

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 369 274**

51 Int. Cl.:  
**A61B 3/16**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05821465 .1**

96 Fecha de presentación: **20.12.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1827203**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.09.2007**

54 Título: **TONÓMETRO MÓVIL PARA LA REALIZACIÓN DE UNA TONOMETRÍA AUTOMÁTICA SIN CONTACTO.**

30 Prioridad:  
**20.12.2004 DE 102004062337**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**29.11.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**29.11.2011**

73 Titular/es:  
**MECHATRONIC AG  
WITTICHSTRASSE 2  
64295 DARMSTADT, DE**

72 Inventor/es:  
**WEBER, Thomas y  
BACKHAUS, Wendelin**

74 Agente: **Lehmann Novo, Isabel**

**ES 2 369 274 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**

Tonómetro móvil para la realización de una tonometría automática sin contacto

La invención se refiere a un tonómetro móvil para la realización de una tonometría automática sin contacto y a un procedimiento para el posicionamiento automático del eje de medición de un tonómetro de este tipo.

5 Como se conoce, el glaucoma, llamada también estrella verde, es una de las enfermedades oculares más peligrosas y una de las causas más frecuentes de la ceguera en los países industrializados. Una de las causas más importantes de la enfermedad es una presión interior elevada de los ojos, también condicionada por modificaciones de los vasos sanguíneos. En caso de presión demasiado elevada, los vasos sanguíneos se atrofian, con lo que se interrumpe la alimentación de sustancia nutritiva de los nervios y se produce una necrosis de los mismos. Los daños son irreversibles y, por lo tanto, para toda la vida. Se manifiestan por una reducción al principio parcial del campo de visión y no se observan debido a una compensación del contraste en el procesamiento de la información y a utilización inconsciente de valores de la experiencia. Solamente una presión interior alta de los ojos se manifiesta en dolor de cabeza y sensación de presión.

10 Para la detección precoz de un glaucoma se emplea la mayoría de las veces una combinación de una medición de la presión interior de los ojos (tonometría), prueba del campo de visión (perimetría) y una investigación de la papila del nervio óptico (evaluación de las papilas). Sin embargo, especialmente en la evaluación de una medición de la presión hay que tener en cuenta que la presión interior de los ojos se modifica en el transcurso de un día y en función del estado corporal de manera similar a la presión sanguínea.

15 En los tonómetros habituales, se distinguen procedimientos de contacto con un contacto del ojo (por ejemplo, tonometría de aplanación de Goldmann) así como procedimientos de medición sin contacto o bien libres de contacto, llamados también "Tonometría de No Contacto" (NTC). La "Tonometría de No Contacto" (NCT) ofrece, por lo tanto, una posibilidad sin contacto y sin dolor de la detección precoz de un glaucoma. El principio de medición de la tonometría sin contacto se basa de manera convencional en un impulso de aire comprimido o impulso de ultrasonido lineal o creciente en forma de rampa, que deforma la córnea, cuya deformación se mide normalmente por medio de rayos IR. Puesto que para ello no es necesaria una anestesia del ojo, este procedimiento no sólo se puede aplicar por médicos, sino en principio también por personas no experimentadas.

20 Por lo tanto, en la detección precoz de la estrella verde, la tonometría adquiere un papel clave, en la que el oculista evalúa los diferentes factores de riesgo junto con la medición de la presión interior del ojo. No obstante, puesto que, como ya se ha indicado, la presión interior del ojo en virtud de las fuertes oscilaciones a lo largo del día, puede ser también normal en el instante de la medición y los picos de presión pueden aparecer normalmente por la mañana temprano, éstos no son detectados por los métodos de investigación actuales realizados normalmente por el médico.

25 Por lo tanto, la introducción de un Tonómetro de No Contacto Automático (SNCT), que puede ser manipulado de manera sencilla por el propio paciente, abriría un camino en la diagnosis y terapia de glaucoma, pudiendo ser utilizado el tonómetro también por una persona no experimentada sin ayuda adicional de otras personas y, por lo tanto, proporcionaría un proceso de medición totalmente automático. Un tonómetro, que se pone a la disposición del paciente para la medición poco costosa de un perfil diario y que se puede manejar fácilmente y sin otra persona, mejoraría de esta manera claramente las posibilidades de la detección precoz. De acuerdo con ello, con un tonómetro automático de este tipo se podrían generar datos realmente expresivos.

30 Las publicaciones sobre tonómetros para la tonometría sin contacto son múltiples.

35 Así, por ejemplo, el documento EP 1 310 209 A2 se refiere a un tonómetro sin contacto, en el que para la actuación de fuerza selectiva sobre el ojo a investigar, un pistón accionado por medio de un solenoide lineal proporcional genera impulsos de fluido de manera predeterminada y controlada. El solenoide es controlado, sobre la base de datos memorizados previamente en una tabla de consulta digital, por medio de una corriente de accionamiento. Además, el documento EP 1 147 738 A1 se refiere a un procedimiento para la tonometría sin contacto, en la que durante una deformación de la córnea provocada por un impulso de fluido, se procesan observaciones vinculadas tanto en el estado cóncavo de la aplanación como también en el estado convexo de la aplanación, para preparar el valor de la presión intra-ocular. El documento WO 00/02481 se refiere a un tonómetro sin contacto con una subida no lineal de la presión durante la medición. El documento WO 97/48232 se refiere a un tonómetro sin contacto con un motor lineal bidireccional, que está conectado de forma accionable con un mecanismo de compresión y reacciona a una señal de aplanación para la reducción de energía de impulso de aire no deseada, transmitida sobre el ojo. No obstante, la alineación / posicionamiento del tonómetro con relación al ojo, que se requiere para un proceso de medición totalmente automático, no es objeto de estas publicaciones, de manera que las enseñanzas de los tonómetros publicados no se pueden aplicar también a un tonómetro automático que puede ser manejado por personas no experimentadas.

55 El documento WO 99/51141 se refiere a un sistema de detección de la aplanación para un tonómetro sin contacto,

que posibilita una reducción de los requerimientos de alineación de los instrumentos durante la medición. Una luz irradiada por un emisor y reflejada en la córnea a investigar es detectada por un campo de detección por medio de una pluralidad de detectores fotosensibles y es transformada por éstos en una pluralidad de curvas de señales que representan la intensidad de la luz, sobre cuya base se determina una curva óptima de la señal para el cálculo basado en ello de la presión intraocular, de manera que se prepara una resolución mejorada de la medición. El gasto técnico necesario para el procesamiento de la información es, por lo tanto, extremadamente grande en este tonómetro y, por consiguiente, intensivo de costes.

La publicación WO 95/20342 se refiere a un tonómetro sin contacto, que se puede disponer sobre una mesa, con instalación de medición paquimétrica adicional para la medición del espesor de la córnea, en el que para la alineación / posicionamiento sobre un lado del tonómetro, que está opuesto al paciente, se requiere un operador.

El documento WO 03/039369, incluyendo las otras publicaciones que pertenecen a la familia, se refiere a un tonómetro manual sin contacto, a través del cual un operador puede ver el ojo a investigar de un paciente directamente a lo largo de un eje óptico, para alinear el tonómetro por medio de un sistema de alineación pasivo integrado en el tonómetro. A tal fin, una representación de imagen se superpone con la imagen del ojo visto, para posibilitar al operador una alineación de los tres grados de libertad con relación al eje óptico. Por lo tanto, no es posible una tonometría automática.

La publicación DE 196 47 114 A1 se refiere a la medición sin contacto de la presión interior del ojo, en la que la actuación de la fuerza necesaria para la deformación de la córnea se realiza bajo el control de una función de tiempo lineal o cuadrada por medio de un chorro de fluido o por medio de ultrasonido y la medición de la deformación se realiza por medio de un rayo láser dirigido sobre el ojo. El rayo láser se dirige sobre el ojo y la dirección de la actuación de la fuerza se encuentran en un eje. Al menos las instalaciones para la dirección del rayo láser, para la medición del rayo láser reflejado y para la actuación de la fuerza están conectadas rígidamente con un sistema de posicionamiento y o bien están fijadas sobre un soporte móvil sobre respecto al objeto de medición en tres coordenadas o se fijan en la cabeza del paciente. Una alineación del sistema que puede ser realizada por el paciente se realiza de la misma manera utilizando el rayo láser, aunque debilitado, siendo realizada una compensación de la potencia del rayo láser reflejado y sirviendo para el paciente como luz piloto para la tonometría automática del láser. Después de la alineación realizada manualmente y reconocida por el sistema a través de compensación, el lleva a cabo el ajuste de la distancia a través de proyección de marcas de posición que deben hacerse coincidir en el campo objetivo, a través de reflexión de un haz de luz que incide lateralmente y que se refleja sobre un detector o por medio de un sistema de enfoque automático. También se menciona el empleo de un control acústico de la alineación, pero no se describe en detalle. En el caso de una tonometría automática, el dispositivo requiere, por lo tanto, un usuario extraordinariamente experimentado para la alineación correspondiente.

La publicación DE 101 23 098 A1 se refiere a un tonómetro para la determinación sin contacto de la presión interior del ojo, en la que están previstos medios para la detección y modificación de la posición relativa del tonómetro frente al ojo y para la generación de un impulso de gas comprimido definido sobre el ojo en función de la posición relativa. La disposición de tonómetro propuesta también en forma de un tonómetro manual comprende para la alineación y detección de la posición tres diodos láser desplazados entre sí en cada caso  $2/3 \pi$  alrededor del eje óptico con colimador enfocable y pantalla variable para la generación de trayectorias de rayos exactamente paralelas, que son desviadas por medio de una óptica de reproducción sobre el ojo u son reflejadas por éste a través de la óptica de reproducción sobre un sensor que indica directamente desplazamientos transversales y que está dispuesto sobre un soporte. La óptica de reproducción y los medios de generación del impulso de gas comprimido están dispuestos coaxialmente al eje óptico de la disposición de tonómetro. El impulso de gas comprimido activado manualmente o de forma automática después de la detección de una posición definida sobre el ojo provoca de nuevo una modificación de la posición y, por lo tanto, una desviación de las trayectorias de los rayos reflejados y empleadas previamente para la alineación, que son evaluadas de manera correspondiente a través del mismo sistema sensor empleado previamente para la determinación del posicionamiento exacto. Por lo tanto, también esta disposición requiere, en el caso de un tonómetro manual, un usuario extraordinariamente experimentado, puesto que solamente están preparados medios pasivos para la detección de la posición.

El documento EP 1 121 895 B1, incluyendo otras publicaciones que pertenecen a la familia, se refiere a un tonómetro manual sin contacto, en el que está prevista una instalación de posicionamiento, de tal manera que se prepara una imagen de posicionamiento para el paciente para el posicionamiento automático. Un rayo infrarrojo dirigido sobre el ojo y reflejado por la córnea es desviado, en el caso de posicionamiento correcto a través del paciente perpendicularmente a un eje de medición sobre un detector para la alineación pasiva del monitor, de tal manera que se activa una señal de disparo para la activación del proceso de medición. Por lo tanto, el posicionamiento activo se realiza de nuevo a través del paciente, que de esta manera requiere igualmente un usuario extraordinariamente experimentado.

Un procedimiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 se conoce a partir del documento WO 98/09564.

- 5 Por lo tanto, el cometido de la invención es preparar un tonómetro que se puede emplear de manera flexible para la realización de una tonometría automática sin contacto, un llamado Tonómetro Automático de No Contacto (SNCT) así como un posicionamiento activo para un tonómetro de este tipo, que se puede emplear también por pacientes no experimentados de una manera muy sencilla y sin ayuda adicional para la medición correcta de la presión interior del ojo por autoservicio y, por consiguiente, asegura, además, el registro de coste favorable también de perfiles de la presión diaria, es decir, la medición múltiple de la presión interior del ojo en diferentes instantes.
- 10 La solución del cometido de acuerdo con la invención se consigue de una manera altamente sorprendente ya a través de un objeto con las características de acuerdo con una de las reivindicaciones independientes adjuntas.
- Las formas de realización y los desarrollos ventajosos y/o preferidos son objeto de las reivindicaciones dependientes.
- 15 Por lo tanto, las ventajas esenciales de la invención consisten en que en virtud del sistema de posicionamiento activo o bien del posicionamiento activo automático se reduce claramente la influencia de un paciente sobre la inseguridad de la medición en los SNCT debido a posicionamiento manual inexacto y las manipulaciones necesarias hasta ahora del paciente y, por lo tanto, se puede limitar a un mínimo, también en el caso de paciente no experimentados, la manipulación y manejo del tonómetro.
- El ajuste y/o seguimiento predefinido / predefinible del posicionamiento activo comprende de manera más conveniente, además, el posicionamiento del eje de medición a una distancia definida de la córnea, de manera que el eje de medición es regulable con preferencia en al menos tres grados de libertad.
- 20 En virtud del eje de medición posicionado, es decir, ajustado o bien seguido de forma automática por sistema, como reacción a la detección de la dirección de la visión, realizada de forma automática, se suprime, además, la alineación anterior del eje óptico sobre un eje de medición predefinido a través del paciente, en particular porque el eje de medición del aparato de acuerdo con la invención y el eje óptico del ojo para la realización de la medición no deben ser alineados ya forzosamente en una relación fijamente predefinida.
- 25 Con preferencia, el sistema de posicionamiento es supervisado por una unidad de control / regulación, de tal manera que la detección se realiza de manera continua o periódica y se sigue el eje de medición de manera correspondiente. De esta manera, se pueden compensar posibles modificaciones antes de una medición o entre mediciones sucesivas individuales distanciadas en el tiempo.
- 30 Para una reducción efectiva de la instalación de detección y de las capacidades de cálculo necesarias, las señales empleadas para la detección de la posición de acuerdo con la invención para la detección de la dirección de la visión son procesadas con preferencia de forma analógica.
- A tal fin, la instalación de detección comprende con preferencia medios para la detección de dimensiones geométricas de la córnea, estando configurados los medios con preferencia para la utilización de rayos ópticos, es decir, para la utilización de rayos visibles o en particular para la utilización de rayos IR.
- 35 De acuerdo con formas de realización preferidas, el tonómetro comprende al menos un emisor óptico, por ejemplo un emisor IR, para la emisión dirigida de un rayo, al menos parcialmente, sobre la córnea, y al menos un receptor óptico, por ejemplo un receptor-IR para la recepción de al menos una porción de radiación del rayo dirigido y/o de un rayo reflejado. Por lo tanto, puesto que para la detección de dimensiones geométricas de la córnea se pueden medir señales relativas, señales absolutas y/o efectos de sombra con trayectorias respectivas de los rayos, la instalación de detección respectiva se puede adaptar y emplear de manera específica del tonómetro.
- 40 La utilización de dimensiones geométricas, es decir, incluyendo también geometrías esencialmente simétricas rotatorias, para una detección analógica de la dirección de la visión en el campo próximo garantiza, por lo tanto, de una manera sencilla una determinación fiable también del vértice de la córnea y, por lo tanto, de la posición esencialmente de cualquier lugar sobre la superficie de la córnea, en particular en la zona central o en una zona esencialmente central de la córnea, para la alineación del sistema de medición.
- 45 En un desarrollo, está previsto que el tonómetro comprenda al menos una instalación de reflexión, que colabora, respectivamente, con un emisor óptico, en particular emisor IR, y con un receptor óptico, en particular receptor IR, para la formación de una trayectoria de los rayos que marca dimensiones geométricas de la córnea.
- 50 Si están previstos dos emisores ópticos, en particular emisores IR, y receptores ópticos, en particular receptores IR, respectivamente, con una instalación de reflexión asociada para la formación de una trayectoria de los rayos que marca dimensiones geométricas de la córnea, se puede irradiar de manera sencilla en forma de jaula para la determinación de posiciones en los grados de libertad del ojo y, por lo tanto, de la dirección de la visión de de éste desde dos trayectorias paralelas de los rayos.
- En una configuración complementaria o alternativa, se propone, además, prever al menos un emisor configurado

especialmente como emisor IR y un receptor configurado especialmente como receptor IR, que se pueden posicionar de manera correspondiente para una evaluación de posiciones en los grados de libertad sobre la base de la reflexión de una trayectoria de los rayos. De esta manera se puede garantizar un procedimiento, en el que la reflexión de una trayectoria de los rayos es evaluada en una señal absoluta.

- 5 En otra configuración complementaria o alternativa, se propone, además, detectar la reflexión de un cono de luz desde al menos un emisor óptico en la superficie de la córnea por una pluralidad de receptores ópticos dispuestos en el emisor, por ejemplo cuatro receptores ópticos, dispuestos de forma simétrica rotatoria alrededor del emisor y determinar sobre la base del procesamiento de señales relativas y de señales absolutas, es decir, esencialmente de relaciones relativas y de niveles absolutos de porciones de trayectorias de los rayos recibidas o bien de flujos de radiación, la posición de un lugar en la superficie de la córnea.

En formas de realización preferidas, el sistema de posicionamiento comprende, por lo tanto, unas guías controlables por la unidad de control / regulación para el ajuste de al menos un emisor óptico, de al menos un receptor óptico y/o de al menos una instalación de reflexión.

- 15 De manera correspondiente, también a la unidad de medición a ajustar o bien a seguir están asociadas unas guías controlables por medio de la unidad de control / regulación.

Tales guías están configuradas de manera más conveniente para el posicionamiento de unidades (parciales) de sensor y/o de medición, esencialmente en tres grados de libertad que se extienden perpendiculares entre sí.

- 20 La unidad de control / regulación para el posicionamiento activo de acuerdo con la invención así como una unidad de evaluación de datos y de memorización de datos pueden estar integradas en el tonómetro y/o el tonómetro puede comprender una instalación de emisión y/o de recepción correspondiente, pero que corresponde a unidades alejadas.

- 25 Para un juego de guía lo más reducido posible, para la reducción al mínimo del desgaste y, por lo tanto, para la elevación de la ausencia de mantenimiento, está previsto, además, configurar unas guías para el movimiento de instalaciones (parciales) dispuestas de forma ajustable del sistema de posicionamiento y del sistema de medición con articulaciones de cuerpos sólidos, en particular con articulaciones de cuerpos sólidos en forma de bisagras de película y/o de guías de resorte.

- 30 Para conseguir una relación de actuación óptima, está prevista, además, la utilización de cinemáticas, es decir, cojinetes y uniones correspondientes entre cojinetes individuales, que están fabricados para la reducción del gasto de montaje, por ejemplo monolíticamente, en particular a través de la técnica de fundición por inyección, técnica galvánica o técnica láser.

Las guías de articulación de cuerpos sólidos y/o las cinemáticas son accionadas, además, por actuadores controlables por la unidad de control / regulación.

- 35 Para una aplicación técnica sencilla son adecuadas con preferencia cinemáticas de guía de traslación y/o de rotación, puesto que para el funcionamiento de tales cinemáticas se puede recurrir, de manera específica de la aplicación, a una pluralidad de actuadores diferentes. Por lo tanto, tales actuadores se pueden basar con preferencia en sistemas de impulsos giratorios, motores paso a paso, accionamientos lineales o bobinas de inmersión.

- 40 En un desarrollo conveniente, está previsto aproximar un grado de libertad de traslación, que se extiende esencialmente vertical, del sistema de posicionamiento y/o de medición a través de rotación, de manera que el peso propio es soportado en los cojinetes rotatorios, lo que contribuye, por lo tanto, a una estabilización esencialmente mejorada del proceso de ajuste. También de esta manera se puede satisfacer la necesidad del espacio de construcción requerido en comparación con una guía de traslación insertable. Además, si el punto de giro de la rotación se encuentra en el centro de gravedad de la instalación (parcial) a ajustar, solamente se requiere, por consiguiente, un mínimo de empleo de energía necesaria.

- 45 De acuerdo con formas de realización preferidas, el tonómetro de acuerdo con la invención está configurado en forma de gafas o en forma de casco o es un tonómetro manual que puede ser mantenido con la mano.

Especialmente en el caso de un tonómetro manual, para un posicionamiento básico estable están previstas con preferencia unas zonas de apoyo, que comprenden formas de soporte formadas y/o formables de manera correspondiente para la aplicación en un hueso nasal, una sien o un hueso de la mejilla, pudiendo fijarse las zonas de apoyo en su posición con preferencia de forma ajustable.

- 50 Para simplificar adicionalmente los mecanismos de alineación automáticos, se propone, además, especialmente en el caso del tonómetro manual, que el tonómetro comprenda adicionalmente una instalación goniométrica con un tubo dirigido hacia el paciente para el posicionamiento básico mejorado del eje óptico del ojo.

En una forma de realización preferida, técnicamente muy sencilla, pero ya muy efectiva, la instalación goniométrica

comprende un patrón goniométrico óptico dispuesto coaxialmente con el tubo, que cubre, al menos parcialmente, en el caso de desplazamiento axial frente al eje óptico o no es visible totalmente.

5 Se garantiza una estabilización mejorada adicionalmente de la posición básica en el caso del tonómetro manual cuando el sistema de posicionamiento y el sistema de medición están dispuestos en una carcasa del tonómetro, con la que está acoplado al menos un mango, desacoplado de vibraciones. Especialmente utilizando un sistema pasivo de amortiguador de resorte, se pueden contrarrestar de manera efectiva las oscilaciones o una inestabilidad del paciente. Un desacoplamiento de las vibraciones de este tipo se puede emplear, por lo tanto, en principio de manera extraordinariamente conveniente también para tonómetros con otras características con respecto a las reivindicaciones independientes.

10 Para garantizar una subida de la presión definida, especialmente lineal o no lineal, durante la medición, el tonómetro de acuerdo con la invención comprende con preferencia, además, una instalación de impulsión de presión controlable de manera conveniente sobre la base del tiempo para la alimentación definida de presión, especialmente a base de aire, sobre el ojo, que está dispuesta, por ejemplo, también entre una instalación de generación de presión original y una cabeza de toberas.

15 De forma complementaria o alternativa, está previsto, además, configurar el tonómetro con una instalación de impulsión de presión, en particular que comprende un generador de impulsos de aire, que recibe una cabeza de toberas sustituible. De esta manera se consigue, de una forma extraordinariamente efectiva, una protección contra infección, especialmente contra HIV y virus de herpes a partir de gotitas de película de lágrimas, puesto que la cabeza de toberas se puede sustituir para cada medición o en el caso de empleo del tonómetro por otro usuario y de esta manera se suprime, en principio, una limpieza intensiva de tiempo. Además, es ventajoso que una cabeza de toberas sustituible de este tipo se pueda emplear de manera extraordinariamente conveniente, en principio, también para tonómetros con otras características con respecto a las reivindicaciones independientes.

20 Si la cabeza de toberas sustituible comprende un blindaje que rodea el orificio de toberas en dirección radial hacia la dirección de alimentación, tanto la parte funcional de la tobera como también su entorno están protegidos contra la infección o bien son sustituibles. En el caso de configuración al menos parcialmente transparente del blindaje, éste se puede configurar también para una disposición directamente delante de la instalación de detección de la medición.

25 Para conducir la impulsión de la presión de manera selectiva sobre el ojo, la instalación de impulsión de la presión comprende, además, con preferencia una instalación dispuesta móvil, que recibe la cabeza de toberas para la introducción del medio de impulsión con presión, de manera que la instalación móvil está acoplada de manera más conveniente con la instalación de alineación.

Otras ventajas y características de la invención se deducen a partir de la descripción ejemplar siguiente de formas de realización preferidas con referencia a los dibujos que se adjuntan. En los dibujos:

35 La figura 1a muestra de forma esquemática una detección de la dirección de la visión a través de la utilización de la sombra de una trayectoria de los rayos.

La figura 1b muestra de forma esquemática una detección de la dirección de la visión a través de la utilización de una "jaula" de dos trayectorias de rayos paralelas.

La figura 1c muestra de forma esquemática una detección de la dirección de la visión a través de la utilización de la evaluación de la señal absoluta de un flujo de radiación reflejado.

40 La figura 1d muestra de forma esquemática una detección de la dirección de la visión esencialmente sólo por medio de una utilización de la simetría de rotación del ojo para la detección de la posición de un lugar sobre la córnea empleando un emisor y cuatro fotodiodos dispuestos de forma simétrica rotatoria alrededor del emisor.

La figura 2a muestra el posicionamiento básico de un tonómetro manual de acuerdo con la invención delante del ojo sobre la base de tres zonas de apoyo.

45 La figura 2b muestra de forma muy simplificada tres lugares de soporte preferidos como zonas de apoyo del tonómetro manual para la colocación en sien de un paciente de acuerdo con la figura 2a, que ofrecen una posición de partida reproducible para el posicionamiento fino siguiente y la medición.

La figura 3a muestra una construcción del tonómetro similar a unas gafas.

La figura 3b muestra una construcción de un tonómetro similar a un casco.

50 La figura 4 muestra un eje de medición en la vertical de la córnea, que está girado en la forma de realización representada frente al eje óptico.

Las figuras 5a y b muestran de forma esquemática la acción de una instalación goniométrica integrada de acuerdo con la invención, en la que unos anillos concéntricos de una luz de posición, que se representan solamente de manera simétrica en un posicionamiento correcto (figura 5a), representan, con un desplazamiento axial, un patrón desplazado (figura 5b).

- 5 La figura 6 muestra de forma muy esquemática, en una vista parcialmente fragmentaria, un principio cinemática ejemplar para el movimiento de traslación y de rotación accionado por actuador de las unidades (parciales) de sensor y de medición, y

La figura 7 muestra de forma esquemática una unidad desechable que comprende una tobera con protección contra salpicaduras incorporada.

- 10 A continuación se hace referencia en primer lugar a las figuras 2a y 2b. La figura 2a muestra de forma muy simplificada un tonómetro móvil de acuerdo con la invención a modo de un tonómetro manual 100, que está configurado para el posicionamiento básico para la realización automática de una tonometría sin contacto, designada a continuación como SNCT, con tres zonas de apoyo, de manera que el tonómetro manual se puede aplicar para la medición propiamente dicha en la sien del probando por sí mismo de manera sencilla en tres lugares de apoyo previamente definidos.
- 15

Las zonas de apoyo comprenden en una forma de realización preferida material deformable o están conectadas de forma móvil con el tonómetro de tal manera que, por una parte, se puede realizar una cierta adaptación individual a diferentes contornos de cara y, por otra parte, se puede efectuar una fijación ajustable para garantizar una posición de partida reproducible.

- 20 En el presente ejemplo, las zonas de apoyo están configuradas de manera correspondiente, como se indica en la figura 2b, para el apoyo en el hueso de la nariz 101, en la sien 102 y en los huecos de la mejilla 103. Por lo tanto, las zonas de apoyo lugares de soporte configurados de forma correspondiente son especialmente convenientes para una posición básica estable del tonómetro manual.

- 25 Las figuras 3a y 3b muestran otras formas de realización de un tonómetro móvil de acuerdo con la invención en forma de unas gafas 100' o bien en forma de un casco 100". Por lo tanto, tales formas de realización se pueden configurar con una pluralidad de zonas de apoyo que comprenden lugares de soporte adicionales y/u otros lugares de soporte, en comparación con un tonómetro mantenido en la mano, para posibilitar de una manera muy sencilla un posicionamiento básico ajustable y reproducible de forma individual y flexible para el paciente.

- 30 Además, un tonómetro preferido de acuerdo con la invención comprende, además de un sistema de medición integrado para la realización de la tonometría sin contacto, un sistema de posicionamiento activo integrado, accionado por medio de actuadores para el posicionamiento del sistema de medición con relación a un ojo a investigar, que es controlado por al menos una unidad de control / regulación. La al menos una unidad de control / regulación puede estar integrada en este caso en el tonómetro o puede estar alejada, comprendiendo en este caso el tonómetro una instalación de emisión y/o de recepción para la transmisión de datos correspondientes. La alineación relativa remanente del ojo con respecto a la unidad de medición del tonómetro manual es detectada, por lo tanto, de acuerdo con la invención de forma automática por la instalación de detección óptica descrita a continuación y es compensada por medio del sistema de posicionamiento fino, de manera que como consecuencia la unidad de medición del tonómetro de acuerdo con la invención se posiciona de manera totalmente automática en la vertical de la cornea, en algunas formas de realización de manera totalmente automática en la vertical del vértice de la cornea. Puesto que de esta manera a través del paciente solamente debe predeterminarse de manera aproximada la posición del tonómetro manual en la cabeza por medio de las zonas de apoyo utilizables como soporte, se reduce, además, claramente la influencia del paciente sobre la inseguridad de la medición en el SNCT a través de posicionamiento manual inexacto y solamente es necesaria una manipulación y un manejo mínimos del aparato a través del paciente.
- 35
- 40

- 45 No obstante, en un desarrollo especialmente conveniente está previsto adicionalmente, como soporte para la instalación de detección y el sistema de posicionamiento fino, configurar el tonómetro con una instalación goniométrica óptica y con un tubo para el paciente para la alineación básica complementaria del eje óptico del ojo. De esta manera, se indica al paciente, al menos antes de la resolución del posicionamiento fino automático y de la medición siguiente de la presión interior del ojo una luz de posición, con cuya ayuda puede pre-posicionar el SNCT o bien su unidad de medición esencialmente en el centro delante de un ojo. Como se representa de forma esquemática en las figuras 5a y 5b, una luz de posición de este tipo comprende, por ejemplo, un patrón goniométrico óptico 105, que está constituido por anillos concéntricos, que están dispuestos, en principio, coaxialmente a un tubo 106. Si el paciente mira a través del tubo 106, el patrón goniométrico 105 está cubierto parcialmente en el caso de desplazamiento axial del eje óptico del ojo, como se puede ver en la figura 5b, y es totalmente visible para el paciente en el caso de alineación igualmente coaxial (figura 5a).
- 50
- 55

Puesto que con una alineación previa correspondiente se pueden reducir claramente los posicionamientos angulares y los posicionamientos del recorrido, que deben cubrirse por medio de control de actuador, para la instalación de

detección y el sistema de posicionamiento fino, hay que limitar de una manera efectiva, como consecuencia de ello, también las dimensiones exteriores del tonómetro en virtud de las libertades de movimiento reducidas que son necesarias para la detección de la dirección de la visión provocada de forma automática de acuerdo con la invención, lo que ayuda, especialmente en el caso de un tonómetro manual, de nuevo al usuario para la manipulación más simplificada durante la realización de una tonometría automática sin contacto.

Este posicionamiento activo del sistema de medición del tonómetro automático en tres dimensiones de acuerdo con la invención prepara esencialmente el posicionamiento automático de la unidad de medición 150 que recibe valores de medición y, por lo tanto, de la unidad central del procedimiento de medición, de manera conveniente delante del ojo, de tal forma que el eje de medición MA está alineado en la vertical de la córnea, como se representa, por ejemplo, en la figura 4, siendo recibida en el presente ejemplo una tobera para la impulsión con presión del ojo a investigar en la dirección del eje de medición MA en la unidad de medición 150. No obstante, hay que indicar que la tobera y la unidad de medición se pueden disponer también por separado, en particular paralelas entre sí, y se pueden alinear por medio de guías asociadas respectivas en el eje de medición. Por lo tanto, es especialmente ventajoso que el eje de medición MA no esté acoplado ya rígidamente en el eje óptico OA del ojo, que está en relación con la dirección de la visión detectada a continuación de acuerdo con la invención, sino que puede ser girado, como se puede ver en la figura 4, también con relación al eje óptico OA.

Aunque ambos ejes pueden coincidir sobre el vértice de la córnea, por ejemplo en el caso de una alineación óptica o bien todavía más precisa requerida, ni el tonómetro de acuerdo con la invención tiene que medir forzosamente en el eje óptico OA el ojo, ni el eje de medición MA y el eje óptico OA del ojo tienen que estar alineados forzosamente entre sí en una relación fijamente predefinida.

De esta manera, se garantiza una aplicación extraordinariamente variada y flexible del tonómetro de acuerdo con la invención también en las más diferentes condiciones marginales de los ojos.

Con relación a continuación a las figuras 1a, 1b y 1c, se describe a modo de ejemplo una instalación de detección óptica, empleada con preferencia en el tonómetro de acuerdo con la invención, para la detección de la dirección de la visión. En particular, para limitar a un mínimo el gasto de sensor y el gasto de cálculo para la detección de la dirección de la visión, dado el caso con detección correspondiente del eje óptico, como también del eje de medición que debe ajustarse a continuación, se utilizan con preferencia esencialmente sólo dimensiones geométricas de la córnea para una detección analógica de la dirección de la visión en el campo próximo.

Para una detección analógica de una geometría de los ojos de este tipo, se puede utilizar una pluralidad de las más diferentes técnicas de detección de sensor, proponiendo la invención el empleo de rayos ópticos, con preferencia el empleo de rayos-IR, utilizando las siguientes técnicas de detección.

A la unidad de detección está asociada una unidad de evaluación no representada y descrita en detalle, que evalúa los datos (intermedios) calculados en este caso. La unidad de valuación puede estar integrada en el tonómetro o puede estar realizada, en función de la forma de realización, como unidad de evaluación separada, que está en conexión con el tonómetro a través de una instalación de emisión y recepción correspondiente por cable o sin hilos.

En el esbozo funcional según la figura 1a se representa de forma esquemática la utilización de la sombra de un rayo o de varios rayos. Un emisor 131 y un receptor 132 están posicionados a tal fin a una distancia "d" predefinida o también ajustable, por ejemplo de aproximadamente 40 mm entre sí, de tal manera que en el caso de que la trayectoria de los rayos no esté perturbada entre el emisor 131 y el receptor 12 se detecta un rayo, que parte desde el emisor 131, libre de pérdidas por el receptor 132. Manteniendo este posicionamiento relativo del emisor 131 y del receptor 132 entre sí, estos están dispuestos o son colocados en la proximidad del ojo, de tal manera que la trayectoria o también el plano de una trayectoria de los rayos es sombreada en parte por la córnea. Para la determinación automática de la posición, por ejemplo la posición y la alineación de la córnea, se evalúan de esta manera en cada caso trayectorias de los rayos no sombreadas, parcialmente sombreadas o totalmente sombreadas, detectadas por medio de la unidad de detección y sobre la base de la evaluación y/o la pluralidad de las trayectorias de los rayos evaluadas se genera una señal de regulación para el ajuste y seguimiento de la unidad de medición 150 y de la tobera en la vertical, por ejemplo, del vértice de la córnea. La instalación de detección con emisor 131 y receptor 132 está accionada con preferencia por actuador, de manera que sobre la base de la evaluación de la trayectoria de los rayos, se garantiza también un seguimiento de la propia unidad de evaluación con relación al vértice de la córnea. En virtud de dimensiones geométricas conocidas en sí del ojo y de la córnea, para un posicionamiento voluntario en la vertical del vértice de la córnea solamente son necesarios, por lo tanto, normalmente cuatro lugares de soporte. Por lo tanto, un posicionamiento requerido solamente en la zona central de la córnea conduce a una reducción de nuevo amplia del gasto de sensor y del gasto de cálculo.

En el esbozo funcional según la figura 1b se representa de forma esquemática la figura de una "jaula" formada por al menos dos trayectorias paralelas de los rayos, con la que se pueden determinar de manera sencilla ya posiciones en dos grados de libertad del ojo. A tal fin, la unidad de sensor óptico comprende unos reflectores 133, asociados, respectivamente, a una pareja de emisor / receptor 131 y 132 o bien 131' y 132', que están o bien son asociados a

un plano que comprende la córnea. También en una disposición de este tipo, la unidad de detección en general o las unidades parciales individuales son móviles individualmente de manera conveniente por medio de actuadores, para garantizar una adaptación a condiciones marginales respectivas del ojo y/o para adoptar diferentes posiciones para la detección de la dirección de la visión. Por lo tanto, también en este tipo de técnica de detección se utilizan señales absolutas como también señales relativas, provocadas a través de sombreado de las trayectorias de los rayos a través de la córnea para la determinación de la posición esencialmente exacta de la córnea.

En otra forma de realización complementaria o alternativa a la disposición representada en la figura 1b, según la figura 1c, se regula el posicionamiento de la unidad de detección, de manera que la reflexión de una trayectoria de radiación en la señal absoluta es evaluada, por lo tanto, por ejemplo, para la determinación de la posición dentro de otro grado de libertad. A tal fin, el emisor 131 y el receptor 132 están configurados con preferencia como unidades parciales de detección móviles individualmente, de manera que la unidad de evaluación realiza la evaluación correspondiente de la dirección de la visión con la ayuda de las posiciones del emisor 131 y del receptor 132 activadas en cada caso por medio de la instalación de actuador y con la ayuda de la reflexión de la trayectoria de los rayos realizada a través de la córnea y detectada a continuación. De esta manera, se realiza también la evaluación en todos los tres grados de libertad a partir de la reflexión de una trayectoria de la radiación en la señal absoluta.

La figura 1d muestra en forma de esbozo (en la vista en sección a lo largo del eje de medición MA y desde la visión del ojo a lo largo de la línea A-A) otra forma de realización complementaria o alternativa para la determinación de una posición de la córnea para el posicionamiento de una unidad de medición en la vertical. Esencialmente sólo utilizando las propiedades simétricas rotatorias de las dimensiones geométricas de la córnea se detecta la reflexión de un cono de luz de un emisor 131" en la superficie de la córnea por receptores ópticos 132" dispuestos alrededor del emisor 131", en el ejemplo representado por cuatro fotodiodos 132" dispuestos de forma simétrica rotatoria. El emisor 131" está colocado, por ejemplo, centrado en el extremo de una tobera 115 para la aplicación de un impulso de aire sobre el ojo. A través de la evaluación de los niveles absolutos y de manera más conveniente de las relaciones relativas de las porciones de flujo de radiación recibidas en cada caso se puede calcular la posición de un lugar de la superficie de la córnea, en el que el eje de medición MA de la unidad de medición representada se posiciona activamente a continuación en la vertical. En la forma de realización según la figura 1d, se reproduce directamente el cono de luz emitido y reflejado del emisor 131" sobre los elementos de recepción 132", debiendo alinearse de manera ventajosa con precisión solamente un componente, el emisor 131". El empleo de fotodiodos sencillos 132" como elementos de recepción eleva adicionalmente la utilidad económica.

De acuerdo con la forma de realización de la instalación de detección empleada en cada caso, se detectan a continuación señales absolutas y/o señales relativas para la determinación de la posición, es decir, especialmente de la posición o de la posición y alineación o bien orientación, de la córnea y se evalúa y en dependencia funcional se realiza la determinación de una vertical, por ejemplo de la vertical del vértice de la córnea. Por lo tanto, una señal relativa se basa, en general, en una relación relativa de varios flujos de radiación o de magnitudes de medición procesadas, en cambio una señal absoluta se basa esencialmente en el nivel absoluto de un flujo de radiación o de una magnitud de medición procesada.

La evaluación se realiza con preferencia en línea, de manera que por este medio se puede regular, además, un posicionamiento nuevo correspondiente y/o un seguimiento de la unidad de detección o de unidades parciales de detección accionadas con actuador, para verificar la posición de la córnea a determinadas distancias, en particular inmediatamente antes de una medición o entre mediciones distancias en corto espacio de tiempo y sobre esa base determinar un eje de medición MA que debe alinearse en la vertical de la córnea, por ejemplo en la vertical del vértice de la córnea, posicionarlo a una distancia definida de la unidad de medición con respecto a la córnea, controlarlo continuamente y reajustarlo, en caso necesario.

Después de la realización del posicionamiento fino de la unidad de medición y de la tobera, se lleva a cabo el proceso de medición propiamente dicho de la presión interior del ojo, en el que un impulso de presión dirigido sobre la córnea, en particular un impulso de presión de aire, deforma fácilmente la córnea y a partir del comportamiento de movimiento de la córnea se calcula la presión interior del ojo existente.

El valor de medición exacto se deposita, por ejemplo, en una memoria del tonómetro, que el oculista practicante lee en la investigación siguiente. En una forma de realización alternativa, por medio de la instalación de emisión / recepción del tonómetro se puede realizar también la memorización de los valores de medición en una memoria a distancia, a la que el médico tiene acceso. De manera más conveniente, el paciente recibe él mismo después de cada medición individual, un mensaje de reconocimiento, por ejemplo en forma de que la medición se ha realizado con éxito y la medición ha dado como resultado una presión baja, normal o alta.

Por lo tanto, de forma complementaria o alternativa se pueden transmitir, además, desde una instalación remota, a la que el médico tiene acceso, por ejemplo parámetros correspondientes, saciados especialmente también al paciente, por ejemplo para la determinación de instantes para la realización de una medición respectiva, para la medición de tonometría automática hasta el tonómetro.

- Las unidades parciales dispuestas en el tonómetro y móviles a través de actuadores en su posición y/o alineación, como especialmente, por lo tanto, la unidad de medición 150 y la tobera así como unidades existentes específicas de la aplicación y empleadas para la detección automática de la dirección de la visión y/o una instalación, por ejemplo una sección de canal de tobera dispuesto de forma pivotables y/o giratoria, en la que está alojada o se puede alojar una cabeza de toberas adaptada, para la alineación selectiva definida de la aplicación del impulso sobre la córnea, están suspendidas con preferencia en guías configuradas en forma de articulación de cuerpos sólidos. De esta manera se evita en gran medida un juego no deseado y un desgaste precoz de las guías y, por lo tanto, se garantiza una ausencia larga de mantenimiento. Como una configuración preferida de tales articulaciones de cuerpo sólido, la invención propone bisagras de película y/o guías de resorte.
- La figura 6 muestra de forma muy simplificada en vista parcialmente fragmentaria el principio de la cinemática de un sistema de posicionamiento para la realización de movimientos de traslación y de rotación de unidades de sensor y de unidades (parciales) de medición.
- La unidad de sensor o unidad (parcial) de medición respectiva no representada en la figura 6 está dispuesta en este caso en una unidad central 160 que comprende un núcleo de hierro 162 alojado de forma móvil en la dirección del eje con núcleo magnético circundante, de manera que el eje 161 está alojado a ambos lados sobre sistemas de bobinas giratorias 163 de tal forma que se posibilita también un movimiento de traslación del eje 161 perpendicularmente a éste.
- Por lo tanto, a través de los sistemas de bobinas giratorias se puede realizar un movimiento de rotación de la unidad de sensor o unidad (parcial) de medición, indicada en la figura 6 por medio de las flechas de dirección identificadas con "R", alrededor del eje 161, a través de la cual se puede aproximar un grado de libertad de traslación de manera conveniente esencialmente vertical (designado con frecuencia también como dirección-Y) de la unidad de sensor o unidad (parcial) de medición. De esta manera, se puede reducir el espacio de construcción necesario y el peso propio es soportado en los cojinetes rotatorios. Si el punto de giro de esta rotación está esencialmente en el centro de gravedad de la unidad de sensor o unidad (parcial) de medición a mover, esto contribuye de una manera eficaz a una relación de actuación todavía mejorada y a una necesidad reducida de energía.
- Los dos grados de libertad remanentes, que se extienden esencialmente en dirección horizontal, de la unidad de sensor o unidad (parcial) de medición a mover, como se indica en la figura 6 por medio de las dobles flechas identificadas con "T1" (en un plano aproximadamente paralelo a la superficie de la córnea, designado con frecuencia también como dirección-X) y "T2" (en un plano aproximadamente perpendicular a la superficie de la córnea, designado con frecuencia también como dirección-Z), son accionados sobre la base de la figura 6 por un principio electrodinámico combinado, que en lugar de dos, solamente necesita un circuito magnético, estando dispuestas dos bobinas 164 y 165 perpendiculares entre sí.
- En una forma de realización alternativa, se puede realizar una rotación, por ejemplo, también por medio de un motor paso a paso y/o el desplazamiento de traslación de grados de libertad a través de un número correspondiente de accionamientos lineales.
- No obstante, en particular, para garantizar un gasto de montaje muy reducido se pueden utilizar también otras cinemáticas, por ejemplo aquéllas que se fabrican esencialmente de forma monolítica, por ejemplo a través de fundición por inyección, técnica láser o galvánica.
- Una forma de realización especial del tonómetro de acuerdo con la invención prevé, además, una instalación de impulsión con presión, que prepara la aplicación de impulsos o bien la impulsión con presión, que se requiere para la realización de la medición después de la alineación correspondiente, con un gradiente de presión lineal y/o no lineal definible o predefinido de manera específica de la aplicación.
- Una instalación de impulsión con presión conveniente a tal fin comprende, por ejemplo, una instalación de derivación dispuesta entre una instalación de generación de presión y la cabeza de toberas, que "integra" con una activación correspondiente basada en el tiempo un volumen de derivación determinado en la corriente volumétrica a introducir en la cabeza de toberas.
- En otra forma de realización preferida, la cabeza de toberas del tonómetro móvil de acuerdo con la invención está configurada en forma de una unidad de un solo uso sustituible. Incluso en caso de utilización más frecuente del tonómetro por diferentes pacientes, de esta manera se puede garantizar de una forma muy sencilla que el líquido de las lágrimas, que salpica sobre el aparato a través de la medición NCT y en tonómetros convencionales se puede arrastrar con la corriente de aire en la siguiente medición, se pueda retirar al menos antes de la transmisión o el empleo del aparato a otro paciente sin limpieza intensiva de tiempo, que debe realizarse con frecuencia hasta ahora manualmente. De esta manera, se asegura una protección esencial contra la infección, en particular contra HIV y hepatitis.
- Como se representa de forma muy simplificada en la figura 7, una cabeza de toberas 110 de u solo uso de este tipo, sustituible identificada con 110, comprende con preferencia una sección de conducto de admisión 111, que se puede

5 conectar para la admisión o bien la introducción "Z" de un medio de impulsión con presión, con preferencia de aire comprimido o bien impulsos de aire, con una sección de canal de entrada de la tobera, que está dispuesta en el tonómetro, por ejemplo a través de simple acoplamiento de la sección de conducto de admisión 111 sobre la sección de canal de entrada, un orificio de salida de tobera 112, a través del cual sale el medio de impulsión con presión en la dirección del ojo "A" y un blindaje 113, que rodea el orificio de salida de la tobera 112 y, por lo tanto, la zona circundante de la cabeza de toberas 110, como protección contra las salpicaduras.

En particular, cuando el blindaje 113 cubre también zonas de la instalación de detección de medición, por ejemplo cuando la cabeza de toberas 110 se puede colocar sobre una tobera 115 de la figura 1d o una tobera dispuesta en la unidad 150 de la figura 4, está previsto un blindaje de material transparente.

10 Especialmente en el caso de un tonómetro manual, en éste está fijado, además, en otra forma de realización conveniente, al menos un mango, desacoplado de vibraciones. De esta manera, se posibilita una estabilización adicional de la posición en el campo previo y durante la alineación automática y posicionamiento fino y se compensan, por ejemplo, oscilaciones / temblores (por ejemplo, por Parkinson) del paciente. Un desacoplamiento de las vibraciones de este tipo se puede garantizar de manera sencilla por medio de la fijación a través de un sistema  
15 pasivo de amortiguador de resorte.

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Procedimiento para el posicionamiento del eje de medición de un tonómetro configurado para la tonometría automática, en particular de un tonómetro configurado para una Tonometría de No Contacto, con relación a un ojo a investigar de un paciente, caracterizado porque la dirección de la visión del ojo es detectada de forma automática por medio de un sistema de posicionamiento integrado y, en concreto, a través de la detección de las dimensiones geométricas de la córnea por medio de medición de al menos una señal relativa y/o señal absoluta que se basa en una trayectoria óptica de los rayos, y como reacción a una dirección de la visión detectada del ojo, se ajusta y/o se sigue de forma automática el eje de medición del sistema de medición predefinido en la vertical de la córnea por medio del sistema de posicionamiento.
- 5
- 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la detección se realiza de forma continua o periódica y se ajusta el eje de medición de forma seguida.
- 10
- 3.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la detección de la dirección de la visión se realiza con procesamiento analógico de las señales.
- 4.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la detección se realiza por medio de la detección de la posición, en particular la posición y/o la alineación, de la córnea.
- 15
- 5.-Procedimiento de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que la detección se realiza utilizando dimensiones geométricas de la córnea, en particular utilizando la simetría de rotación de la córnea.
- 6.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que las dimensiones geométricas son detectadas por medio de medición de al menos una señal relativa y/o señal absoluta que se basa en una trayectoria de los rayos IR.
- 20
- 7.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que para la determinación de posiciones en grados de libertad del ojo, éste es irradiado en forma de jaula por dos trayectorias paralelas de los rayos.
- 8.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que para la determinación de posiciones en grados de libertad, se evalúa la reflexión de al menos una trayectoria de los rayos en una señal absoluta.
- 25
- 9.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que para la determinación de la posición de la córnea del ojo, se evalúan la relación relativa y el nivel absoluto de al menos dos flujos de rayos recibidos.
- 10.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que el eje de medición se ajusta en la vertical del vértice de la córnea.
- 30
- 11.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el eje de medición se posiciona a una distancia definida en la vertical.
- 12.- Tonómetro móvil para la realización de una tonometría automática, con un sistema de medición integrado (150) para la realización de una tonometría sin contacto y con un sistema de posicionamiento integrado para el posicionamiento del sistema de medición con relación a un ojo a investigar de un paciente, en el que el tonómetro comprende al menos dos zonas de apoyo configuradas para el posicionamiento manual básico del tonómetro en la cabeza del paciente delante del ojo a investigar, caracterizado porque el sistema de posicionamiento comprende una instalación de detección (131, 132, 133) para la determinación automática de la posición de la córnea del ojo a través de la detección de las dimensiones geométricas de la córnea por medio de la medición de al menos una señal relativa y/o señal absoluta que se basa en una trayectoria óptica de los rayos, en el que la instalación de detección comprende a tal fin al menos un emisor óptico para la emisión dirigida de un rayo, al menos parcialmente, sobre la córnea y al menos un receptor óptico para la recepción de al menos una porción del rayo dirigido y/o de un rayo reflejado y porque el sistema de posicionamiento comprende una instalación de alineación (160) que, como reacción a la detección de la posición de la córnea, ajusta y/o sigue de forma automática el eje de medición del sistema de medición que puede ser predefinido en la vertical de la córnea, en particular posicionado a una distancia definida en la vertical de la córnea del ojo.
- 35
- 40
- 45
- 13.- Tonómetro de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que las al menos dos zonas de apoyo se pueden fijar de forma ajustable en su posición.
- 14.- Tonómetro de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 12 a 13, caracterizado, además, por una instalación goniométrica (105, 106) con un tubo dirigido hacia el paciente para el posicionamiento básico del eje óptico del ojo.
- 50
- 15.- Tonómetro de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que la instalación goniométrica comprende un patrón goniométrico óptico (105) dispuesto coaxialmente con el tubo, de tal manera que el patrón goniométrico está

cubierto, al menos parcialmente, en el caso de desplazamiento axial frente al eje óptico o no es visible a través del tubo.

16.- Tonómetro de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 15, en el que el al menos un emisor óptico es un sensor (131) y el al menos un receptor óptico es un receptor-IR (132).

5 17.- Tonómetro de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 12 a 16, caracterizado, además, por al menos una instalación de reflector, que colabora, respectivamente, con un emisor óptico y con un receptor óptico para la formación de una trayectoria de los rayos que marca las dimensiones geométricas de la córnea.

10 18.- Tonómetro de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 12 a 17, en el que el sistema de posicionamiento comprende una unidad de control / regulación y guías para el ajuste de al menos un emisor óptico, de al menos un receptor óptico y/o de al menos una instalación de reflexión y/o la instalación de alineación comprende una unidad de control / regulación y guías para el ajuste del sistema de medición o colabora con ella.

19.- Tonómetro de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 12 a 18, caracterizado por dos emisores ópticos y dos receptores ópticos con instalación de reflexión asociada, respectivamente, para la formación de una jaula de trayectoria de los rayos que marca las dimensiones geométricas de la córnea.

15 20.- Tonómetro de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 12 a 19, caracterizado por un emisor óptico y un receptor óptico con instalación de reflexión asociada para la realización de una exploración de la trayectoria de los rayos que marca las dimensiones geométricas de la córnea.

20 21.- Tonómetro de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 12 a 20, caracterizado por al menos un emisor óptico y un receptor óptico, que se pueden posicionar para una evaluación, que se basa en la reflexión de una trayectoria de los rayos, de posiciones en grados de libertad para la determinación de la posición y/o la alineación de la córnea.

22.- Tonómetro de acuerdo con la reivindicación anterior, caracterizado por al menos un emisor óptico y una pluralidad de receptores ópticos, dispuestos alrededor del emisor, con preferencia cuatro receptores ópticos, dispuestos de forma simétrica rotatoria alrededor del emisor, en particular fotodiodos.

25 23.- Tonómetro de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 12 a 22, caracterizado, además, por guías de articulación de cuerpos sólidos, para el movimiento de unidades (parciales), dispuestas de forma ajustable, del sistema de posicionamiento y del sistema de medición.

24.- Tonómetro de acuerdo con la reivindicación anterior, caracterizado, además, porque las guías de articulación de cuerpos sólidos comprenden bisagras de película y/o guías de resorte.

30 25.- Tonómetro de acuerdo con la reivindicación anterior, caracterizado, además, porque las guías de articulación de cuerpos sólidos para el movimiento de una instalación dispuesta de forma ajustable forman parte de una cinemática (160) fabricada de forma monolítica, especialmente a través de técnica de fundición por inyección, técnica galvánica o técnica láser.

35 26.- Tonómetro de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 12 a 25, caracterizado por una cinemática de traslación y/o de rotación, en particular que comprende guías de articulación de cuerpos sólidos, para el movimiento de una instalación dispuesta de forma ajustable.

27.- Tonómetro de acuerdo con una de las dos reivindicaciones anteriores, caracterizado, además, porque las guías de articulación de cuerpos sólidos y/o al menos una cinemática están accionadas por actuador.

40 28.- Tonómetro de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 12 a 27, caracterizado, además, porque las guías, en particular guías de articulación de cuerpos sólidos, están configuradas para el posicionamiento de unidades (parciales) de sensor y/o de medición esencialmente en tres grados de libertad que se extienden perpendiculares entre sí.

45 29.- Tonómetro de acuerdo con la reivindicación anterior, caracterizado, además, porque para el posicionamiento en al menos un grado de libertad está previsto un movimiento rotatorio, en particular con un eje de giro que se extiende a través del centro de gravedad de la masa a mover.

30.- Tonómetro de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 12 a 29, caracterizado, además, por una instalación de impulsión con presión para la alimentación definida de un medio de impulsión con presión, en particular de aire, sobre el ojo.

50 31.- Tonómetro de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 12 a 30, caracterizado, además, por una instalación de impulsión con presión para la alimentación definida de aire sobre el ojo, que recibe una cabeza de

toberas (110) sustituible.

32.- Tonómetro de acuerdo con la reivindicación anterior, caracterizado, además, porque la cabeza de toberas (110) comprende un orificio de toberas (112) en dirección radial al blindaje (113) que rodea la dirección de alimentación.

5 33.- Tonómetro de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado, además, porque la cabeza de toberas está dispuesta sobre una instalación dispuesta móvil para la introducción del medio de impulsión con presión en la cabeza de toberas.

34.- Tonómetro de acuerdo con la reivindicación anterior, caracterizado, además, porque la instalación móvil está acoplada con la instalación de alineación del sistema de posicionamiento.

10 35.- Tonómetro de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 12 a 34, que comprende, como zonas de apoyo unas formas de soporte formadas y/o formables de manera correspondiente para la aplicación en un hueso nasal, una sien o un hueso de la mejilla.

36.- Tonómetro de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 12 a 35, que está configurado en forma de gafas o en forma de casco.

15 37.- Tonómetro de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 12 a 35, que está configurado como tonómetro manual.

38.- Tonómetro de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que el sistema de posicionamiento y el sistema de medición están dispuestos en una carcasa, con la que está conectado al menos un mango, desacoplado de oscilaciones.

20 39.- Tonómetro de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que la carcasa y el al menos un mango están conectados a través de un sistema pasivo de amortiguador de resorte.

40.- Tonómetro de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores 12 a 39, que comprende, además, una instalación de procesamiento de datos o una instalación de emisión y/o recepción correspondiente con una instalación de procesamiento de datos.

25 41.- Procedimiento para el posicionamiento del eje de medición de un tonómetro configurado para la tonometría automática, en particular de un tonómetro configurado para una Tonometría de No Contacto, con relación a un ojo a investigar de un paciente, caracterizado porque la posición de la córnea del ojo es detectada de forma automática por medio de un sistema de posicionamiento integrado y, en concreto, por medio de detección de las dimensiones geométricas de la córnea por medio de medición de al menos una señal relativa y/o señal absoluta que se basa en una trayectoria óptica de los rayos, y como reacción a una posición detectada de la córnea del ojo se ajusta y/o se sigue automáticamente el eje de medición del sistema de medición predefinido en la vertical de la córnea por medio del sistema de posicionamiento.

30

Fig. 1a

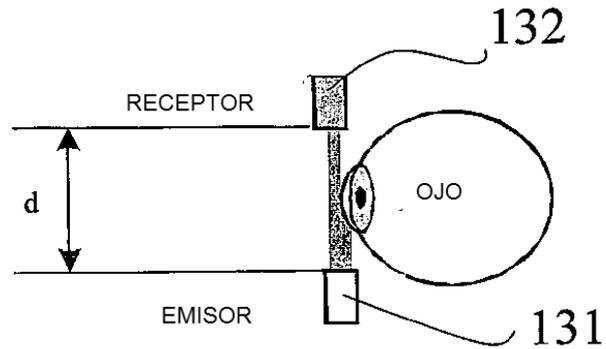


Fig. 1b

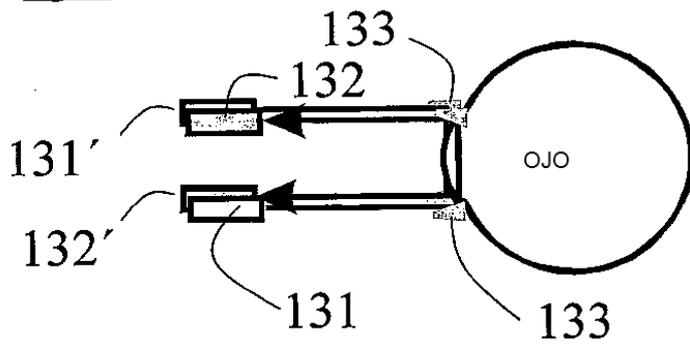


Fig. 1c

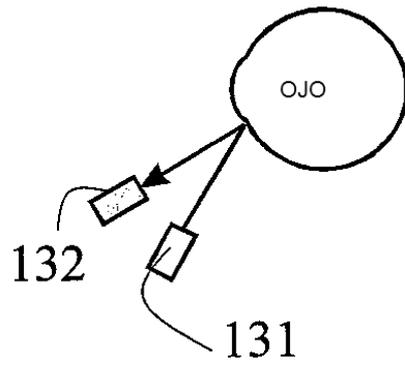


Fig. 1d

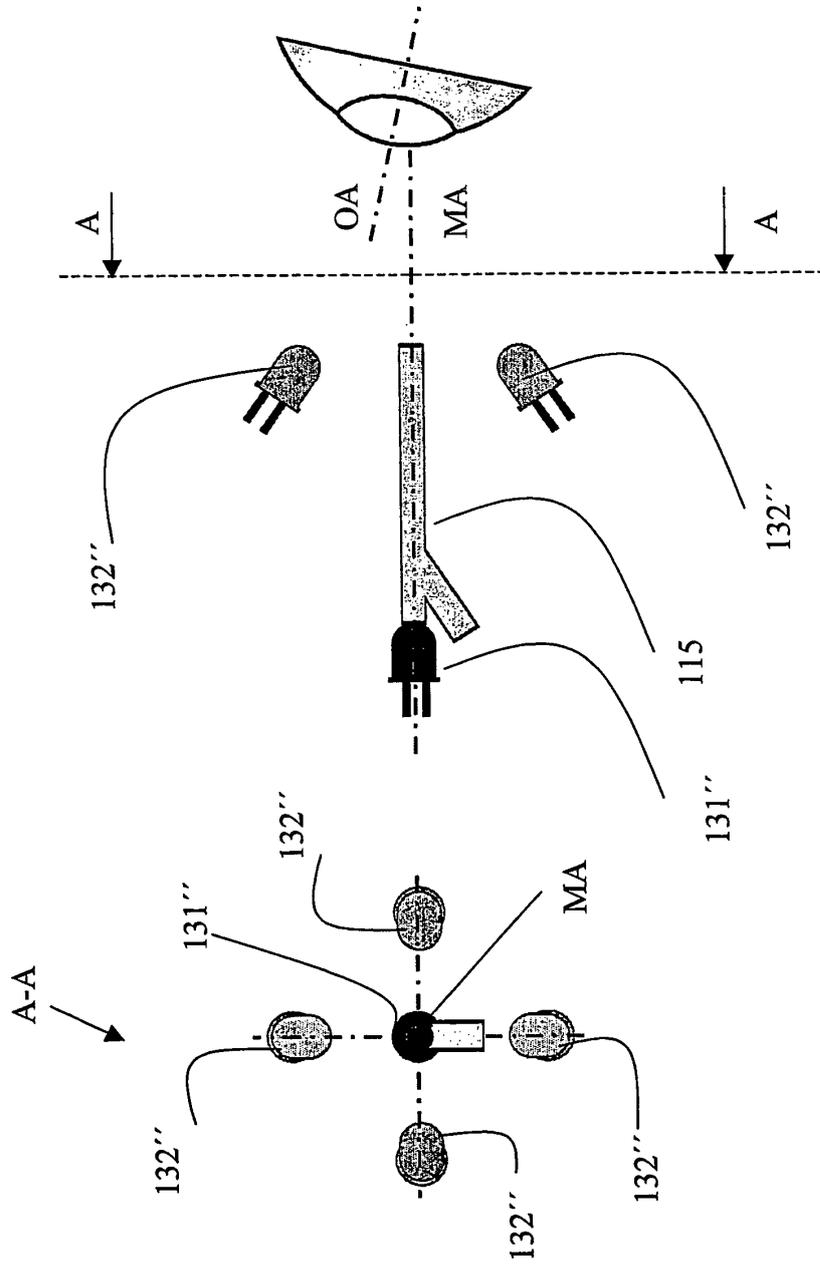


Fig. 2a

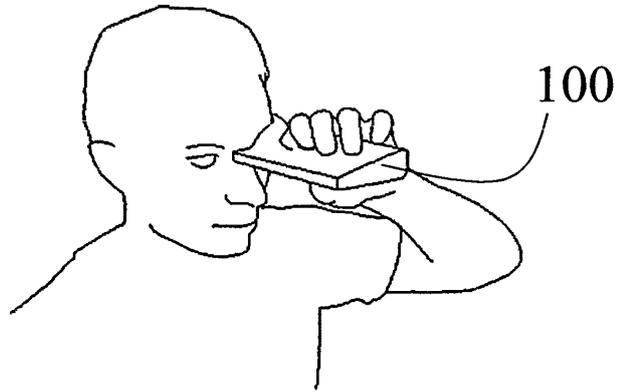


Fig. 2b

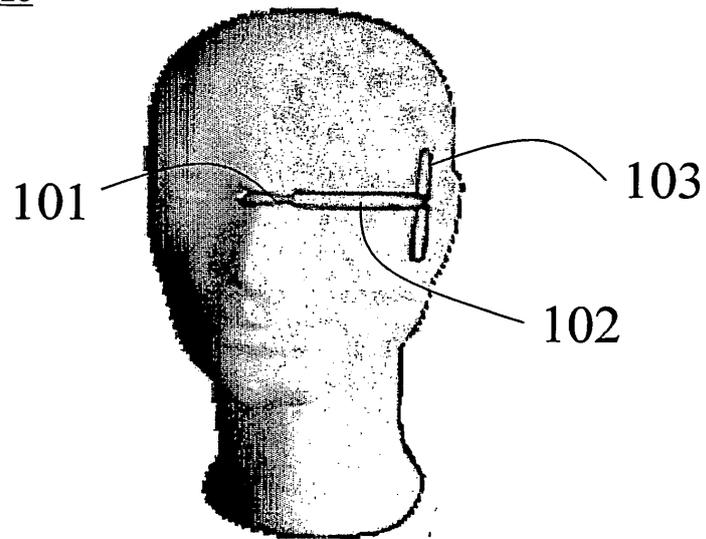


Fig. 3a

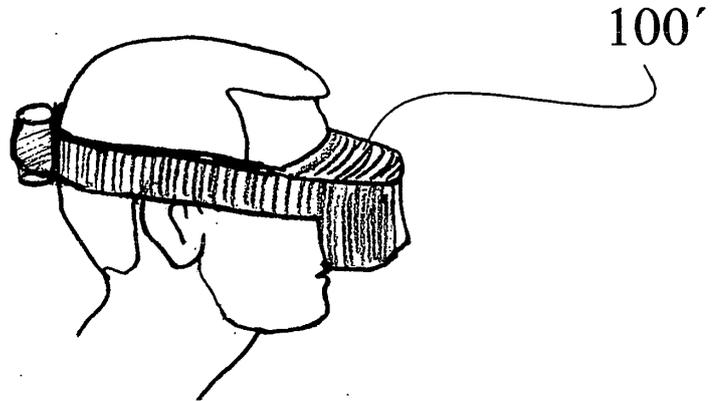


Fig. 3b

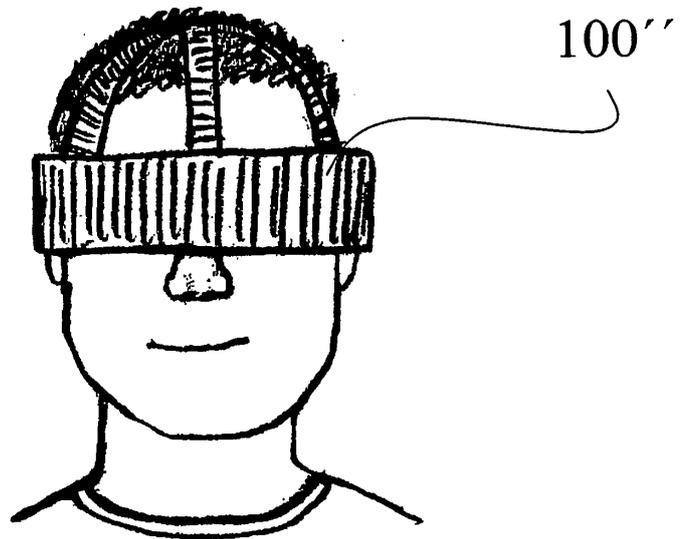


Fig. 4

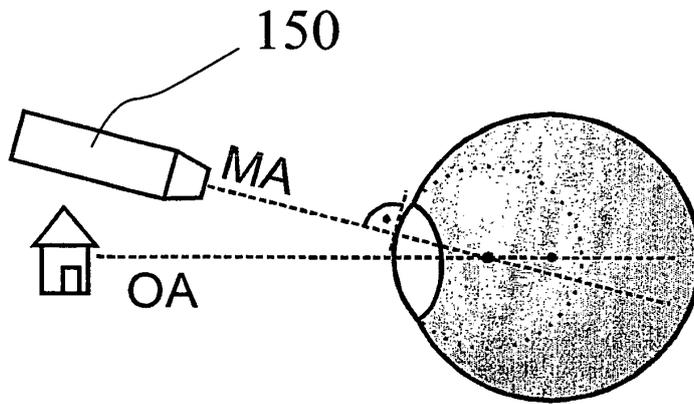


Fig. 7

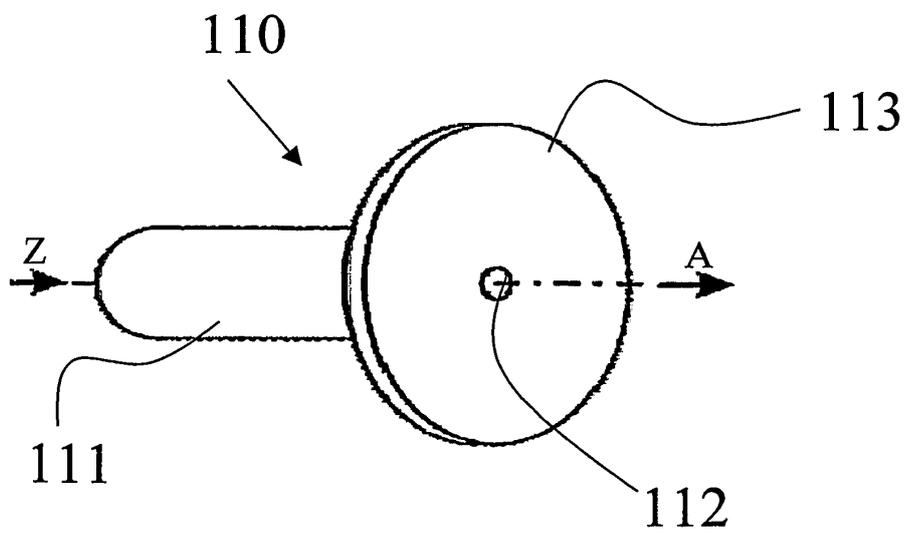


Fig. 5a

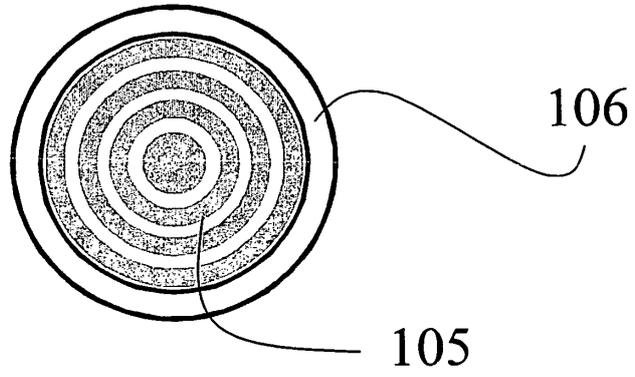


Fig. 5b

