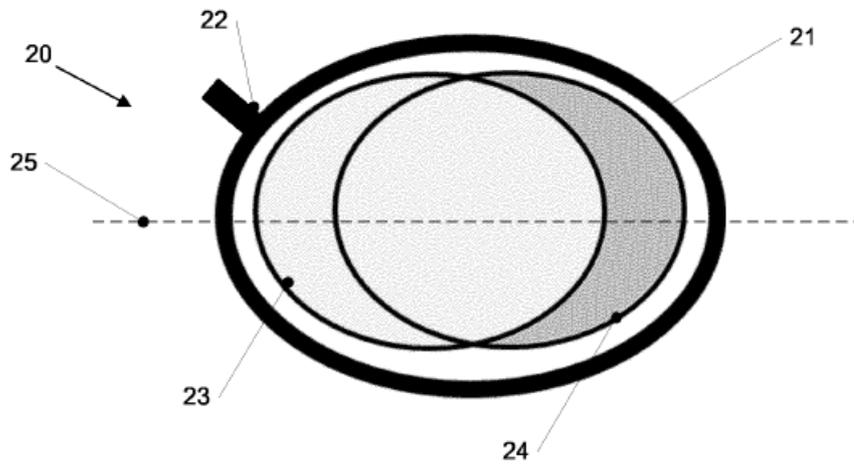


Fig. 2A

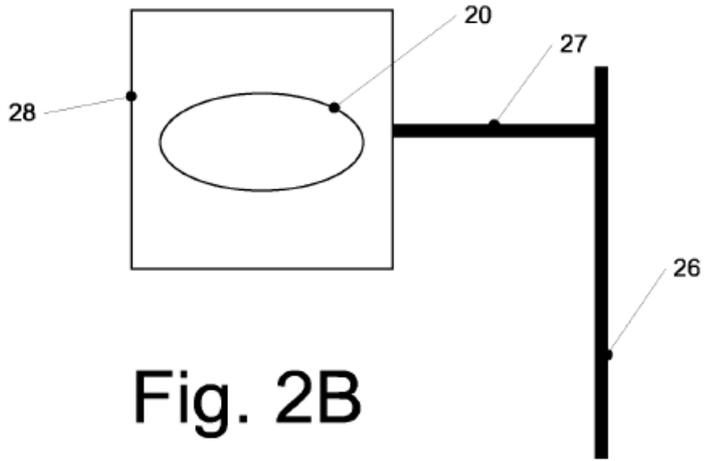


Fig. 2B

3/1

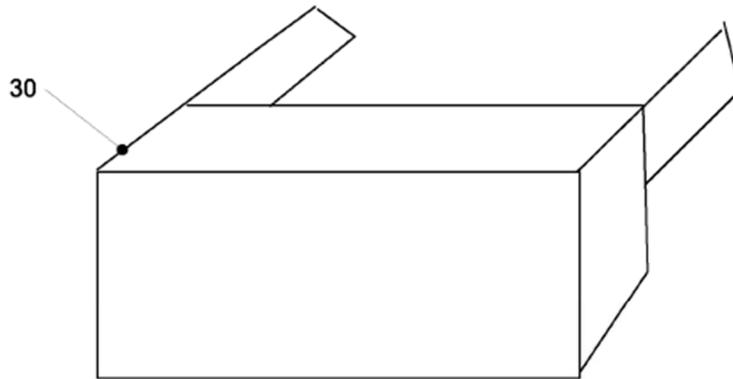


Fig. 3

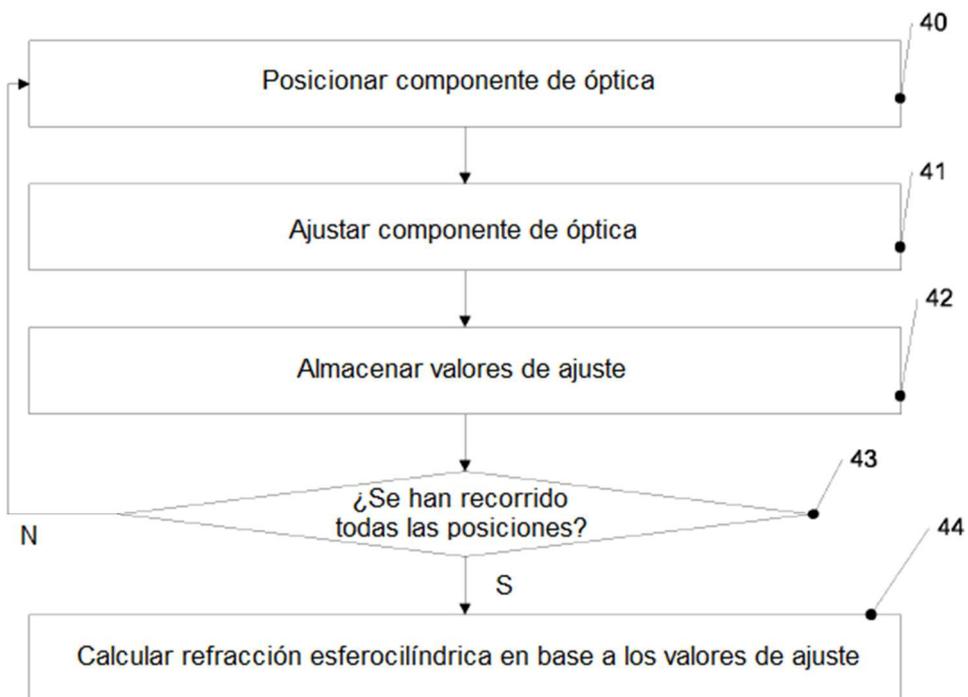


Fig. 4

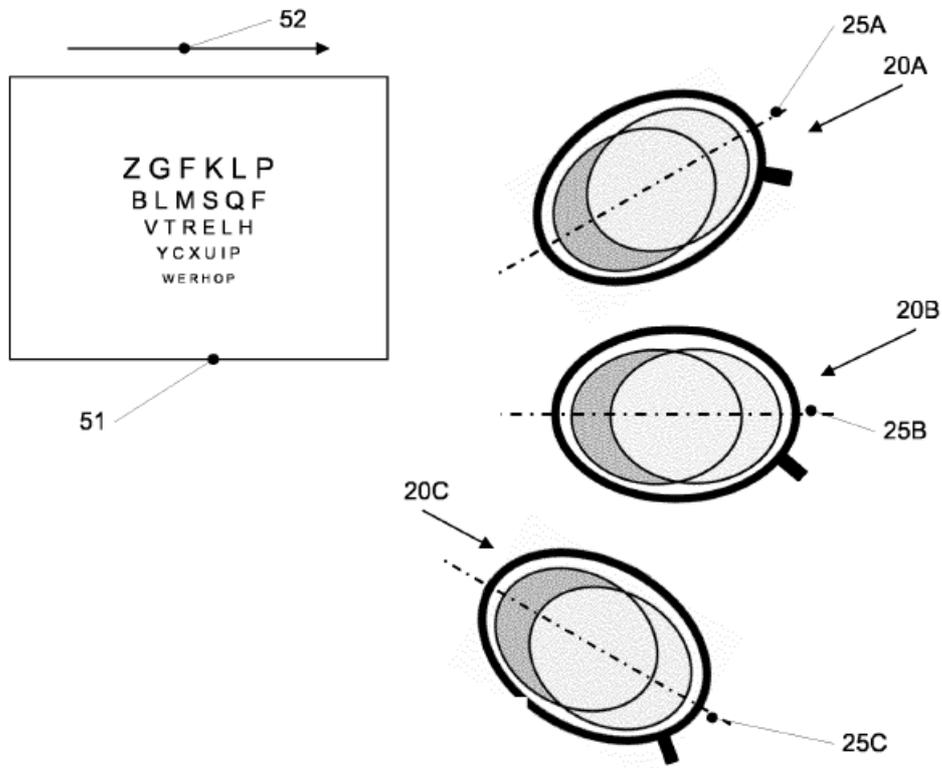


Fig. 5

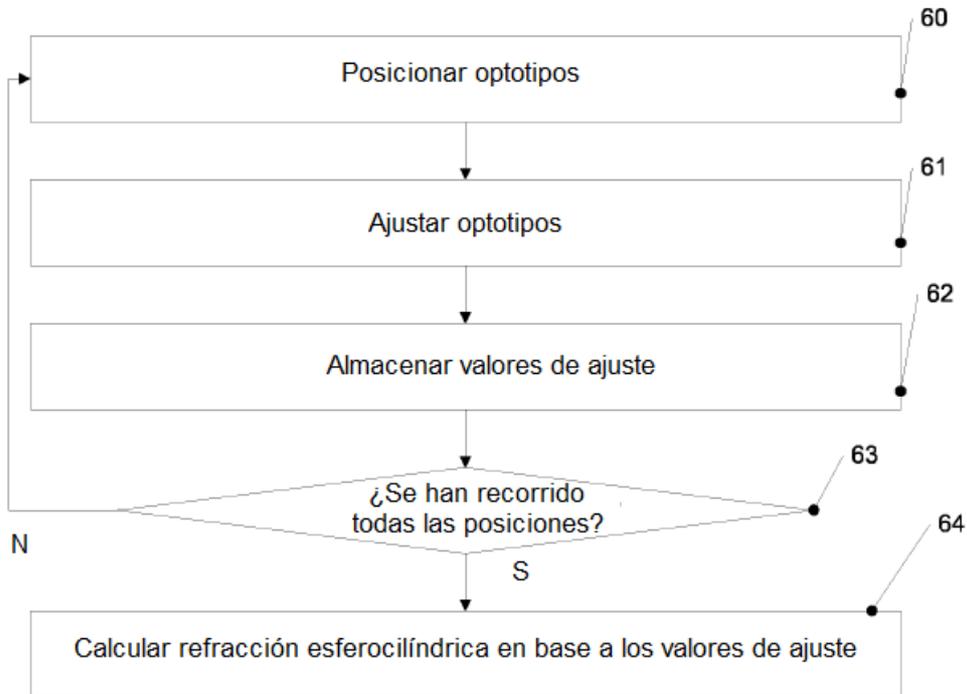


Fig. 6

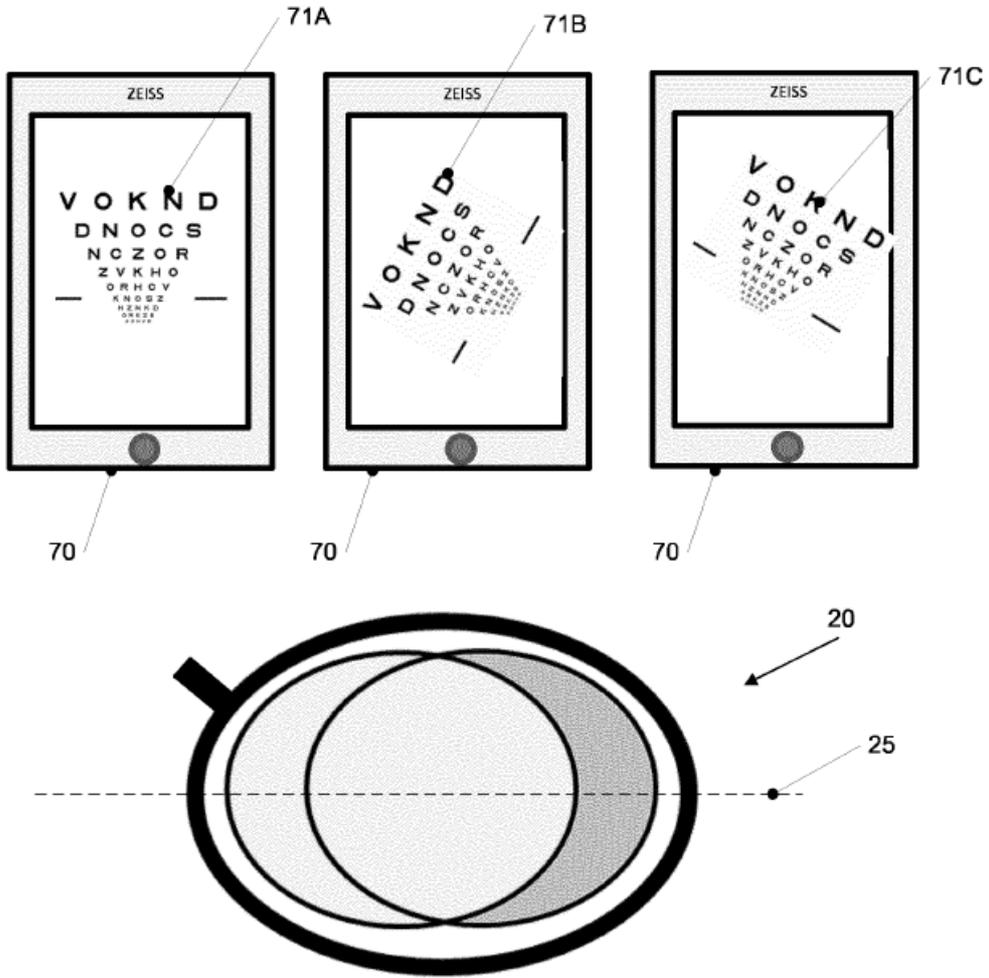


Fig. 7

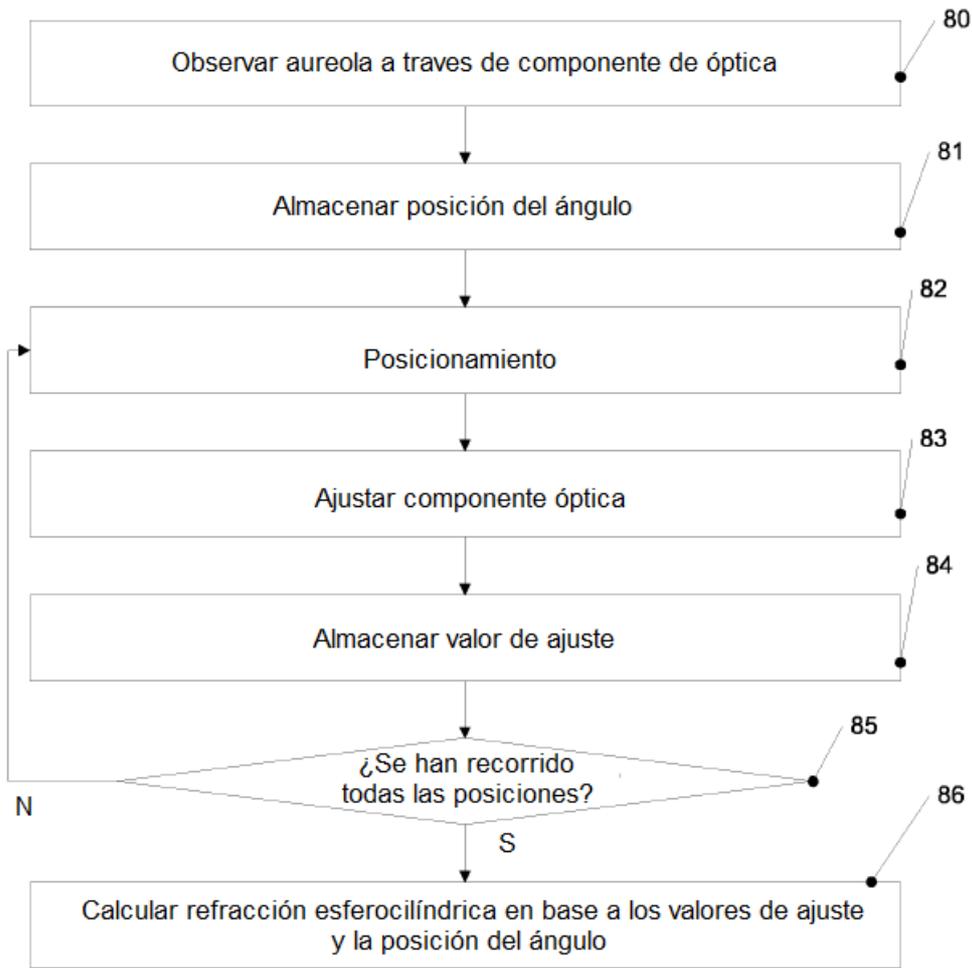


Fig. 8

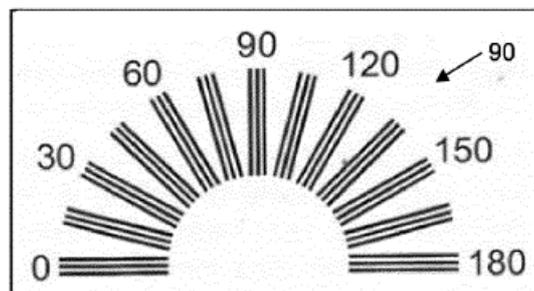


Fig. 9