

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 805 625**

51 Int. Cl.:

**A61B 3/113** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.02.2010** E 17175172 (0)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2020** EP 3235422

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para determinar la posición del centro de rotación del ojo**

30 Prioridad:

**26.02.2009 DE 102009010467**

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

**15.02.2021**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KRATZER, TIMO;  
CABEZA-GUILLÉN, JESÚS-MIGUEL y  
KELCH, GERHARD**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 805 625 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

Procedimiento y dispositivo para determinar la posición del centro de rotación del ojo

5 La invención se refiere a un procedimiento para determinar la posición del centro de rotación del ojo según el preámbulo de la reivindicación 1.

La invención se refiere además a un dispositivo y un programa informático para la realización del procedimiento mencionado anteriormente.

10 Para la optimización de cristales para gafas, en particular de lentes progresivas individualizadas, se conoce tener en cuenta diferentes parámetros del sistema ojo/gafas. Estos parámetros son por ejemplo la distancia interpupilar PD, la distancia al vértice corneal HSA, el ángulo pantoscópico  $\alpha$  del cristal para gafas, los ángulos envolventes  $\alpha_R$ ,  $\alpha_L$  para el cristal para gafas derecho e izquierdo así como la posición del centro de rotación óptico o mecánico del ojo Z', M.

15 Por lentes progresivas individualizadas se entienden lentes progresivas, en las que se tiene en cuenta al menos un parámetro de uso individualizado para el cálculo del cristal para gafas y que se obtienen mediante la tecnología Freeform, como se describe por ejemplo en la revista óptica alemana DOZ 4 + 5/2000 de W. Grimm y G. Kelch en el artículo "Gradal® Individual: Konzeption, Fertigung und Anpassung", en el documento EP 857 993 B1 y/o el documento EP 562 336 B1.

20 En el caso de cristales para gafas no individualizados, estos parámetros se identifican a partir de medias estadísticas de una muestra representativa de la población. Por el contrario, en el caso de cristales de gafas individualizados, los parámetros se miden individualmente en el respectivo usuario de las gafas, por ejemplo con denominados sistemas de videocentrado, tal como se producen y comercializan por el solicitante bajo las denominaciones de tipo "i.Terminal" y "Relaxed Vision Terminal". Sin embargo, estos sistemas de videocentrado hasta la fecha no permiten optimizar el cristal para gafas con ayuda de la posición del centro de rotación del ojo de una manera suficientemente exacta.

25 Cuando se quiere tener en cuenta la posición del centro de rotación del ojo, de manera conocida puede deducirse a partir de la longitud del ojo a través de la esfera media del cristal para gafas prescrito. Sin embargo, en este caso, se hacen muchas suposiciones que no coinciden con las circunstancias reales en una medida suficiente.

30 La relación entre la longitud del ojo y la esfera del cristal para gafas prescrito a menudo se asume de manera simplificada como lineal. Sin embargo, esto no ocurre en la realidad, porque tanto la curvatura de la córnea como el cristalino así como la longitud del ojo aumentan parcialmente de manera muy independiente entre sí o se desarrollan de manera diferente.

35 En general es suficiente considerar el centro de rotación del ojo como centro de rotación puntiforme dentro del ojo. Sin embargo, de manera muy general la invención comprende también una región del centro de rotación del ojo extendida, en general aproximadamente esférica. Para la descripción de la invención y del estado de la técnica se parte a continuación por motivos de simplicidad de un centro de rotación del ojo puntiforme, siempre que no se mencione lo contrario.

40 Habitualmente al prescribir unas gafas se procede de tal manera que los cristales para gafas se prescriben y se centran basándose en una refracción subjetiva así como en una medición por videocentrado.

45 A este respecto, resulta desventajoso que no haya ninguna referenciación entre la determinación de la refracción y el centrado, porque ambas operaciones se realizan con aparatos diferentes. Cuando la refracción se determina por ejemplo con un foróptero, puede ocurrir que el foróptero esté inclinado con un primer ángulo con respecto a la línea que une los dos centros pupilares del ojo. Además puede suceder que la montura seleccionada esté girada con respecto a esta línea con un segundo ángulo. En el caso más desfavorable los dos ángulos pueden sumarse, lo que puede llevar a una discrepancia de varios grados angulares en los ejes de los cilindros entre la prescripción y la corrección realizada de las gafas acabadas.

50 Por el documento WO 2006/106248 A1 se conocen un procedimiento y un dispositivo para determinar la posición del centro de rotación del ojo. En este procedimiento conocido, un sujeto de prueba mira en un aparato de tipo telescópico. La orientación del aparato en el espacio se determina mediante un sensor de funcionamiento tridimensional, que se encuentra en el aparato. El sujeto de prueba porta en su cabeza un sensor adicional de este tipo, que determina la posición y orientación de su cabeza. En el aparato, en el lado alejado del sujeto de prueba, se encuentra una fuente de luz, que emite un rayo de luz a lo largo de un eje óptico. Entre la fuente de luz y el ojo del sujeto de prueba se encuentran dos rejillas con marcas centrales. Ahora el sujeto de prueba mueve el aparato hasta que el rayo de luz y las dos marcas coinciden. A partir de los datos de posición identificados a este respecto para el aparato y la cabeza se calcula la posición del eje visual en el espacio. Entonces se repite la operación varias veces en diferentes direcciones visuales, de modo que se determinan varios ejes visuales. Su centro de rotación se calcula entonces como la posición del centro de rotación del ojo.

65

Este modo de proceder conocido tiene la desventaja de que requiere una inversión considerable en aparatos independientes. Además, la precisión de medición depende del comportamiento subjetivo del sujeto de prueba.

5 Por el documento EP 0 825 826 A1 se conocen un procedimiento y un dispositivo para el registro paralelo de información visual. Para determinar la posición del centro de rotación del ojo, en este modo de proceder conocido con una orientación y posición fijas de la cabeza del sujeto de prueba al menos para dos puntos de fijación conocidos, fijados sucesivamente por los ojos, se realiza una determinación de las líneas de fijación. Los puntos de fijación son dos puntos de marcaje que pueden unirse de manera firme con el soporte de cámaras y sensores para determinar la posición de las pupilas. Entonces el centro de rotación del ojo se encuentra en el punto de intersección de las líneas de fijación definidas por los puntos de fijación.  
10

Por el documento EP 1 154 302 A1 se deduce igualmente un procedimiento para determinar el centro de rotación del ojo a partir del punto de intersección de las líneas de fijación para diferentes direcciones visuales.

15 El documento WO 02/09025 A1 describe un procedimiento para determinar el centro de rotación del ojo teniendo en cuenta la determinación de la posición 2D para el iris/centro de la pupila. El documento WO 02/09025 A1 no tiene en cuenta la forma de la pupila y/o del limbo y/o del iris y/u otros componentes biométricos del ojo con al menos dos direcciones visuales para determinar la posición del centro de rotación del ojo.

20 La invención se basa en el objetivo de poner a disposición otros procedimientos y dispositivos para determinar la posición del centro de rotación del ojo. La longitud del ojo es la longitud geométrica del ojo entre el vértice corneal y la fovea. Por posición del centro de rotación del ojo se entiende de manera muy general el lugar del centro de rotación óptico del ojo. Como centro de rotación óptico del ojo (abreviado Z') se supone por ejemplo según la norma DIN 5340-43 el punto de intersección de la perpendicular desde el centro de rotación mecánico del ojo con la línea de fijación prolongada al interior del ojo al mirar en línea recta hacia un punto alejado en el infinito con una posición no forzada de la cabeza y el cuerpo. El centro de rotación mecánico del ojo (abreviado M) es, por ejemplo según la norma DIN  
25 5340 - 42, aquel punto en el ojo, que menos se desplaza con los movimientos oculares.

El objetivo en el que se basa la invención se alcanza mediante un procedimiento tal como se define en la reivindicación 1 y mediante un dispositivo tal como se define en la reivindicación 14. El dispositivo de registro puede ser por ejemplo una unidad de centrado o una cámara digital. El dispositivo de identificación y el dispositivo de determinación del centro de rotación del ojo pueden estar implementados por ejemplo en conjunto en forma de un ordenador personal habitual en el mercado.  
30

35 Así se alcanza en su totalidad el objetivo en el que se basa la invención.

El procedimiento según la invención se caracteriza por que la posición del centro de rotación del ojo todavía puede determinarse de manera más exacta que de lo habitual. De este modo es posible una optimización aún mejor en particular de lentes progresivas individualizadas, cuando se tiene en cuenta la posición del centro de rotación del ojo para el cálculo y la obtención de la topografía de superficie de las lentes progresivas individualizadas.  
40

Mediante el procedimiento según la invención es posible alcanzar la optimización aún mejor mencionada anteriormente por medio de sólo una ligera modificación de los sistemas conocidos.

45 Adicionalmente a la forma del componente característico del ojo también puede registrarse su posición y tenerse en cuenta para la identificación del eje característico del ojo.

En el procedimiento el componente característico del ojo puede comprender por ejemplo la pupila y/o el limbo y/o el iris. Estos componentes característicos del ojo pueden detectarse a simple vista y por tanto pueden identificarse de manera unívoca y sencilla tanto por un usuario como por un sistema de registro automático. Por tanto se descarta en gran medida una interpretación errónea.  
50

En lugar de los componentes del ojo característicos indicados anteriormente de la pupila, el limbo y/o el iris evidentemente también pueden utilizarse otros componentes característicos para el ojo (en particular biométricos), como por ejemplo venas o zonas de color diferente. En casos individuales, este tipo de estructuras pueden ser incluso preferibles, por ejemplo cuando se trata de la falta de invariabilidad de la estructura con respecto a las rotaciones.  
55

La posición y/o la forma del componente característico del ojo pueden registrarse, por ejemplo, mediante un sistema fotográfico calibrado. Por sistema fotográfico calibrado se entiende un sistema fotográfico que puede utilizarse para registrar parámetros tridimensionales del sistema cabeza-ojo. El uso de un sistema de este tipo tiene la ventaja de que así puede realizarse una medición con una precisión suficiente.  
60

Como sistema fotográfico calibrado puede utilizarse por ejemplo un sistema de videocentrado calibrado. Un sistema de videocentrado sin calibración es en general sólo una cámara digital y por tanto inútil para la medición de los parámetros de uso.  
65

5 El al menos un eje característico, cuya posición se identifica para las dos direcciones visuales a partir de la respectiva posición y/o de la respectiva forma del componente característico del ojo con las dos direcciones visuales, puede comprender por ejemplo la línea de fijación y/o el eje visual y/o el eje óptico. Los tres componentes característicos pueden registrarse por ejemplo con el procedimiento mencionado anteriormente mediante operaciones de cálculo sencillas a partir de los datos registrados anteriormente.

En este procedimiento la determinación de la posición del centro de rotación del ojo puede comprender una determinación del lugar de intersección de los ejes característicos del ojo.

10 Este procedimiento puede comprender por ejemplo las etapas siguientes:

a) registrar el componente característico del ojo e identificar su centro geométrico así como la normal en el plano del componente característico en el centro en una primera dirección visual del sujeto de prueba;

15 b) registrar el componente característico del ojo e identificar su centro geométrico así como la normal en el plano del componente característico en el centro en una segunda dirección visual diferente de la primera dirección visual del sujeto de prueba; y

20 c) determinar la posición del centro de rotación del ojo a partir de los vectores de dirección de las normales identificadas en las etapas a) y b).

En vez del lugar de intersección de un eje característico con diferentes direcciones visuales también pueden identificarse dos ejes característicos y la posición del centro de rotación del ojo puede determinarse como un punto de intersección de los dos ejes característicos.

25 En vez del lugar de intersección de dos ejes característicos también pueden identificarse más de dos ejes característicos y la posición del centro de rotación del ojo puede determinarse como centro de un volumen esférico encerrado tangencialmente por los ejes característicos.

30 Un procedimiento para optimizar un cristal para gafas individualizado para un ojo de un sujeto de prueba, en el que se identifica la posición del centro de rotación del ojo y se utiliza como parámetro de entrada, puede emplearse para determinar la posición del centro de rotación del ojo en el ojo del sujeto de prueba del procedimiento descrito anteriormente.

35 Un programa informático con código de programa puede estar configurado para la realización del procedimiento descrito anteriormente, cuando el programa se ejecuta en un ordenador. El programa informático puede estar almacenado por ejemplo en un soporte de datos legible por máquina.

A partir de la descripción y el dibujo adjunto se deducirán ventajas adicionales.

40 Se entiende que las características mencionadas anteriormente y que todavía se explicarán más abajo pueden utilizarse no sólo en la combinación indicada en cada caso sino también en otras combinaciones o de manera individual sin apartarse del alcance de la presente invención.

45 En el dibujo se representan ejemplos de realización de la invención y se explicarán en más detalle en la siguiente descripción. Muestran:

la figura 1, una primera vista lateral esquemática de un ojo rotado hacia arriba para explicar diferentes direcciones visuales y centros de rotación y la posición del centro de rotación del ojo;

50 la figura 2, una segunda vista lateral esquemática de un ojo dirigido en línea recta con un cristal para gafas colocado delante para explicar otros parámetros del ojo;

la figura 3, una vista anterior de un ojo para explicar determinadas zonas del ojo;

55 la figura 4, un dispositivo para determinar la posición del centro de rotación del ojo según la invención.

En las figuras 1 y 2, 10 designa un ojo. El ojo 10 tiene un cuerpo vítreo 12, una córnea 14, un iris 16, una pupila 17 así como un cristalino 18.

60 Cuando el ojo 10 realiza un movimiento de rotación, entonces esto no ocurre exactamente con respecto a un centro de rotación en el espacio. Más bien sólo existe una zona aproximadamente esférica en la que se encuentran los centros de rotación momentáneos. El punto que experimenta la menor variación de posición con los movimientos del ojo se denomina centro de rotación mecánico del ojo M (compárese con la norma DIN 5340 - 42).

65

Con GL se designa el eje visual (línea visual). Según la norma DIN 5340 - 360 es la recta de unión entre un punto de objeto fijo y el punto de imagen conjugado con el mismo en el centro de la fovea central 11.

5 Con FL se designa la línea de fijación (línea de mira). Según la norma DIN 5340 - 159 es la recta de unión entre el punto de objeto representado de manera central y el centro de la pupila de entrada 17.

OA designa el eje óptico.

10 Con Z' se designa el centro de rotación óptico del ojo. Según la norma DIN 5340 - 43 es el punto de corte de la perpendicular del centro de rotación mecánico del ojo M en la línea de fijación FL.

El ángulo entre el eje óptico OA y la línea de fijación FL se designa con  $\gamma$  en la figura 1. Aquí, el ángulo  $\gamma$  no sólo está dibujado en un plano, sino que también simboliza un ángulo sólido arriba/abajo y a la derecha/izquierda.

15 En la figura 2 un cristal para gafas 20 está dispuesto delante del ojo 10. El cristal para gafas tiene una superficie trasera 22 en el lado dirigido hacia el ojo 10. La distancia de la superficie trasera 22 con respecto al ápice corneal 15 medida en la dirección visual en perpendicular al plano de la montura se designa distancia al vértice corneal HSA (compárese con la norma DIN EN ISO 13666 - 5.27). La distancia del vértice corneal 15 con respecto al centro de rotación óptico del ojo Z' indica la posición del centro de rotación del ojo ADL con respecto al ápice corneal 15.

20 La posición del centro de rotación del ojo ADL es un parámetro importante en el cálculo del cristal para gafas 20. El cristal para gafas 20 se optimiza siempre de tal modo que para cada dirección visual del ojo 10 presente las propiedades óptimas para la formación de imágenes.

25 La figura 3 muestra una vista anterior del ojo 10. En el iris 17 se reconoce una estructura característica así como al lado del iris 17 en la esclerótica 24 una estructura de pequeños vasos sanguíneos.

**Ejemplo de realización:**

30 Según un ejemplo de realización de un procedimiento según la invención es posible registrar la forma y dado el caso la posición de un componente característico del ojo con al menos dos direcciones visuales y a partir de aquí, a su vez, identificar la posición de al menos un eje característico del ojo para estas dos direcciones visuales y mediante este/estos eje(s) característico(s) del ojo determinar la posición del centro de rotación del ojo para las dos direcciones visuales.

35 La posición del centro de rotación del ojo determinada de este modo puede utilizarse entonces como parámetro de entrada en el cálculo de un cristal para gafas optimizado individualmente.

40 La primera variante según la invención en combinación con la segunda variante, concretamente la determinación de la posición del centro de rotación del ojo a partir de la posición de un componente característico del ojo, se obtiene de la siguiente manera:

45 Se indica al sujeto de prueba que mire un determinado objetivo de fijación. Se realiza un registro del ojo para esta dirección visual con ayuda de un sistema fotográfico calibrado. Un sistema fotográfico calibrado de este tipo puede ser un sistema de videocentrado, como el comercializado por el solicitante con las denominaciones de RVT e i.Terminal. Para este fin el sistema de videocentrado sólo tiene que emplearse de tal modo que pueda registrar imágenes del ojo 10 en diferentes direcciones visuales. El número de referencia 131 en la figura 4 indica un registro de un sistema de videocentrado de este tipo para la dirección visual en línea recta.

50 A continuación se le pide al sujeto de prueba que mire un objetivo de fijación en otra dirección visual. Se realiza un nuevo registro del ojo para esta segunda dirección visual con ayuda del sistema fotográfico calibrado. El número de referencia 132 en la figura 4 indica un registro del sistema de videocentrado para la dirección visual lateralmente. Entonces, a partir de estos registros se identifica la posición del componente característico del ojo, como por ejemplo de la pupila (en particular del centro de la pupila), del iris, del limbo, de un vaso sanguíneo o similar, por ejemplo por medio de un ordenador 133. Desde el conocimiento de las diferentes direcciones visuales  $\gamma$ , es decir, de conocer el respectivo punto de fijación, y la respectiva posición del componente característico del ojo obtenido en los registros es posible identificar en cada caso ejes característicos del ojo, como por ejemplo la línea de fijación FL, y/o el eje visual GL y/o el eje óptico OA para las diferentes direcciones visuales  $\gamma$ . Éstos sirven entonces para identificar la posición del centro de rotación del ojo ADL.

60 En concreto, por ejemplo en una primera etapa 2a) se hace un registro de la posición de la pupila 17 y del centro de la pupila, mirando el sujeto de prueba por ejemplo en línea recta. A partir de aquí se identifica la normal al plano de la pupila en el centro de la pupila y con ello una primera dirección visual  $\gamma_1$ .

En una segunda etapa 2b) se hace un registro de la posición de la pupila 17 y del centro de la pupila, mirando ahora el sujeto de prueba lateralmente. A partir de aquí, a su vez, se identifica la normal al plano de la pupila en el centro de la pupila y con ello una segunda dirección visual  $\gamma_2$ .

5 Ahora, en una tercera etapa 2c) a partir de las dos direcciones visuales  $\gamma_1$  y  $\gamma_2$  diferentes se identifica el centro de rotación del ojo Z', es decir, la posición del centro de rotación del ojo ADL, como punto de intersección de los dos vectores normales.

10 Con registros de más de dos direcciones visuales  $\gamma$  también puede determinarse la región extendida, en general aproximadamente esférica ya mencionada, en la que se encuentran los centros de rotación del ojo momentáneos.

A continuación se describirá la segunda variante, concretamente la determinación de la posición del centro de rotación del ojo a partir de la forma de un componente característico del ojo:

15 Como en la variante anterior se realiza el registro del ojo para diferentes direcciones visuales  $\gamma$  con ayuda de un sistema fotográfico calibrado. Entonces, a partir de los registros se identifica la forma del componente característico del ojo, como por ejemplo de la pupila, del iris, de los vasos sanguíneos o similares. A partir de estas formas pueden deducirse los ejes característicos. A diferencia de la variante descrita anteriormente, en esta variante del procedimiento no es necesario conocer los diferentes objetivos de fijación con las diferentes direcciones visuales  $\gamma$ . Los ejes sirven entonces a su vez para identificar la posición del centro de rotación del ojo.

20 Por consiguiente, la posición del centro de rotación del ojo se determina a partir de una transformación matemática en el ojo 10 con una dirección visual  $\gamma$  diferente y para la transformación matemática se utiliza un sistema fotográfico calibrado.

25 Lista de símbolos de referencia

10	ojo
30	11 fóvea central
	12 cuerpo vítreo
	13 plano de la retina
35	14 córnea
	15 vértice corneal
40	16 iris
	17 pupila
	18 cristalino
45	19 limbo
	20 cristal para gafas
50	22 superficie trasera
	24 esclerótica
	130 dispositivo para determinar la posición del centro de rotación del ojo
55	131 aparato de centrado de vídeo (registro 1)
	132 aparato de centrado de vídeo (registro 2)
60	133 ordenador
	ADL posición del centro de rotación del ojo
	HA punto principal del ojo en el lado del objeto
65	

## ES 2 805 625 T3

	HSA	distancia al vértice corneal
	FL	línea de fijación
5	GL	eje visual
	LA	longitud del ojo
	M	centro de rotación mecánico del ojo
10	OA	eje óptico
	Z'	centro de rotación óptico del ojo
15	x, y, z	coordenadas espaciales
	$\gamma$	ángulo, dirección visual

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para determinar la posición del centro de rotación del ojo (ADL) con respecto al vértice corneal en un ojo (10) de un sujeto de prueba, caracterizado por las etapas de:
- 10 a) registrar la forma de un componente característico del ojo (10) mediante un dispositivo de registro (131, 132), con al menos dos direcciones visuales ( $\gamma$ );
- 15 b) identificar la posición de al menos un eje característico (OA, FL, GL) del ojo (10) para las dos direcciones visuales ( $\gamma$ ) a partir de la forma del componente característico del ojo (10) registrada en cada caso con las dos direcciones visuales ( $\gamma$ );
- 20 c) determinar la posición del centro de rotación del ojo (ADL) a partir de la posición del eje característico (OA, FL, GL) del ojo (10) para las dos direcciones visuales ( $\gamma$ );
- 25 realizándose las etapas b) y c) por medio de un ordenador.
- 30 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que la etapa a) comprende un registro de la posición del componente característico del ojo (10) con las al menos dos direcciones visuales ( $\gamma$ ) y por que la etapa b) comprende identificar la posición del al menos un eje característico (OA, FL, GL) del ojo (10) para las dos direcciones visuales ( $\gamma$ ) a partir de la posición del componente característico del ojo (10).
- 35 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el componente característico del ojo (10) comprende la pupila y/o el limbo y/o el iris.
- 40 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se registran la posición y la forma del componente característico del ojo (10) mediante un sistema fotográfico calibrado.
- 45 5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado por que como sistema fotográfico calibrado se utiliza un sistema de videocentrado.
- 50 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el al menos un eje característico comprende la línea de fijación (FL) y/o el eje visual (SA) y/o el eje óptico (OA).
- 55 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la determinación de la posición del centro de rotación del ojo (ADL) comprende una determinación del lugar de intersección (Z') de los ejes característicos (OA; GL; FL) del ojo (10).
- 60 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por las etapas de:
- a) registrar el componente característico (17) del ojo (10) e identificar su centro geométrico así como la normal en el plano del componente característico en el centro en una primera dirección visual del sujeto de prueba;
- b) registrar el componente característico (17) del ojo (10) e identificar su centro geométrico así como la normal en el plano del componente característico en el centro en una segunda dirección visual diferente de la primera dirección visual del sujeto de prueba;
- c) determinar la posición del centro de rotación del ojo (ADL) a partir de los vectores de dirección de las normales identificadas en las etapas a) y b).
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 7 u 8, caracterizado por que se identifican dos ejes característicos y se determina la posición del centro de rotación del ojo (ADL) como punto de intersección de los dos ejes característicos.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 7 u 8, caracterizado por que se identifican más de dos ejes característicos y la posición del centro de rotación del ojo (ADL) se determina como centro de un volumen esférico encerrado tangencialmente por los ejes característicos.
11. Procedimiento para optimizar un cristal para gafas (20) individualizado para un ojo (10) de un sujeto de prueba, en el que se identifica la posición del centro de rotación del ojo (ADL) y se utiliza como parámetro de entrada, caracterizado por que para determinar la posición del centro de rotación del ojo (ADL) en el ojo (10) del sujeto de prueba se utiliza un procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores.

12. Programa informático con un código de programa configurado para la realización del procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, cuando el programa se ejecuta en un ordenador, que controla un dispositivo según la reivindicación 14.

5 13. Programa informático según la reivindicación 12, almacenado en un soporte de datos legible por máquina.

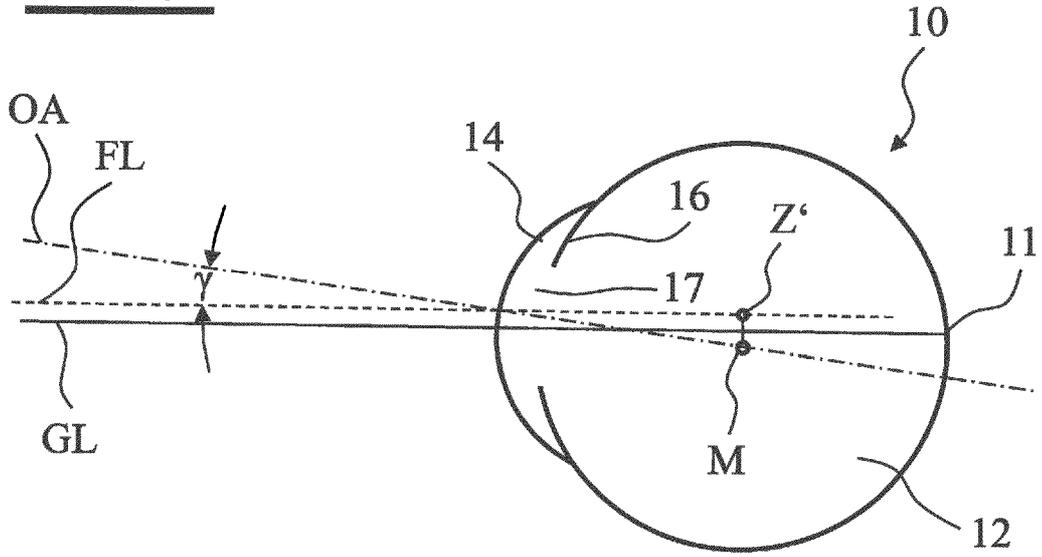
14. Dispositivo (130) para determinar la posición del centro de rotación del ojo (ADL) con respecto al vértice corneal en un ojo (10) de un sujeto de prueba, caracterizado por:

10 a) un dispositivo de registro (131, 132) para registrar la forma de un componente característico del ojo (10) con al menos dos direcciones visuales ( $\gamma$ );

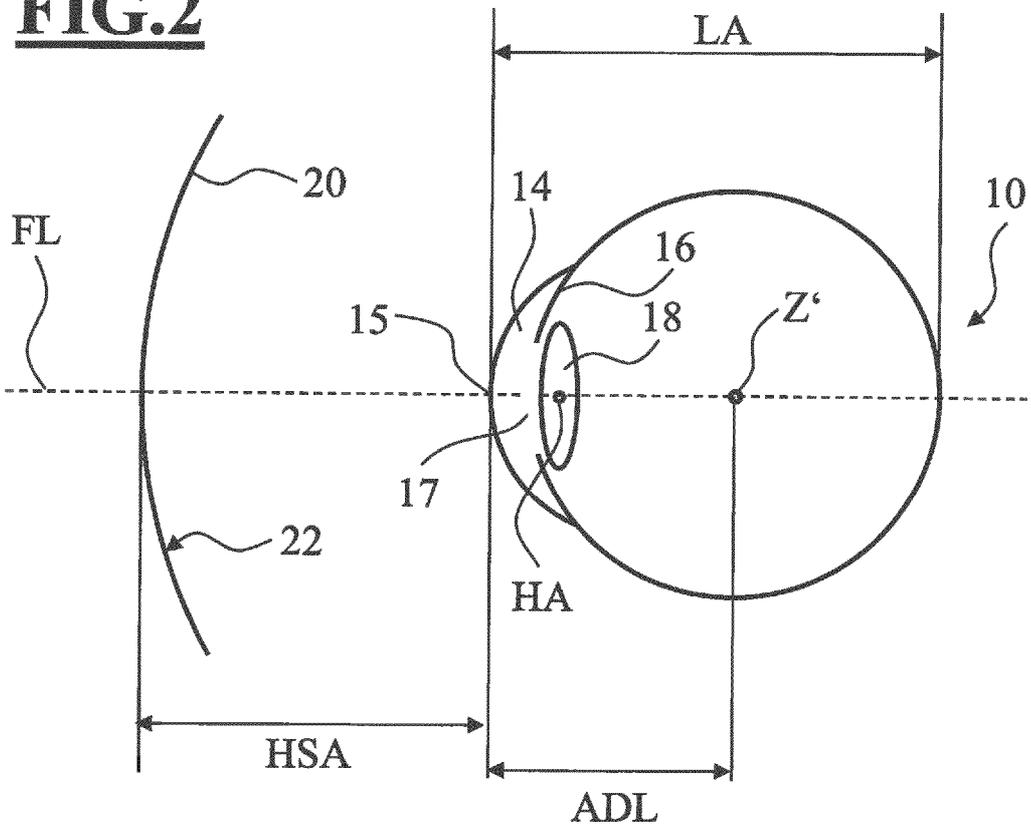
15 b) un dispositivo de identificación (133) para identificar la posición de al menos un eje característico (OA, FL, GL) del ojo (10) para las dos direcciones visuales ( $\gamma$ ) a partir de la forma registrada en cada caso del componente característico del ojo (10) con las dos direcciones visuales;

c) un dispositivo de determinación (133) para determinar la posición del centro de rotación del ojo (ADL) a partir de la posición del eje característico (OA, FL, GL) del ojo (10) para las dos direcciones visuales ( $\gamma$ ).

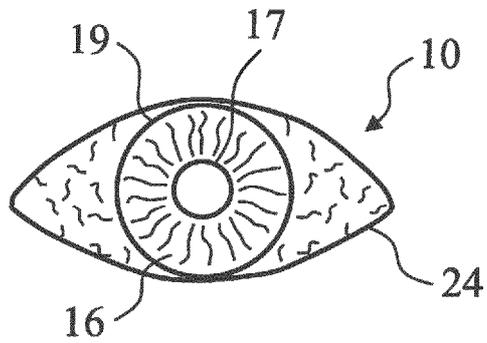
**FIG.1**



**FIG.2**



**FIG.3**



7/8

**FIG. 4**

