

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 497 503**

51 Int. Cl.:

G01M 11/02 (2006.01)

G01B 11/255 (2006.01)

B24B 13/005 (2006.01)

G02C 13/00 (2006.01)

B24B 49/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.11.2009 E 09290855 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.06.2014 EP 2194367**

54 Título: **Dispositivo y método para medir una característica geométrica de la curvatura de una lente oftálmica**

30 Prioridad:

02.12.2008 FR 0806761

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

23.09.2014

73 Titular/es:

ESSILOR INTERNATIONAL (COMPAGNIE GÉNÉRALE D'OPTIQUE) (100.0%)

**147, rue de Paris
94220 Charenton-le-Pont, FR**

72 Inventor/es:

**BOUTINON, STÉPHANE y
PINAULT, PHILIPPE**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 497 503 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

Dispositivo y método para medir una característica geométrica de la curvatura de una lente oftálmica

DOMINIO TÉCNICO AL QUE SE REFIERE EL INVENTO

5 El presente invento se refiere al campo de la metrología óptica, y recae más particularmente sobre un dispositivo para determinar al menos una característica geométrica relativa a la curvatura de una lente oftálmica.

Este dispositivo puede ser integrado ventajosamente en los aparatos utilizados por los ópticos para realizar el montaje de las lentes oftálmicas en una montura de gafas, tales como los aparatos de lectura de contorno de montura o de lentes de presentación o los aparatos de centrado óptico y de bloqueo de una lente oftálmica.

ANTECEDENTES TECNOLÓGICOS

10 El conocimiento de la curvatura de una lente oftálmica es importante para realizar el montaje de esta lente oftálmica en una montura de gafas. Esta información es utilizada principalmente para realizar diferentes etapas de este montaje, como el centrado de la lente oftálmica en la montura, la gestión de los ciclos de palpado de la lente oftálmica, la perforación o el achafianado de la lente oftálmica, la medida de la potencia de esta lente oftálmica y la corrección prismática (que corrige los efectos prismáticos del cristal).

15 Puede resultar igualmente importante verificar la compatibilidad entre la curvatura de la lente oftálmica y la curvatura de la montura sobre la que está destinada a ser montada o analizar la diferencia de curvatura entre las lentes oftálmica izquierda y derecha de un mismo par de gafas.

Finalmente, esta información permite al óptico verificar a la recepción de una lente pedida u ordenada que la curvatura de la lente recibida corresponde correctamente a la curvatura deseada.

20 Actualmente, la curvatura de la lente oftálmica es medida gracias a un aparato dedicado llamado esferómetro. El principio de tal esferómetro está descrito, por ejemplo, en el documento US2052153. Esta medición impone, sin embargo, una manipulación bastante larga de la lente oftálmica, lo que aumenta los riesgos de dañarla. Necesita más utilización de un aparato dedicado. Finalmente, la utilización de tal esferómetro da una medida de la curvatura poco reproducible, pues la precisión del valor de la curvatura medida depende del posicionamiento del esferómetro sobre la lente oftálmica, y en particular de una inclinación transversal del esferómetro con respecto a la lente oftálmica durante la medición.

25 Existen igualmente aparatos de medición, por ejemplo aparatos de lectura de contorno o de centrado, que integran un esferómetro, tal como el producto comercializado bajo la marca «Opera Scan» por la Sociedad Indo. Sin embargo, estos aparatos de medición presentan una concepción compleja y necesitan una manipulación específica de la lente oftálmica.

30 Se conoce igualmente a partir del documento EP1605241 un dispositivo adaptado para la determinación de la curvatura de una lente conforme al preámbulo de la reivindicación 1.

OBJETO DEL INVENTO

El objeto del presente invento es proponer un dispositivo simple y de bajo coste que permita la determinación automática de la curvatura de una lente oftálmica después de un tiempo de manipulación reducido y con una precisión aceptable, sin contacto con la lente oftálmica y por lo tanto sin riesgo de dañarla.

35 A este efecto, se ha propuesto según el invento un dispositivo según la reivindicación 1.

El dispositivo según el invento puede así, ventajosamente, ser integrado en un aparato de lectura del contorno de la lente oftálmica o en un aparato de centrado y proporciona de forma automática, sin contacto con ella, una medición precisa de la curvatura de la lente oftálmica mediante una manipulación simple y rápida. Los riesgos de daño de la lente oftálmica durante esta medición son así reducidos.

40 Una primera característica ventajosa del dispositivo según el invento está definida por la reivindicación 2. La pantalla de proyección permite visualizar ventajosamente las sombras producidas por la marca o referencia iluminada bajo al menos dos direcciones de iluminación diferentes. Los medios de adquisición realizan entonces, por ejemplo, simplemente una o varias capturas de imagen de esta pantalla de proyección.

45 Un modo de realización ventajoso está definido por las reivindicaciones 3 y 4. Dos fuentes luminosas puntuales permiten iluminar de manera simple y poco costosa dicha lente oftálmica bajo dos direcciones de iluminación diferentes. La colimación de cada fuente permite ventajosamente alejarla al infinito desde el punto de vista óptico: después de su colimación, cada una de las dos fuentes es equivalente a una fuente que emite un haz de luz paralelo según una dirección dada. Cada una de las dos fuentes ilumina entonces la marca de la lente bajo una dirección de iluminación única. Esta etapa será descrita de forma más detallada ulteriormente.

50 Otro modo de realización ventajoso está definido por la reivindicación 5. La fuente luminosa que presenta una extensión

importante, ilumina la marca de la lente oftálmica bajo diferentes direcciones de iluminación.

Otra característica ventajosa del dispositivo según el invento está definida por la reivindicación 6. La precisión de la medida así obtenida de la curvatura de la lente oftálmica es mejorada.

5 Otra característica ventajosa del dispositivo según el invento, está definida por la reivindicación 7. El dispositivo realiza, por ejemplo, directamente la comparación del valor de la curvatura de la lente oftálmica medida con su valor anunciado por el fabricante, pedido por el óptico, o con un valor predeterminado en función de la montura elegida por el portador. El óptico puede así asegurar que la lente oftálmica podrá ser montada en la montura elegida teniendo en cuenta, por ejemplo, la flexibilidad de ésta.

10 Otra característica ventajosa del dispositivo según el invento, está definida por la reivindicación 8. El umbral predeterminado puede, en particular, ser determinado en función del material de la montura. Así, si el valor de la curvatura de la lente oftálmica medida es, por ejemplo, incompatible con un montaje sobre la montura elegida, el óptico es alertado automáticamente.

El invento se refiere igualmente a un procedimiento según la reivindicación 9.

Tal procedimiento es puesto en práctica de forma simple y no requiere sino poca manipulación de la lente oftálmica.

15 Una primera característica ventajosa del procedimiento según el invento está definida por la reivindicación 10. Las posiciones de las sombras producidas sobre la pantalla de proyección son determinadas de forma precisa por tratamiento de imagen y permiten una determinación rápida y precisa del valor de la curvatura de la lente oftálmica.

Diferentes variantes de ejecución están definidas por las reivindicaciones 11 a 13.

20 Gracias al modo de puesta en práctica de la reivindicación 11, el óptico no tiene más que colocar una sola marca, de manera simple y rápida.

Gracias al modo de puesta en práctica de la reivindicación 13, el óptico puede elegir las marcas de forma aleatoria sin preocuparse de su posición relativa o de su posición sobre la lente.

25 Además, el óptico puede entonces utilizar marcas integradas en la lente oftálmica, como por ejemplo las marcas llamadas de montaje de las lentes oftálmicas progresivas previstas sobre la lente para señalar su marca óptica. No es, entonces, necesario añadir otras marcas sobre la lente oftálmica.

Otra característica ventajosa del procedimiento según el invento, está definida por la reivindicación 14. El óptico es informado de forma rápida y automática de un problema de incoherencia del valor de la curvatura de la lente oftálmica medida con su valor esperado o con el valor de la curvatura de una lente aceptable para una montura dada.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE UN EJEMPLO DE REALIZACIÓN

30 La descripción siguiente, con referencia a los dibujos adjuntos, dada a título de ejemplo no limitativo, hará comprender mejor en qué consiste el invento y cómo puede ser realizado.

En los dibujos adjuntos:

La fig. 1 es una vista esquemática de perfil del dispositivo según el invento,

La fig. 2 es una vista esquemática despiezada ordenadamente desde arriba de una parte del dispositivo de la fig. 1.

35 Como muestra la fig. 1, el dispositivo 100 para medir al menos una característica geométrica relativa a la curvatura de una lente oftálmica según el invento incluye aquí un soporte 20 que acoge una lente oftálmica 50.

Este soporte 20 está aquí formado por una placa transparente y suficientemente fina para que los rayos luminosos que la atraviesan sean desviados solo un poco. Está realizada, por ejemplo, de vidrio o de un material plástico transparente.

40 Aquí, la lente oftálmica 50 es colocada directamente sobre el soporte 20. Alternativamente, se puede prever un trípode intermedio que descansa sobre dicho soporte y que acoge a la lente oftálmica.

Este soporte puede, igualmente, estar provisto de motivos serigrafiados o incluir motivos que se pueden activar o que se pueden desactivar. Puede tratarse en este último caso de una pantalla de tipo LCD o equivalente. La presencia de estos motivos permite medir las características de potencia, de centrado y/o de posición del eje de dicha lente oftálmica, como se ha descrito por ejemplo en el documento FR2878979 o en su equivalente US2007273870.

45 La lente oftálmica 50 está provista de al menos una marca 51, 52, 53.

En el ejemplo representado en la fig. 1, está provista en su cara delantera 55 de tres marcas 51, 52, 53 alineadas según uno de sus meridianos.

Estas marcas 51, 52, 53 son aquí marcas provisionales realizadas, por ejemplo, mediante una marca de pintura o mediante pegado de pastillas sobre la cara delantera 55 de dicha lente oftálmica 50.

Alternativamente, puede considerarse colocar las marcas sobre la cara trasera 56 de la lente 50.

5 Alternativamente, las marcas de la lente oftálmica pueden ser marcas permanentes realizadas, por ejemplo, mediante el grabado de la lente oftálmica. Tales marcas están, por ejemplo, ya integradas en la lente oftálmica para señalar zonas o puntos ópticamente notables, por ejemplo, el centro óptico de la lente oftálmica. Es igualmente posible, por ejemplo, explotar las marcas permanentes de la lente oftálmica utilizadas para las medidas en el frontofocómetro.

El contorno 54 (véase la fig. 2) de la lente oftálmica 50, o las líneas de demarcación entre dos zonas focales diferentes pueden ser, igualmente, utilizados como marcas permanentes de esta lente oftálmica 50.

10 Por el lado del soporte 20 que acoge a la lente oftálmica 50, el dispositivo 100 incluye medios de iluminación 10 de la lente oftálmica 50 según al menos dos direcciones de iluminación diferentes.

Estos medios de iluminación 10 incluyen aquí dos fuentes luminosas 11, 12 puntuales, por ejemplo dos diodos electroluminiscentes. Están situados, preferiblemente, en un plano paralelo al soporte 20 de la lente oftálmica 50.

15 Una primera 11 de las dos fuentes luminosas 11, 12 ilumina, preferiblemente, la lente oftálmica 50 según una dirección paralela al eje óptico de esta lente.

Estas dos fuentes luminosas 11, 12 son preferiblemente colimadas.

20 Para ello, se utiliza, por ejemplo, una lente de colimación 13 que se posiciona de manera que las dos fuentes luminosas 11, 12 se encuentran en el plano focal P de esta lente de colimación 13. En estas condiciones, los rayos luminosos emitidos por cada fuente luminosa 11, 12 y que atraviesan la lente de colimación 13 emergen según una dirección que no depende más que de la posición de cada fuente luminosa 11, 12 con relación al eje óptico de la lente de colimación 13. Todos los rayos luminosos emitidos por una misma fuente luminosa 11, 12 emergen, por lo tanto, según una misma dirección para formar un haz luminoso paralelo.

Las fuentes luminosas 11, 12 así colimadas son equivalentes a fuentes luminosas puntuales colocadas infinitamente lejos de la lente oftálmica 50 a iluminar.

25 El dispositivo 100 incluye igualmente, por el otro lado del soporte 20, medios de adquisición y de análisis 70 de la luz transmitida por dicha lente oftálmica, que comprenden aquí una cámara 40 asociada a una calculadora 60.

La calculadora 60 consiste en este caso en particular en una tarjeta electrónica concebida y programada para ejecutar las funciones descritas a continuación.

30 Una pantalla de proyección 30 translúcida, realizada por ejemplo de vidrio deslustrado, es colocada entre el soporte 20 y la cámara 40. Esta pantalla de proyección 30 es plana y está, preferiblemente, posicionada a una distancia bastante pequeña del soporte 20, por ejemplo a una distancia inferior o igual a 50 milímetros. Está dispuesta paralelamente al soporte 20 de la lente oftálmica 50.

Alternativamente, se puede considerar que la pantalla de proyección 30 presenta una superficie curvada.

35 Como se ha representado esquemáticamente en la fig. 2, cuando la lente oftálmica 50 es iluminada por cada una de las dos fuentes luminosas 11, 12, una sombra 30A, 30B de esta lente oftálmica 50 es proyectada sobre la pantalla 30. Esta sombra 30A, 30B producida por la lente oftálmica 50 incluye una sombra 31A, 32A, 33A, 31B, 32B, 33B de cada marca 51, 52, 53 de la lente oftálmica 50. Incluye, igualmente, una sombra 34A, 34B del contorno 54 de la lente oftálmica 50.

40 Los medios de adquisición y de análisis 70 de la luz transmitida por la lente oftálmica 50 están adaptados para identificar las sombras 31A, 32A, 33A, 31B, 32B, 33B de las marcas 51, 52, 53 proyectadas sobre la pantalla 30 y para deducir posiciones de estas sombras 31A, 32A, 33A, 31B, 32B, 33B un valor medido de una característica geométrica relativa a la curvatura de la lente oftálmica 50.

Para ello, imágenes de la pantalla de proyección 30 capturadas por la cámara 40 son tratadas por la calculadora 60, como se ha expuesto a continuación.

45 Alternativamente, la cámara puede capturar directamente la sombra producida por la lente oftálmica, por ejemplo, gracias a un captador de gran tamaño o mediante un dispositivo que incluye una pluralidad de pequeños captadores del tipo captador de CCD que forman una regleta que barre una superficie de adquisición. Esta regleta de captadores es, por ejemplo desplazada en traslación sobre esta superficie de adquisición. La sombra de la lente oftálmica proyectada sobre la superficie de adquisición barrida por la regleta de captadores es entonces directamente capturada.

50 Según un procedimiento de medición de acuerdo con el invento, la calculadora 60 manda la iluminación de cada fuente luminosa 11, 12 para iluminar la lente oftálmica 50 provista de sus marcas 51, 52, 53 según dos direcciones de

iluminación diferentes.

5 Como se ha representado esquemáticamente en la fig. 2, las sombras 31A, 32A, 33A proyectadas sobre la pantalla 30 de las marcas 51, 52, 53 iluminadas por la primera fuente luminosa 11 (líneas continuas) están desplazadas con respecto a las sombras 31B, 32B, 33B de las marcas 51, 52, 53 iluminadas por la segunda fuente luminosa 12 (líneas discontinuas). Igualmente, las sombras 34A, 34B, proyectadas sobre la pantalla de proyección 30, del contorno 54 de la lente oftálmica 50 iluminada por cada una de las fuentes luminosas 11, 12 están desplazadas una con respecto a la otra.

La calculadora 60 manda la captura de las imágenes de la pantalla de proyección 30 iluminada alternativamente por cada una de las dos fuentes luminosas 11, 12.

10 Una primera imagen de esta pantalla de proyección 30 es capturada cuando la primera fuente luminosa 11 está encendida y la segunda fuente luminosa 12 está apagada: incluye, por lo tanto, las imágenes de las sombras 31A, 32A, 33A proyectadas por la primera fuente luminosa 11. La segunda imagen de la pantalla de proyección 30 es capturada cuando la primera fuente luminosa 12 está apagada y la segunda fuente luminosa 11 está encendida: incluye, por lo tanto, las imágenes de las sombras 31B, 32B, 33B proyectadas por la segunda fuente luminosa 12.

15 Un única sombra 31A, 32A, 33A, 31B, 32B, 33B de cada marca 51, 52, 53 está entonces presente en cada imagen capturada, y la posición de cada sombra 31A, 32A, 33A, 31B, 32B, 33B puede ser determinada de forma muy precisa.

Alternativamente, puede preverse igualmente que la calculadora 60 manda la captura de una sola imagen de la pantalla de proyección 30 que incluye las sombras de las marcas 51, 52, 53 proyectadas por las dos fuentes luminosas 11, 12 cuando son encendidas juntas.

20 A continuación, la calculadora 60 determina la posición de las sombras 31A, 32A, 33A, 31B, 32B, 33B de las marcas 51, 52, 53 sobre cada imagen capturada por tratamiento de estas imágenes.

Para realizar este tratamiento de imagen, la calculadora 60 efectúa previamente una etapa de determinación del ángulo A1 existente entre las dos direcciones de iluminación de la lente oftálmica 50.

Este ángulo A1 es determinado, por ejemplo, mediante cálculo a partir de la posición relativa de las dos fuentes luminosas 11, 12 y de la distancia focal de la lente de colimación 13.

25 Al estar las dos fuentes luminosas 11, 12 espaciadas en una distancia D en el plano focal F de la lente de colimación 13, y al ser igual a f la distancia focal de esta lente de colimación, el ángulo A1 es entonces determinado aplicando la fórmula siguiente: $A1 = \text{atan}(D/f)$ (dónde atan representa la función inversa de la función tangente).

30 Alternativamente, para determinar el ángulo A1, un operador posiciona a una distancia L conocida de la pantalla de proyección 30 un motivo opaco puntual. La calculadora manda la iluminación de este motivo según cada de las dos direcciones de iluminación así como la captura de dos imágenes de la pantalla de proyección 30 que incluye la sombra producida por este motivo según cada dirección de iluminación. La calculadora determina, a continuación por tratamiento de estas dos imágenes, como se ha explicado de forma más detallada a continuación, las coordenadas (X, Y) en el plano de la pantalla de proyección 30 de cada sombra producida por dicho motivo, y calcula la distancia E entre ellas. El ángulo A1 es entonces obtenido aplicando la fórmula siguiente: $A1 = \text{atan}(E/L)$.

35 El ángulo A1 es preferiblemente superior o igual a 5 grados.

Cada imagen es registrada por ejemplo con ayuda de un captador CCD. Alternativamente puede ser registrada con cualquier tipo de captador, y a continuación digitalizada.

40 Cada imagen se presenta en forma de una matriz de píxeles de coordenadas conocidas en el plano de la imagen, incluyendo cada píxel una información sobre la intensidad luminosa recibida por el captador sobre un elemento de superficie de base de este captador.

El tratamiento de una imagen capturada para determinar las coordenadas (Xi, Yi) con $i = 1A, 2A, 3A, 1B, 2B, 3B$ de las sombras 31A, 32A, 33A, 31B, 32B, 33B producidas por cada marca 51, 52, 53 de la lente oftálmica 50, o por el motivo utilizado para el calibrado en el plano de la pantalla de proyección 30, se hace, por ejemplo, según las etapas siguientes. El plano de la pantalla de proyección 30 es identificado al plano de la imagen.

45 La calculadora 60 suprime primero los píxeles cuya intensidad luminosa es superior a un valor de umbral predeterminado. Son así eliminadas las zonas de la imagen iluminadas directamente por una de las fuentes luminosas 11, 12 y que no incluyen por lo tanto la sombra 31A, 32A, 33A, 31B, 32B, 33B de una marca 51, 52, 53 de la lente oftálmica 50. Los conjuntos de píxeles retenidos presentan una baja intensidad que indica la presencia de una sombra sobre la pantalla de proyección 30.

50 La calculadora 60 determina a continuación la forma de estos conjuntos de píxeles retenidos y selecciona de entre ellos los que presentan una forma correspondiente a la forma esperada de las sombras de las marcas 51, 52, 53 de la lente oftálmica 50.

Aquí, las marcas 51, 52, 53 presentan una forma puntual, y sus sombras 31A, 32A, 33A, 31B, 32B, 33B presentan, por consiguiente, una forma circular o elíptica.

5 La calculadora 60 determina las coordenadas (X_{Gi}, Y_{Gi}) del baricentro de cada conjunto de píxeles seleccionado, y las identifica a las coordenadas (X_i, Y_i) de cada sombra 31A, 32A, 33A, 31B, 32B, 33B en el plano de la pantalla de proyección 30. Estas coordenadas (X_i, Y_i) dan la posición de cada sombra 31A, 32A, 33A, 31B, 32B, 33B en el plano de la pantalla de proyección 30.

Alternativamente, para marcas de forma no puntual, como por ejemplo las marcas de las lentes progresivas o del frontofocómetro, o el contorno de la lente oftálmica o de las pastillas pegadas, la calculadora selecciona los conjuntos de píxeles no circulares que presentan la forma esperada de las sombras producidas por estas marcas de forma no puntual.

10 La calculadora 60 determina entonces la distancia E₁, E₂, E₃ entre las dos sombras 51A, 51B, 52A, 52B, 53A, 53B de una misma marca 51, 52, 53 iluminada bajo las dos direcciones de iluminación.

15 Verifica igualmente que dos conjuntos de píxeles identificados como las sombras 31A, 31B, 32A, 32B, 33A, 33B producidas por una misma marca 51, 52, 53 sobre cada imagen capturada corresponden bien a esta misma marca 51, 52, 53 verificando que esta distancia E₁, E₂, E₃ entre las dos sombras 51A, 51B, 52A, 52B, 53A, 53B de una misma marca 51, 52, 53 es inferior a un valor de umbral predeterminado. La calculadora 60 verifica igualmente que estos dos conjuntos de píxeles presentan formas similares. Tal calculadora 60 se ha descrito en el libro «Tratamiento de Imagen Digital» («Digital Image Processing») escrito por W.K. Pratt, publicado por Wiley-intersciences en 2001 (3ª edición), en el capítulo 18.2.

20 La calculadora 60 calcula la altura Z₁, Z₂, Z₃ entre cada marca 51, 52, 53 y la pantalla 30 que es igual a la distancia E₁, E₂, E₃ entre las dos sombras 51A, 51B, 52A, 52B, 53A, 53B de esta marca 51, 52, 53 dividida por la tangente del ángulo A₁ entre las dos direcciones de iluminación.

Es decir: $Z_r = E_r / \tan(A_1)$, con $r = 1, 2, 3$.

Conociendo la altura Z₁, Z₂, Z₃ de las marcas 51, 52, 53 de la lente oftálmica 50, la calculadora 60 deduce de ella al menos dicha característica geométrica de la lente oftálmica 50 relativa a su curvatura.

25 Para ello, la calculadora 60 determina el radio de curvatura R_{av} de la cara delantera 55 de dicha lente oftálmica 50 suponiendo que la geometría de esta cara delantera 55 sigue un modelo predeterminado, por ejemplo que presente una forma esférica.

30 La curvatura B_{av} de la cara delantera 55 de la lente oftálmica 50 puede entonces ser obtenida a partir de este radio de curvatura R_{av}, gracias a la fórmula $B_{av} = (n-1) / R_{av}$, donde n es el índice de refracción de referencia. El índice de refracción n de la lente oftálmica 50 es, por ejemplo, igual a 1,53 o 1,523.

35 Según un primer modo de puesta en práctica, la lente oftálmica 50 está provista de dichas tres marcas 51, 52, 53 alineadas según un meridiano de la lente oftálmica 50. Al presentar aquí la cara delantera 55 de la lente oftálmica 50 una forma esférica, estas tres marcas 51, 52, 53 están situadas sobre una esfera de radio igual al radio de curvatura R_{av} de la cara delantera 55 de la lente oftálmica 50 y de centro C que tiene por coordenadas (X_C, Y_C, Z_C). Las coordenadas (X₁, Y₁, Z₁), (X₂, Y₂, Z₂) y (X₃, Y₃, Z₃) de las marcas 51, 52, 53 verifican, por lo tanto, las ecuaciones siguientes:

$$(X_1 - X_C)^2 + (Y_1 - Y_C)^2 + (Z_1 - Z_C)^2 = R_{av}^2$$

$$(X_2 - X_C)^2 + (Y_2 - Y_C)^2 + (Z_2 - Z_C)^2 = R_{av}^2$$

$$(X_3 - X_C)^2 + (Y_3 - Y_C)^2 + (Z_3 - Z_C)^2 = R_{av}^2$$

40 Además, al estar las tres marcas 51, 52, 53 alineadas sobre un meridiano, sus coordenadas en el plano de la pantalla de proyección 30 verifican igualmente la ecuación siguiente:

$$(X_1 - X_2)(Y_2 - Y_3) - (Y_1 - Y_2)(X_2 - X_3) = 0.$$

45 Para determinar el radio de curvatura R_{av} de la cara delantera 55 de la lente oftálmica 50, la calculadora 60 soluciona este sistema de cuatro ecuaciones con cuatro incógnitas, lo que permite calcular las coordenadas X_C, Y_C, Z_C del centro de la esfera, así como su radio de curvatura R_{av}. Deduce de ello a continuación la curvatura B_{av} de la cara delantera 55 de la lente oftálmica 50.

En una variante, la lente puede estar provista de un número diferente de marcas.

Por ejemplo, según un segundo modo de realización de dicho procedimiento, la cara delantera de la lente oftálmica está provista de una marca única. Esta está dispuesta entonces en la proximidad de su parte superior o del centro de su contorno.

Las coordenadas (Xa, Ya, Za) de esta marca, y por lo tanto de la parte superior de la lente oftálmica, son determinadas por la calculadora de acuerdo con el método expuesto precedentemente.

Siendo conocida por construcción la altura ZS del soporte de esta lente oftálmica con respecto a la pantalla de proyección, para una lente oftálmica cuyo contorno es de forma circular con un radio RL, como en el caso de una lente oftálmica de presentación, el radio de curvatura Rav de la cara delantera de esta lente oftálmica verifica la ecuación siguiente:

$$[\text{Rav} - (\text{Za} - \text{ZS})]^2 + \text{RL}^2 = \text{Rav}^2.$$

El radio de curvatura Rav de la cara delantera de esta lente oftálmica es calculado por la calculadora según la fórmula siguiente:

$$\text{Rav} = [(\text{Za} - \text{ZS})^2 + \text{RL}^2] / (\text{Za} - \text{ZS}).$$

Según un tercer modo de realización de dicho procedimiento, la cara delantera de la lente está provista de dos marca cuyas coordenadas son denominadas (Xa, Ya, Za) y (Xb, Yb, Zb), una de las dos marcas está dispuesta en la parte superior de la lente oftálmica y la otra en una posición cualquiera.

Las coordenadas (Xa, Ya, Za) y (Xb, Yb, Zb) de estas dos marcas son determinadas por la calculadora según el método precedente. La calculadora calcula, a continuación, el radio de curvatura Rav de la cara delantera de la lente oftálmica esférica según la fórmula siguiente:

$$\text{Rav} = [(\text{Za} - \text{Zb})^2 + (\text{Xa} - \text{Xb})^2 + (\text{Ya} - \text{Yb})^2] / (\text{Za} - \text{Zb}).$$

Según un cuarto modo de realización de dicho procedimiento, la cara delantera de la lente oftálmica está provista de cuatro marcas cualesquiera no alineadas. Las coordenadas (X1, Y1, Z1), (X2, Y2, Z2), (X3, Y3, Z3) y (X4, Y4, Z4) de estas marcas verifican entonces el sistema de cuatro ecuaciones con cuatro incógnitas según:

$$(X1 - \text{XC})^2 + (Y1 - \text{YC})^2 + (Z1 - \text{ZC})^2 = \text{Rav}^2$$

$$(X2 - \text{XC})^2 + (Y2 - \text{YC})^2 + (Z2 - \text{ZC})^2 = \text{Rav}^2$$

$$(X3 - \text{XC})^2 + (Y3 - \text{YC})^2 + (Z3 - \text{ZC})^2 = \text{Rav}^2$$

$$(X4 - \text{XC})^2 + (Y4 - \text{YC})^2 + (Z4 - \text{ZC})^2 = \text{Rav}^2.$$

Resolviendo este sistema, la calculadora determina las coordenadas (XC, YC, ZC) del centro de la esfera que pasa por la cara delantera de la lente oftálmica así como su radio Rav que es el radio de curvatura de esta cara delantera.

Finalmente, según un quinto modo de realización de dicho procedimiento, la cara delantera de la lente oftálmica está provista de más de cuatro marcas. La calculadora puede entonces tener en cuenta un modelo de superficie más adaptado a la cara delantera 55 de la lente oftálmica, por ejemplo, un modelo esférico-cilíndrico. La curvatura de la cara delantera de la lente oftálmica es entonces determinada de manera más precisa.

Preferiblemente, la calculadora 60 está además adaptada para calcular el valor medido de la curvatura de la cara delantera de la lente oftálmica 50 según los cinco modos de realización descritos previamente teniendo además en cuenta la potencia focal de ésta.

En efecto, la potencia focal de la lente oftálmica 50, también llamada potencia esférica o potencia de refracción induce una desviación prismática local de los rayos luminosos que la atraviesan, que puede deformar y/o desplazar la sombra 31A, 32A, 33A, 31B, 32B, 33B de cada marca 51, 52, 53.

Para una lente oftálmica 50 de potencia focal positiva por ejemplo, la sombra 31A, 32A, 33A, 31B, 32B, 33B de una marca 51, 52, 53 dada estará más próxima al eje óptico de la lente oftálmica 50 que la marca 51, 52, 53 correspondiente. Si por el contrario, la lente oftálmica 50 presenta una potencia focal negativa, esta sombra estará más alejada del eje óptico de la lente oftálmica 50. Este desfase o desplazamiento aumenta con la potencia focal de la lente oftálmica 50 y la distancia entre la marca 51, 52, 53 y el eje óptico de esta lente oftálmica 50.

Para tener en cuenta este desfase, las coordenadas (Xi, Yi, Zi) calculadas de cada marca 51, 52, 53 son corregidas por la calculadora 60 en función de la desviación prismática local de los rayos luminosos que pasan por cada marca 51, 52, 53, como se ha descrito en el documento WO2005/093495 o su equivalente US2007146687.

En el caso del primer modo de realización del procedimiento, en la hipótesis de una lente oftálmica unifocal de geometría esférico-cilíndrica, las tres marcas 51, 52, 53 están situadas sobre el mismo meridiano, y siendo FM la distancia focal de esta lente oftálmica según este meridiano, igual a la inversa de la potencia focal de esta lente oftálmica según este meridiano, las coordenadas corregidas (Si, Ti, Ui) con i = 1A, 2A, 3A, 1B, 2B, 3B de cada sombra 31A, 32A, 33A, 31B, 32B, 33B son calculadas según las fórmulas siguientes:

$$S_i = X_i * FM / (FM - Z_i)$$

$$T_i = Y_i * FM / (FM - Z_i)$$

$$U_i = Z_i.$$

En este ejemplo, el centro óptico de la lente oftálmica 50 presenta coordenadas nulas.

- 5 La calculadora 60 determina el radio de curvatura R_{av} y por lo tanto la curvatura B_{av} de la cara delantera 55 de la lente oftálmica 50 según el primer modo de realización del procedimiento descrito previamente, con una mejor precisión, pues las coordenadas de las sombras 31A, 32A, 33A, 31B, 32B, 33B son más precisas.

10 En el caso de los otros modos de realización del procedimiento, en los que la lente oftálmica está provista de varias marcas no alineadas sobre un mismo meridiano, la calculadora 60 determina las coordenadas corregidas de cada una de estas marcas gracias a las fórmulas precedentes en las que la distancia focal FM de la lente oftálmica según el meridiano que pasa por las tres marcas cuando éstas están alineadas es reemplazada por la distancia focal F_{Mi} de la lente oftálmica a lo largo del meridiano que pasa por la marca correspondiente.

15 La distancia focal F_{Mi} de la lente oftálmica según uno de los meridianos considerados puede ser determinada automáticamente por medio de una medición óptica, por ejemplo con la ayuda de una matriz de motivos presente en el soporte de la lente oftálmica, como se ha descrito en el documento FR2878979 o en su equivalente US2007273870, escogida manualmente u obtenida a través de una base de datos.

En una variante, con el fin de corregir la desviación prismática local por la lente oftálmica 50 de los rayos luminosos que pasan por cada marca 51, 52, 53, la calculadora 60 puede realizar las etapas siguientes. Están descritas aquí en el caso del primer modo de realización del procedimiento.

- 20 La calculadora 60 modela la cara delantera 55 de la lente oftálmica 50 por una superficie S1 esférica cuyo radio de curvatura R_{av} corresponde al radio de curvatura R_{av} determinado por el primer modo de realización del procedimiento descrito precedentemente. La cara trasera 56 es modelada por una superficie S2 esférico-cilíndrica cuyo radio de curvatura está indicado como R_{ar} .

25 Estas dos superficies S1, S2 están separadas por un espesor EC en el centro de la lente oftálmica 50. Ésta está realizada en un material de índice n. Los parámetros EC y n de este modelo de la lente oftálmica 50 pueden ser determinados automáticamente por medio de una medición óptica, escogidos manualmente por el óptico u obtenidos a través de una base de datos.

30 La potencia focal P_{verre} de esta lente oftálmica 50 según el meridiano que pasa por las tres marcas 51, 52, 53 de su cara delantera 55 es por ejemplo medida por el método de Hartmann, como se ha descrito en el documento WO 2005/093495 o su equivalente US2007146687, pero puede igualmente ser escogida manualmente por el óptico u obtenida a través de una base de datos.

Esta potencia focal P_{verre} verifica la ecuación siguiente:

$$P_{verre} = B_{av} + B_{ar} - EC/n * B_{av} * B_{ar},$$

35 dónde $B_{av} = (n-1)/R_{av}$ y $B_{ar} = (n-1)/R_{ar}$ y designan respectivamente las curvaturas de las caras delantera 55 y trasera 56 de la lente oftálmica 50.

La calculadora 60 utiliza el valor del radio de curvatura R_{av} de la cara delantera 55 de la lente oftálmica 50 determinada por el primer modo de realización del procedimiento descrito previamente, para calcular B_{av} después B_{ar} y R_{ar} , a continuación de las fórmulas siguientes:

$$B_{ar} = (P_{verre} - B_{av}) / (1 - (EC/n) * B_{av})$$

40 $R_{ar} = (n-1) / B_{ar}.$

45 La calculadora 60 calcula entonces el trayecto de los rayos luminosos que son emitidos por al menos una de las fuentes luminosas 11, 12, que atraviesan la lente oftálmica 50 así modelada y que pasan por las sombras proyectadas 31A, 32A, 32C, 31B, 32B, 32C sobre la pantalla de proyección 30, mediante un método de trazado de los rayos luminosos bien conocido por el experto en la técnica. La calculadora 60 deduce de ello nuevos valores más precisos de las coordenadas (X_i, Y_i, Z_i) de las marcas 51, 52, 53 de la cara delantera 55 de la lente oftálmica 50.

La calculadora 60 recalcula a continuación el radio de curvatura R_{av} y la curvatura B_{av} de la cara delantera 55 de la lente oftálmica 50 según el primer modo de realización del procedimiento utilizando estos nuevos valores más precisos de las coordenadas de las marcas 51, 52, 53. El nuevo valor de la curvatura obtenido es entonces más preciso.

Bien entendido, las etapas de esta variante pueden ser repetidas un número de veces dado con el fin de aumentar

progresivamente la precisión del valor de la curvatura de la cara delantera así determinado.

Las etapas de esta variante pueden igualmente ser adaptadas para mejorar la precisión del valor del radio de curvatura R_{av} de la cara delantera de la lente oftálmica determinado por los otros modos de realización del procedimiento descritos precedentemente.

- 5 La calculadora 60 compara a continuación el valor medido de la curvatura B_{av} de la cara delantera 55 de la lente oftálmica 50 con un valor predeterminado.

El dispositivo 100 incluye medios de alerta visuales y/o sonoros, que son activados por la calculadora 60 cuando dicha comparación muestra una desviación entre los valores medido y predeterminado superior a un umbral predeterminado.

- 10 Dicho valor predeterminado puede corresponder a la curvatura esperada de la cara delantera 55 de la lente oftálmica 50 (por ejemplo, la curvatura anunciada por el fabricante, o la curvatura pedida por el óptico) o a la curvatura de la montura de gafas sobre la que la lente oftálmica 50 debe ser montada.

En este último caso, el umbral predeterminado más allá del cual una alerta es emitida es determinado en función de la capacidad de la montura o de la lente oftálmica para absorber la desviación de curvatura entre la lente oftálmica y la montura.

- 15 Por ejemplo, cuando la montura incluye partes metálicas que la hacen poco deformable, una señal de alerta es emitida para una desviación de la curvatura relativamente pequeña y el umbral predeterminado es bajo. Para una montura que presenta más flexibilidad, como las monturas de material plástico o las monturas perforadas, el umbral predeterminado es más elevado.

- 20 Más generalmente, se define, para cada tipo de montura (perforada, ranurada, redondeada) y para cada tipo de materiales de esta montura, la desviación de la curvatura máxima permitida y, por lo tanto, el umbral predeterminado más allá del cual es emitida una alerta.

Esta comparación es aquí realizada automáticamente por la calculadora 60 que incluye, por ejemplo, una base de datos que almacena la curvatura de la cara delantera 55 de la lente oftálmica 50 anunciada por el fabricante, pedida por el óptico o la curvatura de la montura elegida.

- 25 La comparación puede realizarse igualmente por el óptico. En este caso, el dispositivo 100 incluye medios de visualización sobre los que se presentan, por ejemplo, la curvatura medida de la cara delantera 55 de la lente oftálmica 50 y dicho valor predeterminado.

- 30 En una variante, la o las marcas de la lente oftálmica pueden estar dispuestas sobre su cara trasera de la lente oftálmica. Las etapas de los modos de realización del procedimiento según el invento permanecen sin cambios pero son el radio de curvatura y la curvatura de la cara trasera de la lente oftálmica los que son entonces determinadas.

En el caso de una lente oftálmica de presentación, las curvaturas de las caras delantera y trasera de esta lente son idénticas, mientras que en el caso de una lente oftálmica que presenta una potencia focal, las curvaturas de las caras delantera y trasera son diferentes.

- 35 El conocimiento de la curvatura de la lente oftálmica permite determinar de forma precisa la posición de los agujeros de perforación según la superficie de esta lente oftálmica cuando ésta es montada en una montura del tipo perforado. Esto permite mejorar la posición de referencia de estos agujeros durante la perforación de la lente oftálmica.

El conocimiento de la curvatura de la lente oftálmica permite igualmente mejorar la precisión de centrado, teniendo en cuenta esta curvatura para determinar la posición del punto de centrado de la lente oftálmica en la montura.

- 40 Finalmente, permite mejorar la precisión del posicionamiento de la clavija de manipulación, pilotando, por ejemplo, su colocación de tal manera que los errores de posicionamiento unidos a esta curvatura sean corregidos, o pilotando la amoladora de tal manera que estos errores sean compensados durante el rebordeado de la lente oftálmica.

En una variante, se puede iluminar la lente oftálmica provista de sus marcas mediante al menos una fuente extensa de dimensión característica preferiblemente superior o igual a 5 milímetros. Se puede utilizar, por ejemplo, una fuente de forma anular.

- 45

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo (100) para medir al menos una característica geométrica de curvatura de una lente oftálmica (50) provista en al menos una de sus caras (55) de al menos una marca o referencia (51, 52, 53), incluyendo el dispositivo (100) un soporte (20) para dicha lente oftálmica (50) y, a una y otra parte de este soporte (20), primero, por una parte, medios de iluminación (10) de dicha lente oftálmica (50) según al menos dos direcciones de iluminación diferentes y, por otra parte, medios de adquisición y de análisis (70) de la luz transmitida por dicha lente oftálmica (50), caracterizado por que dichos medios de análisis están adaptados para identificar sombras (31A, 32A, 33A, 31B, 32B, 33B) de dicha marca (51, 52, 53) iluminada bajo al menos dichas dos direcciones de iluminación, y para deducir de sus posiciones un valor medido de dicha característica geométrica de curvatura de la lente oftálmica (50).
- 10 2. Dispositivo (100) según la reivindicación 1, que incluye una pantalla de proyección (30) y en el que dichos medios de adquisición y de análisis (70) están adaptados para identificar sombras (31A, 32A, 33A, 31B, 32B, 33B) de al menos una de dichas marcas (51, 52, 53) proyectadas sobre esta pantalla de proyección (30) y para deducir de las posiciones de estas sombras (31A, 32A, 33A, 31B, 32B, 33B) el valor medido de dicha característica geométrica de curvatura.
- 15 3. Dispositivo (100) según una de las reivindicaciones 1 y 2, en el que dichos medios de iluminación (10) incluyen al menos dos fuentes luminosas (11, 12) puntuales.
4. Dispositivo (100) según la reivindicación 3, en el que cada una de dichas fuentes luminosas (11, 12) puntuales es colimada en un haz luminoso orientado según una de dichas direcciones de iluminación.
5. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 y 2, en el que dichos medios de iluminación incluyen una fuente luminosa única de dimensión característica superior a 5 milímetros.
- 20 6. Dispositivo (100) según una de las reivindicaciones precedentes, en el que los medios de adquisición y de análisis (70) están adaptados para calcular el valor medido de la característica geométrica de curvatura en función de la potencia de refracción de la lente oftálmica (50) a lo largo de un meridiano de esta lente oftálmica (50) que pasa por dicha marca (51, 52, 53).
- 25 7. Dispositivo (100) según una de las reivindicaciones precedentes, en el que los medios de adquisición y de análisis (70) están adaptados para realizar una comparación de dicho valor medido de la característica geométrica de curvatura de la lente oftálmica (50) con un valor predeterminado.
8. Dispositivo (100) según la reivindicación precedente, que incluye medios de alerta que son activados cuando dicha comparación muestra una desviación entre los valores medido y predeterminado superior a un umbral predeterminado.
- 30 9. Procedimiento de medición de al menos una característica geométrica de curvatura de una lente oftálmica (50), que incluye las etapas siguientes:
 - se provee dicha lente oftálmica (50) de al menos una marca (51, 52, 53),
 - se ilumina dicha lente oftálmica (50) según al menos dos direcciones de iluminación diferentes,
 caracterizado por que:
 - se adquieren sombras (31A, 32A, 33A, 31B, 32B, 33B) de las marcas (51, 52, 53) bajo al menos dichas dos
 - 35 direcciones de iluminación,
 - se deduce de sus posiciones un valor medido de dicha característica geométrica de curvatura de la lente oftálmica (50).
- 40 10. Procedimiento según la reivindicación precedente, en el que las sombras (31A, 32A, 33A, 31B, 32B, 33B) de al menos una de dichas marcas (51, 52, 53) se forman sobre una pantalla de proyección (30) y en el que se deduce, a partir de las posiciones de estas sombras (31A, 32A, 33A, 31B, 32B, 33B), el valor medido de dicha característica geométrica de curvatura de la lente oftálmica (50).
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 y 10, en el que se provee a dicha lente oftálmica de al menos una marca situada en la parte superior de dicha lente oftálmica o en el centro de su contorno.
- 45 12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 y 10, en el que se provee a dicha lente oftálmica (50) de tres marcas (51, 52, 53) alineadas según un meridiano de ésta.
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 y 10, en el que se provee a dicha lente oftálmica de al menos cuatro marcas cualesquiera.
14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 13, que incluye las etapas siguientes:
 - se compara el valor medido de dicha característica geométrica de curvatura con un valor predeterminado, y

- se emite una señal de alerta cuando dicha comparación muestra una desviación entre los valores medido y predeterminado superior a un umbral predeterminado.

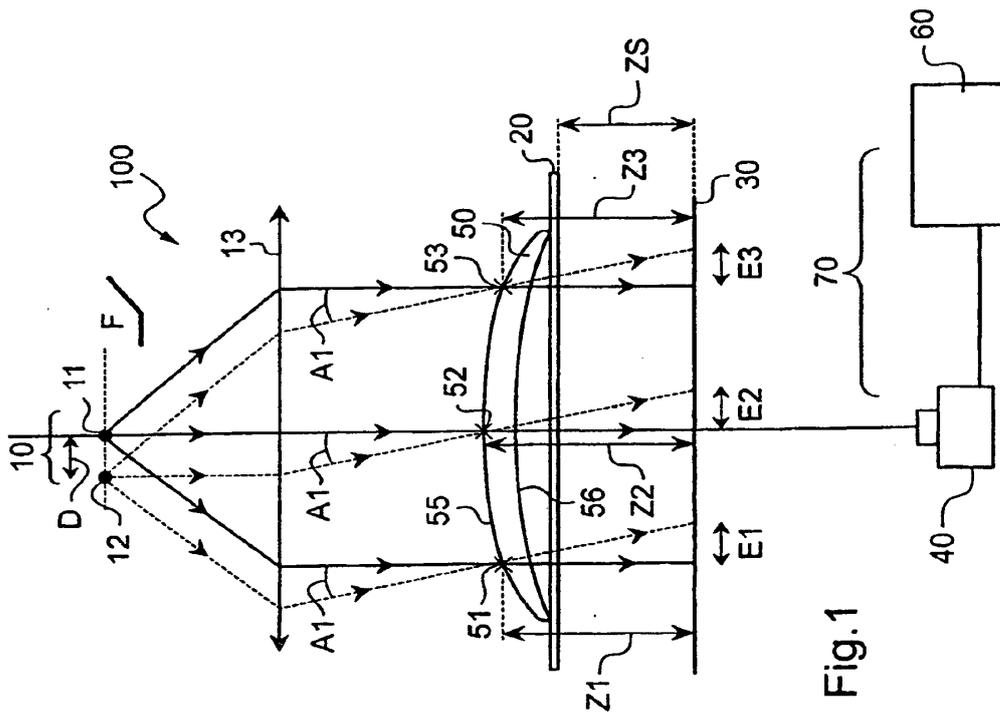


Fig.1

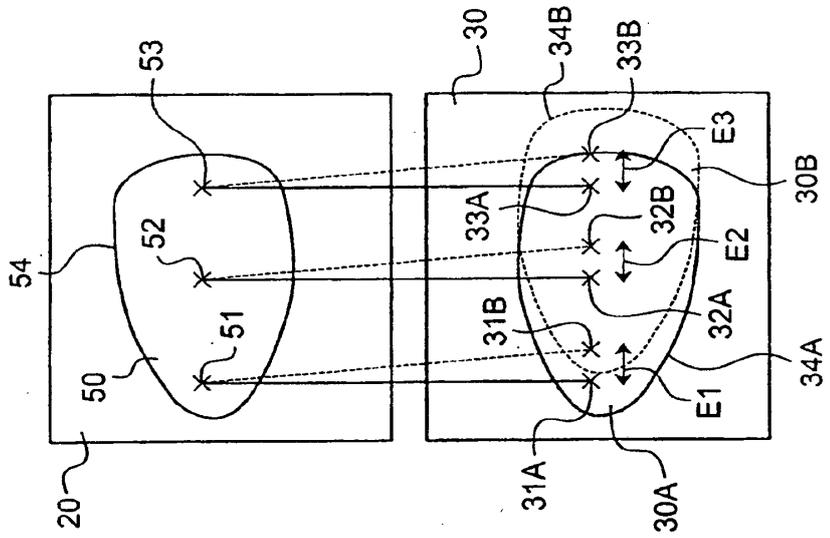


Fig.2