

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 930 652**

51 Int. Cl.:

A61B 3/14 (2006.01)

A61B 3/00 (2006.01)

A61F 9/013 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2013** **E 13198856 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.11.2022** **EP 2886042**

54 Título: **Disposición y procedimiento para comparar una estructura ocular con una reproducción de estructura**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.12.2022

73 Titular/es:

PHRONEMA S.R.L. (100.0%)
Via Junipero Serra 19
70125 Bari (BA), IT

72 Inventor/es:

EHRHORN, WIEBKE y
GERIKE, JOACHIM

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 930 652 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

Disposición y procedimiento para comparar una estructura ocular con una reproducción de estructura

- 5 La invención se refiere a una disposición y a un procedimiento para comparar una estructura ocular con una reproducción de estructura.

En la medicina ocular hay distintas razones para comparar una estructura ocular con una reproducción de estructura. Por ejemplo, la comparación puede servir para identificar un ojo para garantizar que el tratamiento se efectúa en el ojo
10 correcto. Asimismo, en algunos casos es de interés determinar la posición u orientación de un ojo. De esta manera también se puede determinar una modificación en las estructuras del ojo o una desviación de la norma.

- Hasta ahora, los oftalmólogos se han orientado por las estructuras visibles del ojo para llevar a cabo una comparación adecuada. Estos pueden ser, por ejemplo, pequeñas venas u otras marcas en la esclerótica o ciertas características
15 del iris. Las características de la esclerótica se modifican con la manipulación en el ojo durante la cirugía, así como en el curso del tiempo, de modo que una comparación significativa solo es posible si la reproducción de estructura se ha tomado poco antes. Las características del iris son difíciles de identificar si la pupila se ha dilatado con medicamentos.

La solicitud de patente WO 2011/116306 A2 da a conocer un monitoreo de la reticulación del colágeno de la córnea.

- 20 La invención tiene el objetivo de presentar un procedimiento y una disposición que permitan una comparación fiable de una estructura ocular con una reproducción de estructura. El objetivo se consigue con las características de las reivindicaciones independientes. Formas de realización ventajosas están indicadas en las reivindicaciones dependientes.

25 La disposición según la invención comprende una memoria en la que se puede almacenar la reproducción de estructura. Una fuente de luz que está provista de un primer polarizador lineal está diseñada para dirigir la luz de medición polarizada linealmente hacia el ojo. Un sensor de imagen está diseñado para determinar las fracciones de la luz de medición reflejada por el ojo. Un segundo polarizador lineal está dispuesto entre el ojo y el sensor de imagen.

- 30 La dirección de polarización del primer polarizador forma con la dirección de polarización del segundo polarizador un ángulo entre 75° y 105° , preferentemente un ángulo entre 85° y 95° , más preferentemente un ángulo de 90° . Finalmente, la disposición comprende un comparador que está diseñado para comparar una imagen obtenida por el sensor de imagen con la reproducción de estructura. La imagen obtenida y la reproducción de estructura contienen información sobre la disposición de las estructuras de colágeno en la córnea.

- 35 Con la invención se aprovechan estructuras oculares para la comparación con la reproducción de estructura, que en general no son visibles. Se trata de las estructuras de colágeno en el estroma de la córnea del ojo. Dado que la córnea es transparente, las estructuras de colágeno no se pueden identificar regularmente con exámenes ópticos normales. En la disposición según la invención, la luz de medición reflejada normalmente se bloquea en su mayor parte. Si la luz
40 polarizada linealmente incide sobre un polarizador cuya dirección de polarización está orientada esencialmente en ángulo recto con respecto a la luz, la luz no puede pasar a través del polarizador o solo en fracciones muy pequeñas. Dado que la dirección de polarización de la luz no cambia generalmente debido a la reflexión, por el polarizador se bloquea la fracción reflejada de la luz de medición. Si las dos direcciones de polarización forman un ángulo de exactamente 90° , entonces la luz reflejada directamente se bloquea teóricamente por completo. Si el ángulo es de
45 solo aproximadamente 90° , aún pueden pasar pequeñas fracciones de la luz reflejada directamente.

- Con la invención se aprovecha que las estructuras de colágeno de la córnea presentan una actividad óptica. Esto significa que la dirección de polarización de la luz de medición se modifica por las estructuras de colágeno. Pero, la luz de medición con una dirección de polarización modificada pasa a través del segundo polarizador, de modo que la
50 luz incide en el sensor de imagen dispuesto detrás del segundo polarizador. El sensor de imagen, que puede estar configurado, por ejemplo, como sensor CCD, puede tomar una imagen de la luz de medición que pasa a través del segundo polarizador. La imagen contiene información sobre la ubicación de las estructuras de colágeno. Gracias a la comparación con una reproducción de estructura previamente proporcionada de las estructuras de colágeno del mismo ojo, de otro ojo o de una estructura de patrón, el oftalmólogo puede obtener información relevante. Esta información
55 se puede referir, por ejemplo, a una identificación del ojo, a la orientación o la posición del ojo o referirse a una modificación del ojo.

- Los dos polarizadores deben estar orientados entre sí de modo que la luz reflejada por las estructuras de colágeno aún se pueda diferenciar de la luz reflejada directamente. Si la luz reflejada directamente es demasiado brillante, los
60 polarizadores se pueden orientar entre sí de modo que pueda pasar menos luz reflejada directamente. Las estructuras de colágeno se pueden reconocer lo mejor por lo general si las dos direcciones de polarización forman un ángulo de 90° entre sí.

Con la disposición según la invención se puede implementar una alta sensibilidad, de modo que ya se pueden detectar pequeñas cantidades de luz que pasan a través del segundo polarizador debido a su dirección de polarización modificada. Esto también se requiere porque con una orientación determinada de los polarizadores solo se puede
5 detectar una parte de la luz reflejada por las estructuras de colágeno. Por lo tanto, dependiendo de la orientación de los polarizadores, son solo pequeñas cantidades de luz las que pueden pasar a través del segundo polarizador desde las estructuras de colágeno.

Si se cambia la orientación de la polarización del primer y del segundo polarizador (donde se mantiene
10 preferentemente el ángulo entre la dirección de polarización del primer polarizador y la dirección de polarización del segundo polarizador), otra parte de la luz de medición que emana de las estructuras de colágeno puede pasar a través del segundo polarizador. Así, se puede obtener información adicional sobre la ubicación y disposición de las estructuras de colágeno cuando se toma una imagen con el sensor de imagen bajo distintas orientaciones de los polarizadores. Para posibilitar tomas bajo distintas orientaciones de los polarizadores, el primer polarizador y el
15 segundo polarizador pueden estar montados de forma giratoria. El eje de giro puede ser paralelo a la dirección de propagación de la luz de medición que pasa a través de cada caso.

Para garantizar que, a pesar del giro de los polarizadores, el ángulo entre las dos direcciones de polarización se mantenga, los dos polarizadores pueden estar acoplados entre sí. Se puede tratar de un acoplamiento mecánico.
20 También es posible un acoplamiento indirecto a través de sensores y actuadores, por lo que se garantiza que los polarizadores se giren en del mismo ángulo de giro.

En una forma de realización preferida, el primer polarizador y el segundo polarizador están dispuestos concéntricamente entre sí. Esto ofrece la posibilidad de conectar los dos polarizadores formando una unidad y girar
25 conjuntamente. El primer polarizador puede estar dispuesto en el exterior y el segundo polarizador en el interior. También es posible la disposición inversa.

Si en diferentes orientaciones de la polarización se realiza en cada caso una toma con el sensor de imagen, entonces se obtiene una pluralidad de imágenes individuales de la luz de medición que pasa a través del segundo polarizador.
30 Es posible comparar una imagen individual con la reproducción de estructura almacenada. En una forma de realización ventajosa, una pluralidad de imágenes individuales se superpone formando una imagen global y la imagen global se compara con la reproducción de estructura almacenada. La imagen global tiene un contenido de información significativamente mayor con respecto a las estructuras de colágeno, de modo que la comparación con la imagen global es más significativa. La disposición puede comprender un módulo de imagen que está diseñado para
35 superponer una pluralidad de imágenes individuales del sensor de imagen formando una imagen global. El comparador puede estar diseñado para llevar a cabo una comparación entre la imagen global y la reproducción de estructura.

Superponer significa fusionar la información de las imágenes individuales de modo que se agregue la información de las imágenes individuales en la imagen global. El término de superponer no se debe entender de manera restrictiva
40 con vistas a un tipo determinado de generación o cálculo de la imagen global.

El procedimiento se puede llevar a cabo a mano ajustando manualmente la orientación de la polarización en cada caso y, a continuación, activando el sensor de imagen. Se prefiere una realización automática del procedimiento, en el que una unidad de control ajusta la orientación de la polarización y activa el sensor de imagen. La disposición puede
45 comprender actuadores adecuados para los polarizadores, a través de los que la unidad de control puede ajustar la orientación de la polarización.

Si la orientación de la polarización se gira 180° , para el sensor de imagen se produce la misma imagen que a 0° . Preferentemente, se toma una pluralidad de imágenes en las que la orientación de la polarización está entre 0° y 180° .
50 Si con una pluralidad de tomas se cubre un rango angular de la polarización, entonces las orientaciones adyacentes forman preferentemente ángulos iguales entre sí. Por ejemplo, el rango angular de 0° a 90° se puede cubrir con noventa pasos de 1° . El rango angular de 0° a 180° se puede cubrir con sesenta pasos de 3° . La imagen global se puede superponer a partir de la pluralidad disponible de imágenes individuales.

La comparación que lleva a cabo el comparador puede consistir en que la imagen obtenida por el sensor de imagen se contrapone a la reproducción de estructura, de modo que una persona puede estimar el grado de coincidencia o desviación. En una forma de realización preferida, el comparador está diseñado para evaluar automáticamente la desviación entre la imagen y la reproducción de estructura. Para este propósito, se puede llevar a cabo una comparación automática de imágenes, de la que se obtiene un valor característico que representa la desviación. Para
60 la comparación es ventajoso efectuar un escalado y/o adaptación previos de la imagen. Esto tiene como objetivo de obtener el mayor grado posible de coincidencia entre la imagen y la reproducción de estructura. La adaptación de la imagen se puede referir, por ejemplo, a la posición, orientación, contraste, nitidez y/o brillo.

La reproducción de estructura es en una forma de realización una reproducción del mismo ojo que se ha tomado en otro momento. En este caso, la comparación puede servir para identificar el ojo o para determinar una modificación del ojo con el tiempo. También es posible que la reproducción de estructura provenga de otro ojo o que represente una estructura de patrón de un ojo. Una comparación con otro ojo o una estructura de patrón puede servir para identificar una desviación del ojo de la norma. Por ejemplo, un queratocono o astigmatismo se puede detectar de esta manera.

La desviación entre la imagen del sensor de imagen y la reproducción de estructura puede ser de diferente tipo. Por ejemplo, la imagen y la reproducción de estructura pueden estar desplazadas una respecto a otra. En este caso, el valor característico puede indicar una dirección y una distancia para superponer la imagen y la reproducción de estructura. Esto puede ser útil, por ejemplo, si debido a la imagen obtenida con el sensor de imagen se debe guiar un instrumento a una posición determinada. La desviación también puede consistir en el hecho de que la imagen está girada en relación con la reproducción de estructura. En este caso, el valor característico puede indicar un ángulo de giro, mediante el cual la imagen y la reproducción de estructura se pueden superponer. También es posible una combinación de desplazamiento y giro.

En otro caso, la desviación entre la imagen del sensor de imagen y la representación de estructura puede ser tal que no se pueda lograr una superposición mediante giro o desplazamiento. Si las estructuras no encajan, la representación de estructura puede provenir posiblemente de un ojo diferente a la imagen del sensor de imagen. Esta función se puede utilizar para evitar la interferencia incorrecta. También es posible que la imagen y la representación de estructura provengan del mismo ojo, pero que la disposición u orientación de las estructuras de colágeno se haya modificado entretanto. Si se compara la imagen con una estructura de patrón, entonces se puede constatar una desviación. Tales constataciones pueden ser motivo para un examen más profundo del ojo.

En particular, para evitar intervenciones defectuosas, el comparador puede estar diseñado para emitir una señal si la desviación entre la imagen del sensor de imagen y la representación de estructura es mayor que un valor umbral predeterminado. El valor umbral se puede referir a la posición y/o la orientación de la imagen con respecto a la representación de estructura. En una forma de realización preferida, el valor umbral en el sentido de un análisis de similitud se refiere a la estructura reproducida. Preferentemente, antes del análisis de similitud, las imágenes se llevan a la mejor coincidencia posible en términos de posición y orientación.

Gracias al primer polarizador se garantiza que solo la luz de medición polarizada linealmente incida sobre el ojo. Si la luz de medición procede de una fuente de luz que emite luz polarizada linealmente, entonces el polarizador está configurado como un filtro de polarización, que está dispuesto entre la fuente de luz y el ojo. El segundo polarizador está configurado como un filtro de polarización. Cuando se toma una imagen con el sensor de imagen, la dirección de polarización del primer polarizador y la dirección de polarización del segundo polarizador forman un ángulo recto entre sí.

La fuente de luz puede emitir luz visible. También es posible un uso de luz fuera del rango visible o una combinación de longitudes de onda dentro y fuera del rango visible. El rango no visible puede comprender luz UV y/o luz IR. Para que llegue suficiente luz al sensor de imagen, es ventajoso utilizar una fuente de luz con gran brillo. La fuente de luz puede ser, por ejemplo, un LED o una disposición de varios LEDES. Para poder diferenciar la luz de medición de la luz ambiental, la luz de medición se puede modular a lo largo del tiempo. Si el sensor recibe luz con la modulación correspondiente, entonces se trata de luz de medición reflejada y no de luz ambiental. De forma alternativa o adicional, en la trayectoria del rayo de la luz de medición puede estar dispuesto un filtro espectral para poder diferenciar la luz de medición de la luz ambiental.

La reproducción de estructura que se utilizada para la comparación se puede tratar de una reproducción que se ha generado en un momento anterior por el mismo ojo. También se puede tratar de una reproducción de otro ojo o de una estructura de patrón. La reproducción de estructura contiene información sobre la disposición de las estructuras de colágeno en la córnea. La reproducción de estructura se puede haber obtenido aprovechando la actividad óptica de las estructuras de colágeno o de otra manera.

La invención es especialmente útil cuando la disposición comprende otro aparato con el que se puede obtener información adicional o se pueden posibilitar etapas adicionales. Por ejemplo, la disposición puede comprender un microscopio quirúrgico y/o un microscopio de lámpara de hendidura para una observación óptica paralela del ojo. El microscopio está dispuesto de modo que se puede observar el mismo ojo hacia el que se dirija la luz de medición. La observación óptica se puede realizar al mismo tiempo que la determinación según la invención de las estructuras de colágeno. También es posible efectuar estas etapas sucesivamente. La disposición puede presentar una configuración integrada, lo que significa que la luz de medición pasa a través de un objetivo principal del microscopio quirúrgico o

del microscopio de lámpara de hendidura en su camino desde la fuente de luz hasta el ojo y/o en su camino desde el ojo hasta el sensor de imagen. Puede estar previsto que una imagen obtenida por el sensor de imagen se superponga a la imagen óptica en el microscopio, de modo que el oftalmólogo pueda ver ambas al mismo tiempo.

- 5 De forma adicional o alternativa al microscopio quirúrgico, la disposición puede comprender un biómetro, con el que se puede medir el ojo en paralelo. Medición significa que la forma espacial de los elementos del ojo y/o la disposición de los elementos del ojo se determina una respecto a otra. Por ejemplo, se puede determinar la curvatura de la córnea, la distancia entre la córnea y la retina o el grosor de la lente. El biómetro, que se conoce como tal, está diseñado para dirigir un rayo de medición hacia el ojo y para determinar la información requerida a partir de la luz reflejada.

10

Puede estar previsto que en un ocular y/o en un monitor del microscopio quirúrgico, del microscopio de lámpara de hendidura o del biómetro se ponga a disposición del usuario más información. La información adicional se puede superponer a la imagen óptica y/o a la imagen de las estructuras de colágeno. Preferentemente, la superposición es tal que el usuario puede ver ambas al mismo tiempo. La información adicional puede ser información derivada de la imagen o de la reproducción de estructura. Por ejemplo, puede comprender un eje de polarización de córnea o ejes y puntos derivados de él. El eje de polarización de córnea designa un eje definido por las estructuras de colágeno. En el caso normal, las estructuras de colágeno fijan dos ejes que están esencialmente perpendiculares entre sí y uno de los cuales está orientado esencialmente horizontalmente y el otro esencialmente verticalmente. Al reflejar un eje de polarización de córnea, el usuario puede leer la orientación del ojo.

20

Otra aplicación del procedimiento según la invención es el llamado rastreo ocular. Si el ojo se mueve durante el examen, entonces la imagen tomada con el sensor de imagen se desplaza o gira. Mediante una comparación con una imagen tomada previamente se obtiene una medida para el desplazamiento o giro. Esto se puede utilizar para un seguimiento correspondiente. Por ejemplo, el microscopio quirúrgico, los microscopios de lámpara de hendidura o el

25

biómetro se pueden rastrear de modo que la imagen permanezca centrada. De forma alternativa o adicional a esto, una reflexión se puede seguir de modo que mantenga su posición con respecto al ojo.

La invención se refiere además a un procedimiento para comparar una estructura ocular con una reproducción de estructura. En el procedimiento, la luz de medición polarizada linealmente se emite con un primer polarizador en la

30

dirección de un ojo, de modo que la luz de medición polarizada linealmente se dirige hacia el ojo y que la luz de medición polarizada linealmente se dirige hacia el ojo y que una fracción de la luz de medición se refleja por el ojo. En la trayectoria de rayo de la luz de medición reflejada se dispone un segundo polarizador, de modo que la dirección de polarización lineal del primer polarizador con la dirección de polarización lineal del segundo polarizador forma un ángulo entre 75° y 105°, preferentemente un

35

ángulo entre 85° y 95°, más preferentemente un ángulo de 90°. Por medio de un sensor de imagen se capta una imagen de la luz de medición que pasa a través del segundo polarizador. La imagen se compara con una reproducción de estructura por medio de un comparador. La imagen y la reproducción de estructura contienen información sobre la disposición de las estructuras de colágeno en la córnea.

- 40 Se puede tomar una pluralidad de imágenes individuales de la luz de medición que pasa a través del segundo polarizador en cada caso con diferentes orientaciones de la polarización. Preferentemente, en cada orientación de la polarización se mantiene el ángulo entre la dirección de polarización lineal del primer polarizador y la dirección de polarización lineal del segundo polarizador. Las imágenes individuales se pueden superponer formando una imagen global y la imagen global se puede comparar con la representación de estructura.

45

La reproducción de estructura se puede haber tomado en otro momento en el mismo ojo u otro ojo. Alternativamente, la reproducción de estructura puede representar una estructura de patrón.

Si la reproducción de estructura se toma en otro momento en el mismo ojo, entonces esto se realiza en una forma de

50

realización del procedimiento según la invención con un biómetro o un microscopio de lámpara de hendidura, que está diseñado para llevar a cabo la medición según la invención y almacenar la reproducción de estructura. La comparación se lleva a cabo en un instante posterior, después de que la medición según la invención se haya llevado a cabo una vez más y se haya tomado una imagen con el sensor de imagen. Preferentemente, la medición posterior se lleva a cabo con una disposición según la invención que comprende un microscopio quirúrgico. El comparador puede estar

55

integrado en el microscopio quirúrgico.

El procedimiento se puede perfeccionar con otras características que están descritas en el contexto del procedimiento según la invención.

- 60 La invención se describe a continuación a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos con ayuda de una forma de realización ventajosa. Se muestra:

Fig. 1: un ejemplo de realización de una disposición según la invención;
 Fig. 2: una vista desde abajo de los polarizadores de la disposición según la fig. 1;
 Fig. 3: un ejemplo de una reproducción de estructura;
 Fig. 4: un ejemplo de una imagen obtenida con el sensor de imagen según la invención;
 5 Fig. 5: otra forma de realización de una disposición según la invención;
 Fig. 6: una vista desde abajo de los polarizadores de la disposición según la fig. 5;
 Fig. 7: una disposición según la invención, que comprende un microscopio quirúrgico; y
 Fig. 8: una disposición según la invención, que comprende un biómetro.

10 Una disposición según la invención en la fig. 1 comprende una fuente de luz 14, que envía luz de medición 15 en la dirección de un ojo 16. En el camino desde la fuente de luz 14 hasta el ojo 16, la luz de medición 15 pasa a través de un primer polarizador 17, que está configurado como un filtro de polarización lineal. La luz de medición 15 que incide sobre el ojo 16 está polarizada linealmente.

15 Una parte de la luz de medición 15 se refleja por el ojo e incide sobre un segundo polarizador 18, que está configurado igualmente como un filtro de polarización lineal. La dirección de polarización del primer polarizador 17 forma un ángulo recto con la dirección de polarización del segundo polarizador 18. Esto se muestra en la fig. 2. Con esta orientación de los polarizadores 17, 18, la luz de medición 15 reflejada directamente por el ojo 16 se bloquea esencialmente por completo, porque el segundo polarizador 18 bloquea por completo la dirección de polarización que se deja pasar por
 20 el primer polarizador 17.

A través del segundo polarizador 18 solo pueden pasar aquellas fracciones de la luz de medición 15 reflejada, cuya dirección de polarización se ha modificado entre el primer polarizador 17 y el segundo polarizador 18. Se produce una modificación de la dirección de polarización cuando la luz de medición 15 incide sobre una sustancia que presenta
 25 una actividad óptica. Mediante una interacción con la sustancia ópticamente activa, la dirección de polarización de la luz de medición 15 cambia, de modo que la fracción respectiva de la luz de medición 15 reflejada puede pasar a través del segundo polarizador 18.

Las estructuras de colágeno de la córnea tienen una actividad óptica en el ojo 16. Por lo tanto, la luz de medición 15,
 30 que se refleja después de una interacción con estas estructuras de colágeno, pasa a través del segundo polarizador 18. Por consiguiente, con un sensor de imagen 19, que está dispuesto detrás del segundo polarizador 18, se puede tomar una imagen de esta fracción de la luz de medición 15. Un comparador 20 está diseñado para comparar la imagen con una reproducción de estructura depositada en una memoria 21.

35 Un ejemplo de una reproducción de estructura 22 se muestra en la fig. 3. El contorno circular corresponde a la superficie de la córnea del ojo 16. En la córnea hay estructuras de colágeno que se extienden en forma de arco en la córnea. Estas estructuras en forma de arco están indicadas en la reproducción de estructura 22.

La fig. 4 muestra una imagen global 29 tomada con el sensor de imagen 19, que está superpuesta a partir de una pluralidad de imágenes individuales. El comparador 20 compara la imagen global 29 con la reproducción de estructura 22, superponiendo ambas, y constata que ambos coinciden. Dado que las estructuras de colágeno son individualmente distintas en cada ojo, de esta coincidencia se puede deducir que la imagen global 29 proviene del mismo ojo que la reproducción de estructura 22. El comparador 20 puede estar diseñado para emitir una señal de que existe una coincidencia. En una operación quirúrgica, por ejemplo, la señal puede servir como confirmación de que el tratamiento
 45 se efectúa en el ojo correcto.

En la disposición según la invención mostrada en la fig. 5, el primer polarizador 17 y el segundo polarizador 18 están dispuestos concéntricamente entre sí. El primer polarizador 17 tiene forma de anillo y se extiende alrededor del segundo polarizador 18, que tiene forma de disco, véase la fig. 6. La fuente de luz 14 para la luz de medición 15 se
 50 forma por una disposición circular de diodos que está dispuesta detrás del primer polarizador 17. La dirección de polarización lineal del primer polarizador 17 forma con la dirección de polarización lineal del segundo polarizador 18 un ángulo recto. Esto está indicado en la fig. 6 con las líneas rectas. En esta disposición de la fuente de luz 14 y de los polarizadores 17, 18 se puede tomar una imagen individual con el sensor de imagen.

55 Los polarizadores 17, 18 están conectados entre sí, de modo que el ángulo recto entre las dos direcciones de polarización está ajustado de forma fija. Los polarizadores 17, 18 están montados de forma giratoria con respecto al sensor de imagen 19, de modo que la orientación de la polarización se puede ajustar. Un accionamiento 26, que está bajo el control de una unidad de control 25, acciona el movimiento de giro de los polarizadores 17, 18. En una segunda posición angular de los polarizadores 17, 18 se puede tomar otra imagen individual que reproduce otro fragmento de
 60 las estructuras de colágeno. Si se superponen las dos imágenes individuales, entonces se obtiene una imagen global 29, que contiene más información sobre las estructuras de colágeno que cada una de las imágenes individuales. El comparador 20 compara la imagen global 29 con una reproducción de estructura 22, que está depositada en la

memoria 21.

La unidad de control 25 está diseñada para seguir girando los polarizadores 17, 18 en pasos de 2° partiendo de una primera imagen individual. Después de cada paso, la unidad de control 24 envía una señal al sensor de imagen 19, de modo que el sensor de imagen 19 toma otra imagen individual. Este proceso se repite noventa veces, de modo que las imágenes individuales cubran el rango angular de 0° a 180°. Con un módulo de imagen 27, las noventa imágenes individuales se superponen formando una imagen completa. La imagen global 29 contiene una información completa sobre la disposición de las estructuras de colágeno. La fig. 4 muestra una representación a modo de ejemplo de una imagen global 29. Las estructuras de colágeno en forma de arco están representadas en su totalidad de forma similar a como en la reproducción de estructura 22.

En un ejemplo no representado en las figuras, la comparación realizada por el comparador 20 entre la imagen global 29 y la figura de estructura 22 da como resultado que la disposición de las estructuras de colágeno es idéntica. Sin embargo, con respecto a un punto de referencia común, la imagen global 29 está desplazada con respecto a la reproducción de estructura 22. El comparador 20 puede constatar esto, así como emitir la dirección y la distancia del desplazamiento.

En otro ejemplo, la imagen global 29 está girada con respecto a la reproducción de estructura 22. El comparador 20 puede constatar esto y emitir un ángulo, alrededor del cual se debe girar la imagen global 29, para llevarla a la superposición con la reproducción de estructura 22.

En otro ejemplo no mostrado, la imagen global 29 reproduce una estructura de colágeno diferente de nuevo a la de la figura de estructura 22. No es posible superponer las dos imágenes. El comparador 20 constata esto y puede emitir una señal de advertencia de que el ojo al que se dirige la luz de medición 15 es diferente del ojo del que procede la reproducción.

de estructura 22.

En otro ejemplo, la estructura de colágeno de la imagen global 29 coincide en principio con la reproducción de estructura 22. Sin embargo, la imagen global 29 en un cuadrante muestra una modificación que puede indicar que la forma de la córnea se ha modificado desde el momento en que se ha tomado la reproducción de estructura 22. El comparador 20 constata esto y puede emitir una señal de que se requiere un examen más detallado.

Finalmente, también es posible comparar en la imagen global 29 con una estructura de patrón que reproduce características caracterizadoras de un ojo sano. Las desviaciones entre la imagen global 29 y la estructura de patrón pueden ser una indicación de, por ejemplo, un astigmatismo o un queratocono.

La fig. 7 muestra un microscopio quirúrgico 31 que está acoplado con una disposición 30 representada solo esquemáticamente. La luz de medición 15 que parte de la disposición 30 según la invención se superpone coaxialmente a la trayectoria del rayo de observación del microscopio quirúrgico 31 y se dirige al ojo 16 a través del objetivo principal 32 del microscopio quirúrgico 31. La imagen 29 obtenida con la disposición 30 puede superponerse a la trayectoria del rayo de observación del microscopio quirúrgico 31, de modo que el oftalmólogo pueda ver la imagen 29 al mismo tiempo con la imagen óptica del ojo 16. También es posible mostrar solo una información sobre el resultado de la comparación con la reproducción de estructura 22 en el microscopio quirúrgico. La inserción puede consistir, por ejemplo, en un índice o en una advertencia.

En la fig. 8, la disposición 30 según la invención está acoplada con un biómetro 33. La disposición 30 determina una imagen de las estructuras de colágeno del ojo. El biómetro 33 dirige un rayo de medición hacia el ojo 16 para medir el ojo. La información respectiva se combina en una unidad de control 34 común.

El procedimiento según la invención se puede llevar a cabo de modo que en una primera etapa con el biómetro 33 se toma una reproducción de estructura 22. La reproducción de estructura 22 se deposita en una memoria 21. En un momento posterior se lleva a cabo otra medición con el microscopio quirúrgico 31. El comparador 20 del microscopio quirúrgico compara la imagen tomada con la reproducción de estructura 22 previamente almacenada por el biómetro 33.

REIVINDICACIONES

1. Disposición para comparar una estructura ocular con una reproducción de estructura (22), que comprende las siguientes características:
- 5
- a. un acumulador (21) para almacenar una reproducción de estructura (22);
 - b. una fuente luminosa (14) provista de un primer polarizador lineal (17) para generar una luz de medición (15) polarizada linealmente dirigida a un ojo (16);
 - c. un sensor de imagen (19) para las fracciones de la luz de medición (15) reflejadas desde el ojo (16); y
 - 10 d. un segundo polarizador (18), que está dispuesto entre el ojo (16) y el sensor de imagen (19), donde la dirección de polarización del primer polarizador (17) con la dirección de polarización del segundo polarizador (18) forma un ángulo entre 75° y 105°, preferentemente un ángulo entre 85° y 95°, más preferentemente un ángulo de 90°; **caracterizada porque** la disposición comprende adicionalmente
 - 15 e. un comparador (20) que está diseñado para comparar una imagen (29) obtenida por el sensor de imagen (19) con la reproducción de estructura (22); donde la imagen (29) obtenida y la reproducción de estructura contienen información sobre la disposición de las estructuras de colágeno en la córnea.
2. Disposición según la reivindicación 1, **caracterizada porque** el primer polarizador (17) y el segundo polarizador (18) están montados de forma giratoria.
- 20
3. Disposición según la reivindicación 2, **caracterizada porque** el primer polarizador (17) y el segundo polarizador (18) están acoplados entre sí.
4. Disposición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada por** un módulo de imagen (27), que está diseñado para superponer una pluralidad de imágenes individuales del sensor de imagen (19) en una imagen global (29).
- 25
5. Disposición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada por** una unidad de control (25), que está diseñada para girar el primer polarizador (17) y el segundo polarizador (18) en una dirección de polarización predeterminada en cada caso y activar el sensor de imagen (19).
- 30
6. Disposición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada porque** el comparador (20) está diseñado para evaluar automáticamente la desviación entre la imagen (29) y la reproducción de estructura (22).
- 35
7. Disposición según la reivindicación 6, **caracterizada porque** el comparador (20) está diseñado para determinar un valor característico que representa la desviación.
8. Disposición según la reivindicación 6 o 7, **caracterizada porque** el comparador (20) está diseñado para emitir una señal cuando la desviación es mayor que un valor umbral predeterminado.
- 40
9. Disposición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada porque** comprende un microscopio quirúrgico (31) y/o un microscopio de lámpara de hendidura para una observación óptica paralela del ojo (16).
- 45
10. Disposición según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizada porque** comprende un biómetro (33) para una medición paralela del ojo (16).
11. Disposición según la reivindicación 9 o 10, **caracterizada porque** en un ocular y/o sobre una pantalla está representada otra información que está superpuesta a la imagen (29) y/o sobre una imagen óptica del ojo (16).
- 50
12. Procedimiento para comparar una estructura ocular con una reproducción de estructura (22) con las siguientes etapas:
- a. envío de luz de medición (15) polarizada linealmente con un primer polarizador (17) en la dirección de un ojo (16), de modo que la luz de medición polarizada linealmente se dirige hacia el ojo y que una fracción de la luz de medición (15) se refleje por el ojo (16);
 - b. disposición de un segundo polarizador (18) en la trayectoria del haz de la luz de medición reflejada (15), de modo que la dirección de polarización lineal del segundo polarizador (18) con la dirección de polarización del primer polarizador (17) forma un ángulo entre 75° y 105°, preferentemente un ángulo entre 85° y 95°, más preferentemente un ángulo de 90°; y
 - 60 c. toma de una imagen (29) por medio de un sensor de imagen (19) de la luz de medición (15) que pasa a través del segundo polarizador (18); **caracterizado por** la etapa

d. comparación de la imagen (29) por medio de un comparador (20) con una reproducción de estructura (22), donde la imagen (29) y la reproducción de estructura contienen información sobre la disposición de las estructuras de colágeno en la córnea.

5 13. Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado porque** una pluralidad de imágenes individuales se toma con una orientación distinta en cada caso de la polarización por el primer polarizador y el segundo polarizador.

10 14. Procedimiento según la reivindicación 13, **caracterizado porque** la pluralidad de las imágenes individuales se superpone formando una imagen global (29) y porque la imagen global (29) se compara con la reproducción de estructura (22).

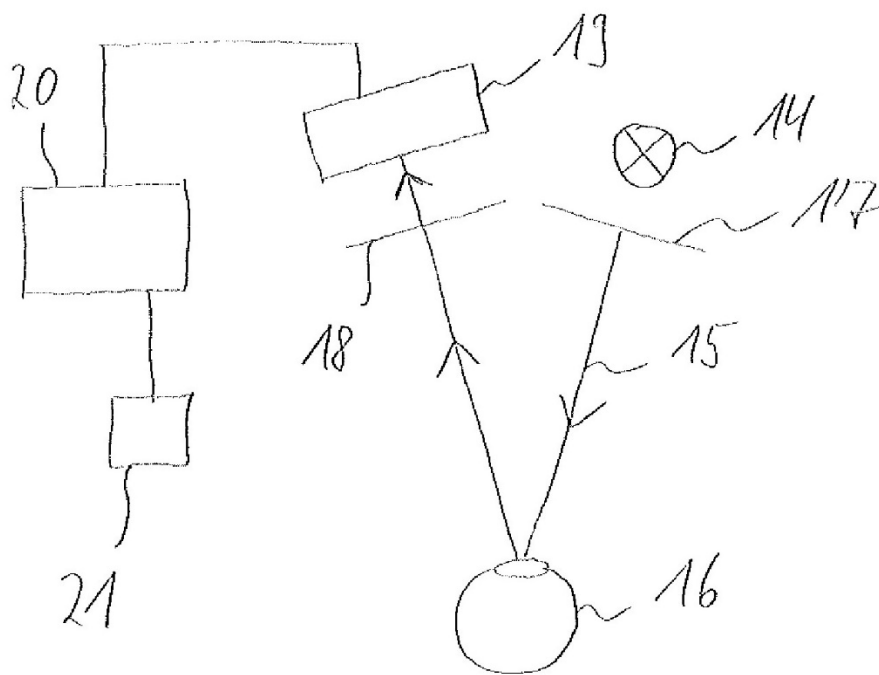


Fig. 1

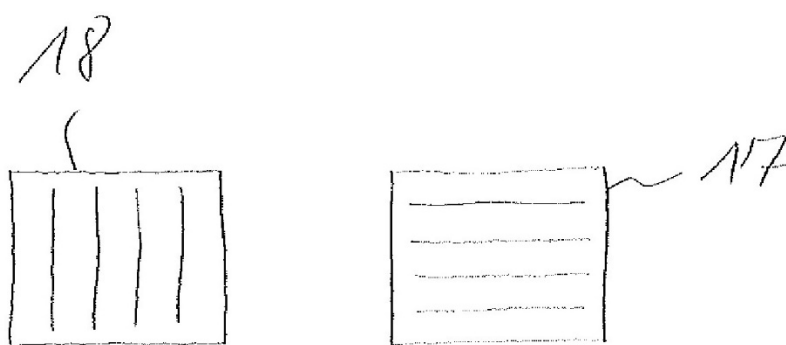


Fig. 2

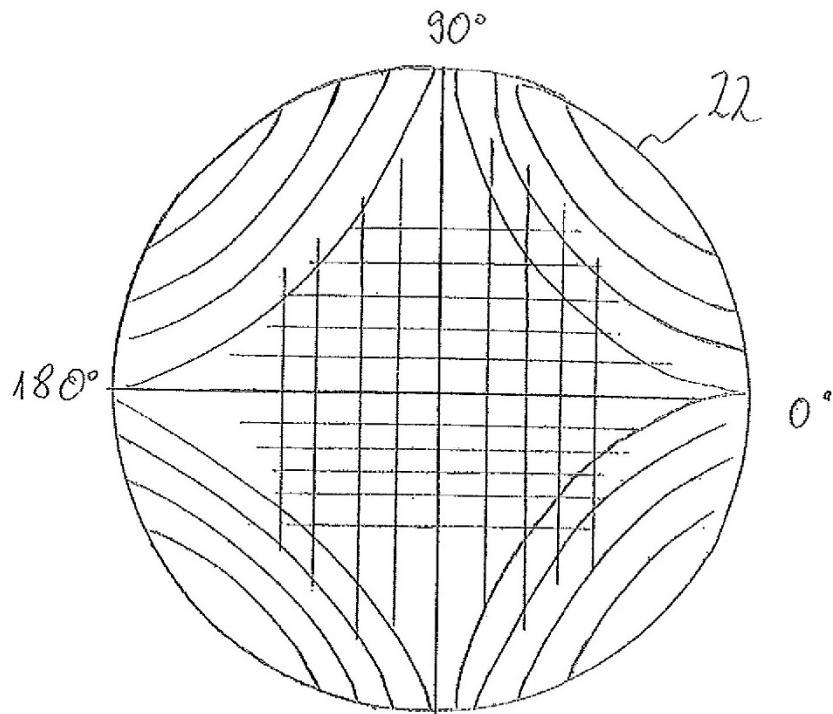


Fig. 3

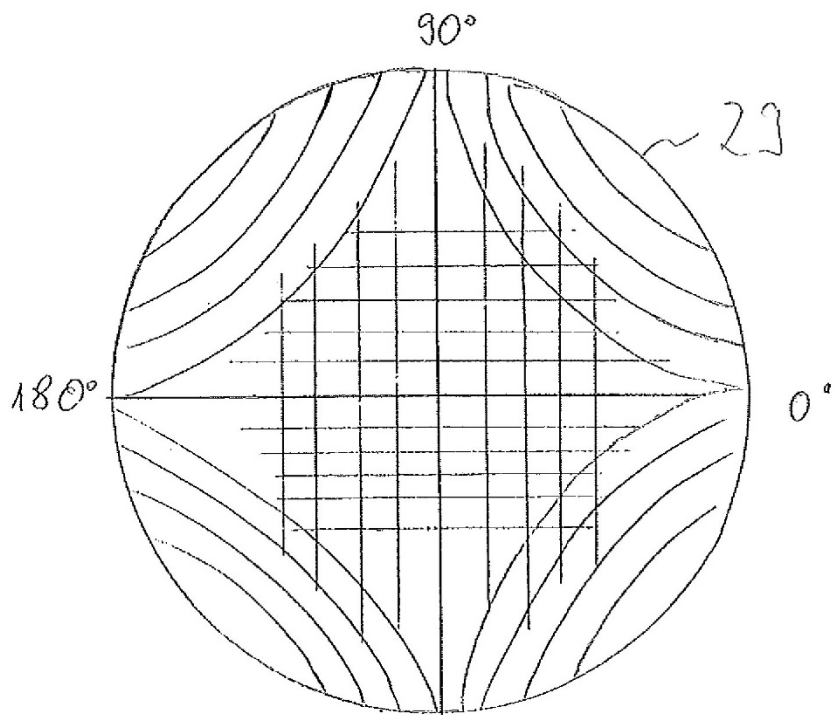


Fig. 4

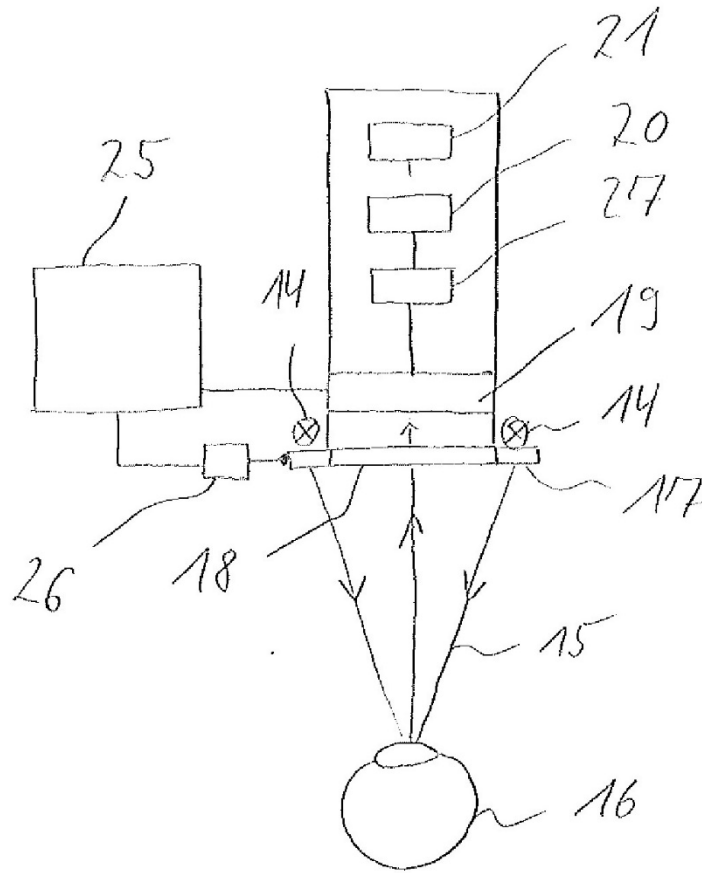


Fig. 5

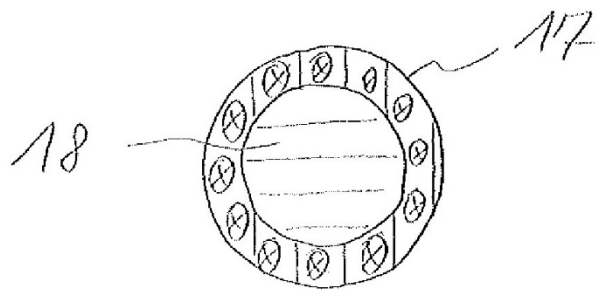


Fig. 6

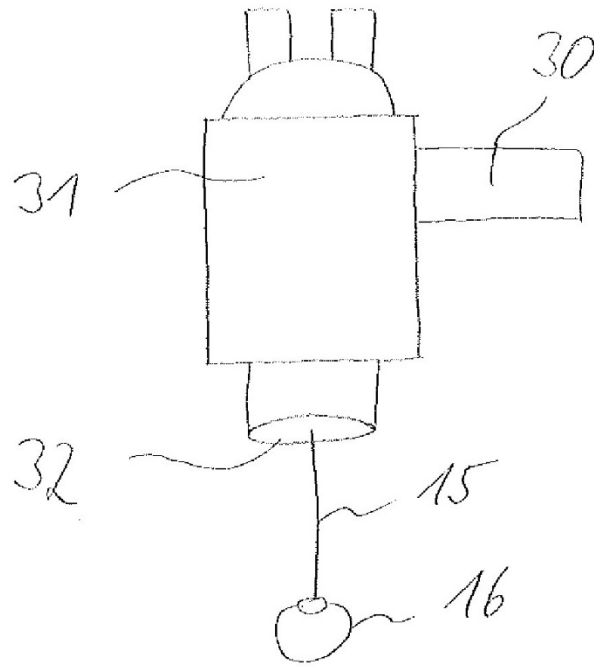


Fig. 7

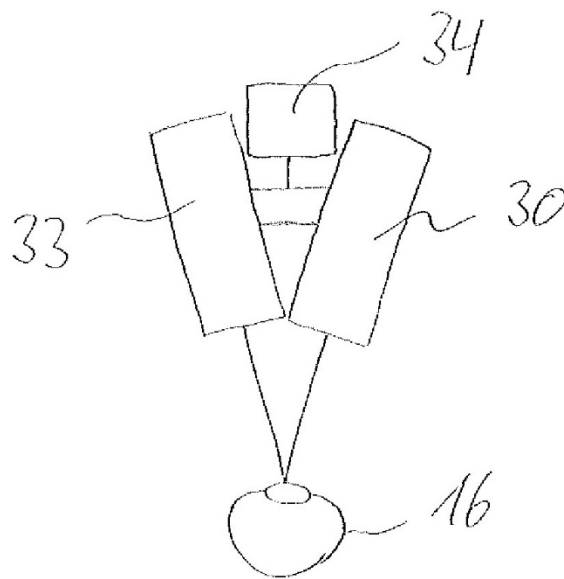


Fig. 8