

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 590 677**

51 Int. Cl.:

**A61F 9/008** (2006.01)

**A61F 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.10.2013 PCT/EP2013/071011**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.04.2015 WO15051832**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2013 E 13774654 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.07.2016 EP 3027152**

54 Título: **Aparato para diseccionar un ojo para la introducción de un fotosensibilizador**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.11.2016**

73 Titular/es:  
**WAVELIGHT GMBH (100.0%)  
Am Wolfsmantel 5  
91058 Erlangen, DE**

72 Inventor/es:  
**SKERL, KATRIN;  
ZHANG, YAO y  
SEILER, THEO**

74 Agente/Representante:  
**CURELL AGUILÁ, Mireia**

ES 2 590 677 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

Aparato para diseccionar un ojo para la introducción de un fotosensibilizador.

### 5 Campo técnico

La presente invención generalmente se refiere a cirugía refractiva, es decir cirugía de córnea, por ejemplo, LASIK, y procedimientos oftálmicos relacionados. Más particularmente, las formas de realización de la presente invención se refieren a un aparato para diseccionar un ojo para la introducción de un fotosensibilizador en el tejido de un ojo, y un sistema que comprende el aparato y un dispositivo de cánula para introducir el fotosensibilizador.

### Antecedentes

En la oftalmología, se ha conocido la técnica de utilizar un fotosensibilizador y radiación electromagnética para cambiar las propiedades biomecánicas y bioquímicas del tejido, en particular la córnea, con fines terapéuticos durante más de 10 años.

El globo ocular humano está limitado por la córnea-esclerótica. Debido a la presión ocular interna, la córnea-esclerótica, que contiene colágeno, presenta una forma aproximadamente esférica. En la región del globo ocular posterior, la córnea-esclerótica consiste en esclerótica blanca. La córnea, que es transparente a luz visible, se sitúa en la región anterior.

Deformaciones de la córnea-esclerótica pueden provocar ametropía. Por ejemplo, la miopía axial, un tipo de miopía, puede resultar de una expansión longitudinal de esclerótica del globo ocular. Una superficie corneal de forma elipsoidal puede provocar una forma de astigmatismo u otra aberración de orden superior, que se denomina también "curvatura corneal irregular". Otro defecto de la córnea es el queratocono, en el que un reblandecimiento patológico de la córnea conduce a estrechamiento progresivo y deformación con forma de cono de la córnea. A medida que el abultamiento aumenta, la córnea se vuelve más estrecha bajo el centro. Puede fracturarse y presentar cicatrices, que puede reducir permanentemente la agudeza visual.

En técnicas conocidas, el epitelio corneal se retira por lo menos parcialmente para introducir riboflavina en la córnea, debido a que el epitelio dificulta que la riboflavina penetre en la córnea actuando como barrera frente a la difusión de las moléculas de riboflavina a la córnea. Sin embargo, la retirada del epitelio habitualmente es dolorosa para el paciente y el proceso posterior de curación puede presentar complicaciones.

El documento EP 2 407 132 A1 se refiere a un aparato para preparar un ojo para introducir un fotosensibilizador en el tejido del ojo. El aparato comprende una fuente para radiación láser y medios para guiar y enfocar la radiación láser dentro de la córnea de un ojo. La radiación láser se controla mediante un ordenador para crear canales dentro de la córnea, que es accesible a través de una abertura que está ubicada cerca del limbo. Dentro de la córnea, el canal discurre a lo largo de una dirección circunstancial con una forma a modo de espiral.

El documento WO 2007/044967 A2 se refiere a generar una bolsa intraestromal dentro del ojo de un paciente y llenar la misma con un inserto polimérico. De ese modo, se forman múltiples canales de escisión en el estroma de una córnea así como por lo menos una abertura que conecta una superficie de córnea a los canales. Los canales pueden incluir múltiples radios.

El documento US 2008/0051772 A1 se refiere a utilizar un láser de femtosegundos para queratomileusis intraestromal sin colgajos, para la corrección de miopía, hiperopía y astigmatismo. De ese modo, se crea un microcanal temporal mediante fotodisrupción, en el que el microcanal temporal se extiende a la córnea a un punto de extremo del microcanal que normalmente se ubica en la córnea.

### Sumario

Determinadas formas de realización se refieren a un sistema para diseccionar un ojo para la introducción de un fotosensibilizador en el tejido de un ojo, comprendiendo el sistema el aparato y el dispositivo de cánula. Determinadas formas de realización se refieren a un aparato para diseccionar un ojo para la introducción de un fotosensibilizador en el tejido de un ojo, y el aparato comprende una fuente de radiación láser, un sistema para guiar y enfocar la radiación láser con relación al tejido de un ojo y un ordenador para controlar el sistema mencionado anteriormente.

El fotosensibilizador puede introducirse en un ojo para cambiar las propiedades biomecánicas y/o bioquímicas del ojo en un procedimiento conocido como "reticulación corneal" o, abreviado, "reticulación".

Hay dependencias complejas que van en contra de la utilización rutinaria de terapia de reticulación en el ojo. Las relaciones entre las dosis de la radiación electromagnética y fotosensibilizador y su efecto sobre y en el tejido de un ojo son bastante amplias. La dosis de radiación electromagnética se refiere a la intensidad de la radiación

electromagnética y su distribución en espacio y tiempo. La dosis del fotosensibilizador se refiere a las reacciones, concentración y estructura químicas en espacio y tiempo del fotosensibilizador. Los efectos de diferentes dosis de radiación y fotosensibilizador sobre y en el ojo de un paciente dependen mucho de las características del paciente. En determinadas situaciones, el efecto de la reticulación producida por la radiación y el fotosensibilizador puede no ser deseable, y puede incluso dar como resultado dañar al tejido o afectar al funcionamiento del ojo. Por tanto, es deseable proporcionar dosis precisas de fotosensibilizador con un gradiente de concentración definido en toda la córnea.

El fotosensibilizador puede comprender cualquier ingrediente adecuado que estabiliza el tejido corneal, por ejemplo, riboflavina (vitamina B2), lisil oxidasa, transglutaminasa, aldehydos de azúcar, etilcarbodiimida, glutaraldehído, formaldehído o mezclas de los mismos por ejemplo, disolución Karnovsky.

Es el objetivo de determinadas formas de realización proporcionar un aparato para diseccionar un ojo para la introducción de un fotosensibilizador en el tejido y un sistema que comprende el aparato y un dispositivo de cánula para introducir el fotosensibilizador. Las formas de realización pueden utilizarse para distribuir uniformemente el fotosensibilizador en el ojo. En todos los desarrollos y formas de realización puede inyectarse también un gas, especialmente aire, en uno o más canales.

Se proporcionan un aparato según la reivindicación 1 y un sistema según la reivindicación 15. Se describen desarrollos adicionales en las reivindicaciones dependientes.

Según un primer aspecto, se proporciona un aparato para diseccionar un ojo para la introducción de un fotosensibilizador en el tejido del ojo. El aparato comprende una fuente de radiación láser, un sistema para guiar y enfocar la radiación láser con respecto al tejido del ojo, y un ordenador para controlar dicho sistema. El ordenador está programado para controlar la radiación láser para crear en el tejido del ojo por lo menos un canal de inserción que se extiende por lo menos parcialmente al estroma del ojo. Dicho por lo menos un canal de inserción está conectado a por lo menos una abertura en la superficie del ojo y se extiende sustancialmente en dirección radial con respecto a un punto en un eje del ojo. Estas aberturas a través de las cuales son accesibles los canales desde el exterior pueden disponerse en o cerca del borde de la córnea, es decir, en o cerca del limbo. Las aberturas pueden cortarse en la superficie del ojo, por ejemplo, cortando incisiones de apertura en la superficie por medio de un paso óptico inducido por láser. Sin embargo, los canales pueden alcanzarse con un dispositivo de cánula, que se describirá en más detalle a continuación, directamente sin cortar aberturas en la superficie.

El ordenador está programado además para controlar la radiación láser para crear en el tejido del ojo dos o más canales laterales. Los dos o más canales laterales están asociados con dicho por lo menos un canal de inserción. Los dos o más canales laterales se extienden respectivamente desde dicho por lo menos un canal de inserción asociado en una dirección diferente de la dirección radial.

El eje del ojo puede ser cualquier eje adecuado en o definido con referencia al ojo. Por ejemplo, el eje del ojo puede ser el eje óptico del ojo, el eje visual del ojo o el eje virtual del ojo, también conocido como línea de mira. La dirección radial puede entenderse como cualquier dirección radial con respecto a cualquier punto a lo largo de o en el eje del ojo, por ejemplo, el eje óptico del ojo. Por ejemplo, la dirección radial puede entenderse como cualquier dirección radial con respecto al centro de la superficie del ojo. La dirección radial también puede entenderse como cualquier dirección radial con respecto al eje del ojo. Por ejemplo, puede interpretarse que "radial" significa dirigido hacia el exterior partiendo del ápex de la córnea. Alternativamente, puede interpretarse que "radial" significa dirigido hacia el exterior partiendo del vértice de la córnea, el eje virtual de la córnea o el eje óptico o visual de la córnea.

El tejido del ojo puede comprender la córnea o el saco capsular. Por ejemplo, puede introducirse fotosensibilizador en el saco capsular desde el cristalino. Como resultado es posible introducir el fotosensibilizador sin tener que retirar o abrir partes de la córnea. Por ejemplo, una cánula, que puede estar en la forma del dispositivo de cánula tal como se explica a continuación, puede insertarse a través de la abertura en dicho por lo menos un canal de inserción. El dispositivo de cánula puede dirigir entonces el fotosensibilizador en los dos o más canales laterales de modo que introduce el fotosensibilizador en los canales laterales. El fotosensibilizador puede difundirse entonces a través de los dos o más canales laterales, dicho por lo menos un canal de inserción y el tejido restante del ojo. De este modo, el fotosensibilizador puede distribuirse entonces uniformemente en el ojo.

La radiación láser puede utilizarse para crear canales, por ejemplo, dicho por lo menos un canal de inserción y los dos o más canales laterales. Ejemplos de fuentes de radiación láser incluyen un láser de attosegundos, un láser de femtosegundos, un láser de nanosegundos, o un láser de picosegundos. En determinados casos, pueden utilizarse un procedimiento LASIK o incisiones lenticulares. En tales procedimientos, un láser de femtosegundos corta tejido del ojo mediante fotodisrupción del tejido con la energía de la luz láser, que crea unos pasos ópticos inducidos por láser (LIOB), que genera también las burbujas de cavitación. En el procedimiento LASIK, el sistema de láser corta un colgajo o casquete en el estroma. El colgajo/casquete se eleva o retira para extirpar el estroma expuesto utilizando, por ejemplo, un láser de excimeros para volver a conformar la córnea. También son adecuados láseres pulsados con longitudes de pulso en el intervalo de picosegundos, nanosegundos y attosegundos para crear dicho por lo menos un canal de inserción y los dos o más canales laterales.

El término “canal” tal como se utiliza en determinadas formas de realización no significa una zona de incisión para crear un colgajo/casquete como en LASIK. Además, el término “canal” puede referirse a uno, dos, o más canales.

5 En determinadas formas de realización, el sistema para guiar y enfocar la radiación láser con relación al ojo puede utilizarse para crear canales. Según determinadas formas de realización, el ordenador que controla el sistema óptico para guiar y enfocar la radiación láser puede programarse para mover los focos de la radiación láser a lo largo de una línea recta o curva para producir los LIOB en el tejido para producir dicho por lo menos un canal de inserción y los dos o más canales laterales. Dicho por lo menos un canal de inserción y los dos o más canales laterales pueden crearse de manera que, por un lado, la separación entre sí de los LIOB adyacentes individuales (o “espaciamiento” entre las burbujas) puede afectar a la estructura y estabilidad del tejido lo menos posible. Por otro lado, la separación entre los LIOB que forman los canales puede ser tan pequeña que el fotosensibilizador introducido en los dos o más canales laterales en forma de una disolución penetra en el tejido a través de los dos o más canales laterales y dicho por lo menos un canal de inserción de la manera deseada, es decir, de LIOB a LIOB. En las regiones entre LIOB adyacentes, el fotosensibilizador por tanto penetra mediante difusión. Se deduce que en el sentido de determinadas formas de realización el término “canal” no debe entenderse necesariamente como una cavidad continua totalmente libre de tejido, aunque por otro lado pueden preverse también canales completamente continuos en determinadas formas de realización.

20 Dicho por lo menos un canal de inserción y los dos o más canales laterales pueden crearse por lo menos parcialmente mediante la radiación láser, en el que los LIOB por lo menos en parte no se unen completamente entre sí. La distancia entre LIOB adyacentes puede estar en el intervalo comprendido entre 1  $\mu\text{m}$  y 20  $\mu\text{m}$ . Por ejemplo, la distancia entre LIOB adyacentes puede estar en el intervalo comprendido por ejemplo, entre 1  $\mu\text{m}$  y 10  $\mu\text{m}$ ; 3  $\mu\text{m}$  entre 5  $\mu\text{m}$ ; 7 y 10  $\mu\text{m}$ ; entre 10 y 15  $\mu\text{m}$ .

25 Según una primera variante del aparato según el primer aspecto, los dos o más canales laterales pueden extenderse respectivamente sustancialmente en una dirección circunferencial alrededor de cualquier punto en el eje del ojo, por ejemplo, el eje óptico, el eje virtual o cualquier otro eje del ojo adecuado. El dispositivo de cánula puede dirigir entonces el fotosensibilizador en los dos o más canales laterales de modo que introduce el fotosensibilizador en los canales laterales. El fotosensibilizador puede difundirse entonces a través de los dos o más canales laterales, dicho por lo menos un canal de inserción y el tejido restante del ojo. De este modo, el fotosensibilizador puede distribuirse entonces uniformemente en el tejido del ojo.

35 Por ejemplo, dicho por lo menos un canal de inserción puede extenderse sustancialmente en dirección radial con respecto a un punto en el eje óptico del ojo y con respecto a un punto en el eje óptico y los dos o más canales laterales pueden extenderse respectivamente sustancialmente en una dirección circunferencial alrededor del mismo punto en el eje óptico del ojo. Dicho punto puede ser el centro de la superficie del ojo. Dicho de otro modo, los dos o más canales laterales pueden extenderse respectivamente sustancialmente en una dirección circunferencial alrededor del eje del ojo. Por ejemplo, los dos o más canales laterales pueden estar conformados por lo menos aproximadamente según un perímetro de un sector de un círculo o cualquier otra forma geométrica.

40 Un primer subconjunto de los dos o más canales laterales puede extenderse desde dicho por lo menos un canal de inserción en la dirección diferente de la dirección radial en una primera posición a lo largo de la dirección radial. Un segundo subconjunto de los dos o más canales laterales puede extenderse lejos de dicho por lo menos un canal de inserción en la dirección diferente de la dirección radial en una segunda posición a lo largo de la dirección radial diferente de la primera posición. Conjuntos adicionales pueden extenderse adicionalmente desde dicho por lo menos un canal de inserción en posiciones en la dirección radial que son diferentes de las posiciones primera y segunda. Las posiciones primera, segunda y adicionales pueden considerarse como puntos de ramificación de los dos o más canales laterales desde dicho por lo menos un canal de inserción. El primer subconjunto y/o el segundo subconjunto pueden comprender cualquier número de canales laterales, por ejemplo, uno, dos, tres, cuatro o más de cuatro canales laterales. Por ejemplo, los subconjuntos primero y segundo pueden ser un par de canales laterales.

55 Según una segunda variante del aparato según el primer aspecto, que puede realizarse independiente de o en combinación con la primera variante del aparato según el primer aspecto, cada uno de los dos o más canales laterales pueden disponerse en una forma angular. Los dos o más canales laterales pueden formarse de manera que por lo menos un subconjunto de los canales laterales vuelven a conectar entre sí. Por ejemplo, en el caso de un par de canales laterales, pueden volver a conectar canales laterales conformados de manera angular para formar un par de canales laterales en forma de un rombo.

60 La sección transversal del por lo menos un canal de inserción puede ser diferente de o la misma que la sección transversal de los dos o más canales laterales. Por ejemplo, la sección transversal de dicho por lo menos un canal de inserción puede ser mayor que la sección transversal de los dos o más canales laterales. La anchura de un canal, por ejemplo, la anchura de dicho por lo menos un canal de inserción y/o la anchura de los dos o más canales laterales, puede estar en el intervalo comprendido entre 0,1 mm y 1,2 mm, aunque cada subintervalo del mismo también se da a conocer en la presente memoria.

Según una forma de realización concebible del aparato según el primer aspecto, el ordenador puede programarse para controlar la radiación láser para crear en el tejido del ojo una pluralidad de canales de inserción. Cada una de entre la pluralidad de canales de inserción puede extenderse sustancialmente en dirección radial con respecto al punto en el eje del ojo. El ordenador puede programarse además para controlar la radiación láser para crear en el tejido del ojo dos o más canales laterales asociados con cada una de entre la pluralidad de canales de inserción. Los dos o más canales laterales pueden extenderse respectivamente desde el canal de inserción asociado de la pluralidad de canales de inserción en una dirección diferente de la dirección radial.

Aunque todos de la pluralidad de canales de inserción pueden extenderse en dirección radial, la dirección de cada de los canales de inserción puede ser diferente entre sí. Por ejemplo, los canales de inserción pueden extenderse respectivamente entre el punto en el eje óptico y la periferia de la córnea en un patrón como los radios de una rueda.

En dirección circunferencial, pueden distribuirse igualmente los canales de inserción. Por ejemplo, puede existir un ángulo idéntico entre cada canal de inserción vecino. El ángulo entre los canales de inserción vecinos puede ser de, por ejemplo, 180 grados, 90 grados, 45 grados o cualquier otro ángulo concebible.

El ordenador puede programarse para controlar la radiación láser para crear en el ojo cada una de entre la pluralidad de canales de inserción en un segmento respectivo de una pluralidad de segmentos del ojo.

Según una primera variante de la forma de realización concebible del aparato según el primer aspecto, dos canales laterales (un par de canales laterales) pueden estar asociados respectivamente con cada uno de los múltiples canales de inserción. Cada uno de los pares de canales laterales puede extenderse desde el canal de inserción asociado en dirección circunferencial con respecto al punto en el eje óptico del ojo. Los canales laterales de pares diferentes no pueden superponerse entre sí, sino que pueden estar separados unos de otros.

Según una segunda variante de la forma de realización concebible del aparato según el primer aspecto, que puede realizarse independiente de o en combinación con la primera variante de la forma de realización concebible del aparato según el primer aspecto, los dos o más canales laterales asociados con cada una de entre la pluralidad de canales de inserción pueden extenderse respectivamente en una dirección circunferencial alrededor del punto en el eje, por ejemplo, el eje óptico, del ojo en forma del perímetro de un segmento de círculo o de un sector de círculo. Por ejemplo, los dos o más canales laterales asociados con cada una de entre la pluralidad de canales de inserción pueden extenderse respectivamente en una dirección circunferencial alrededor del centro de la superficie del ojo en forma del perímetro de un segmento de círculo o de un sector de círculo. Por ejemplo, el segmento de círculo puede estar por lo menos sustancialmente en forma del perímetro de un semicírculo, de un tercio de un círculo o de un cuadrante o cualquier otra forma geométrica adecuada.

Como un primer ejemplo, pueden posicionarse cuatro canales de inserción en los cuatro segmentos corneales, que se corresponden con los cuatro segmentos de la proyección de la córnea sobre un plano. Según una primera variante del primer ejemplo, un par de canales laterales pueden extenderse circunferencialmente en direcciones opuestas desde cada uno de los cuatro canales de inserción. Según una segunda variante del primer ejemplo, múltiples pares de canales laterales pueden extenderse circunferencialmente desde cada uno de los cuatro canales de inserción. Cada par puede disponerse en una posición diferente en la dirección radial. Es concebible que dos, tres, cuatro o más de cuatro pares de canales laterales puedan extenderse desde cada uno de los cuatro canales de inserción. Cada canal lateral de los pares de canales laterales puede estar en forma sustancialmente de un cuadrante. En la dirección circunferencial, los canales laterales de pares diferentes pueden espaciarse lejos unos de otros. Los canales de un par de canales pueden disponerse en la misma posición en la dirección radial. Alternativamente, los canales de un par de canales pueden disponerse en posiciones diferentes en la dirección radial.

Como un segundo ejemplo, pueden posicionarse dos canales de inserción en los dos segmentos corneales, que se corresponden con los dos segmentos de la proyección de la córnea sobre un plano. Según una primera variante del segundo ejemplo, un par de canales laterales pueden extenderse circunferencialmente en direcciones opuestas desde cada uno de los dos canales de inserción. Según una segunda variante del segundo ejemplo, múltiples pares de canales laterales pueden extenderse circunferencialmente desde cada uno de los dos canales de inserción. Cada par puede disponerse en una posición diferente en la dirección radial. Es concebible que dos, tres, cuatro o más de cuatro pares de canales laterales pueden extenderse desde cada uno de los dos canales de inserción. Cada canal lateral de los pares de canales laterales puede estar en forma sustancialmente del perímetro de un semicírculo. En la dirección circunferencial, los canales laterales de pares diferentes pueden espaciarse lejos unos de otros.

El ordenador puede programarse para controlar la radiación láser para crear en el tejido del ojo por lo menos un canal de inserción y los dos o más canales laterales de manera que dicho por lo menos un canal de inserción y los dos o más canales laterales se extienden respectivamente a una profundidad, a profundidades diferentes y/o a profundidades variables en el ojo. Por ejemplo, cada uno de dicho por lo menos un canal de inserción y/o cada uno de los dos o más canales laterales pueden estar en un plano. El plano puede corresponderse con la sección transversal a través la córnea perpendicular al eje óptico del ojo.

Tal como se describió anteriormente, son concebibles formas diferentes para dicho por lo menos un canal de inserción y los dos o más canales laterales. También es concebible abandonar dicho por lo menos un canal de inserción. En este caso, para entrar en el ojo, la entrada al ojo puede marcarse o puede utilizarse una región central de un canal lateral. Por ejemplo, dicho por lo menos un canal de inserción y/o los dos o más canales laterales pueden seguir una línea curva. La línea curva puede crearse enfocando la radiación láser en el estroma del tejido con puntos de enfoque a lo largo de la línea curva. Como otro ejemplo, dicho por lo menos un canal de inserción y/o los dos o más canales laterales pueden seguir una línea recta. De este modo, puede crearse una forma de canal que parte de la línea curva. Para todas las formas de canal nombradas, dicho por lo menos un canal de inserción y/o los dos o más canales laterales pueden crearse con un diámetro deseado y una configuración geométrica deseada a través de la secuenciación de los focos de la radiación láser con suficiente separación de dosis a través la fotodisrupción mencionada anteriormente.

Determinadas formas de realización también hacen posible ajustar las densidades de dicho por lo menos un canal de inserción y/o los dos o más canales laterales en el tejido basándose en la ubicación en el ojo. El término densidad puede entenderse como el número de canales de inserción y/o canales laterales por unidad de área o por unidad de volumen. Por ejemplo, pueden posicionarse más canales de inserción y/o canales laterales en ubicaciones preferidas en el ojo que en otras. Una mayor densidad de canales en una ubicación permite que una densidad más alta de fotosensibilizador penetre en la ubicación, lo que normalmente produce mayores efectos biomecánicos y bioquímicos en la ubicación.

Adicionalmente, la densidad del fotosensibilizador efectivo en el tejido puede controlarse variando la profundidad de los canales en la córnea. También, la densidad del fotosensibilizador introducido en el ojo puede controlarse eligiendo una sección transversal más grande o más pequeña para los canales. Si, por ejemplo, se requiere una distribución homogénea del fotosensibilizador, la densidad de los canales puede ser sustancialmente homogénea en la región de la córnea que se está tratando. Una forma de realización de determinadas formas de realización puede diseñarse de tal manera que dicho por lo menos un canal de inserción y/o los dos o más canales laterales atraviesan esencialmente toda la zona radial de la córnea con densidad de canal sustancialmente uniforme. Dicho de otro modo, esto significa que en por lo menos una zona especificada en una profundidad especificada de la córnea, se lleva fotosensibilizador al tejido corneal de manera homogénea (uniformemente con la misma densidad) mediante difusión.

Se dispone que dicho por lo menos un canal de inserción esté conectado a más de una abertura, es decir, dos o más aberturas, pudiendo alcanzar estas aberturas la superficie del ojo. De este modo, por ejemplo, un dispositivo de cánula tal como se expone a continuación puede insertarse en dicho por lo menos un canal de inserción, de manera que puede llevarse fotosensibilizador sin obstaculizarse a los dos o más canales laterales que se extienden lejos del canal de inserción en el que se inserta el dispositivo de cánula.

Según un segundo aspecto, se proporciona un dispositivo de cánula para introducir fotosensibilizador en el tejido de un ojo. El dispositivo de cánula comprende dos o más aberturas de salida para introducir el fotosensibilizador en el ojo. Las dos o más aberturas de salida pueden disponerse en la superficie lateral del dispositivo de cánula. Es concebible que por lo menos un subconjunto, por ejemplo, dos, de las dos o más aberturas de salida pueden disponerse opuestas entre sí.

Según una forma de realización posible específica del dispositivo de cánula, un primer subconjunto de las dos o más aberturas de salida puede disponerse en la superficie lateral del dispositivo de cánula en una primera posición a lo largo del eje longitudinal del dispositivo de cánula y un segundo subconjunto de las dos o más aberturas de salida puede disponerse en la superficie lateral del dispositivo de cánula en una segunda posición diferente de la primera posición a lo largo del eje longitudinal del dispositivo de cánula. Pueden proporcionarse conjuntos adicionales en posiciones adicionales diferentes de las posiciones primera y segunda. El primer subconjunto y/o el segundo subconjunto pueden comprender cualquier número de aberturas de salida, por ejemplo, dos, tres, cuatro o más de cuatro aberturas de salida. Por ejemplo, los subconjuntos primero y/o segundo pueden ser un par de aberturas de salida.

Según un tercer aspecto, se proporciona un sistema para diseccionar un ojo para la introducción de un fotosensibilizador en el tejido del ojo. El sistema comprende el aparato tal como se describe en la presente memoria y el dispositivo de cánula tal como se describe en la presente memoria.

El sistema de canales y el dispositivo de cánula pueden adaptarse entre sí. Por ejemplo, puede elegirse uno de una pluralidad de dispositivos de cánula que encaje con el sistema de canales creados. Es concebible que una pluralidad de dispositivos de cánula diferentes puedan proporcionarse dependiendo del número y/o forma de los canales. Por ejemplo, puede utilizarse un dispositivo de cánula adecuado dependiendo de la configuración exacta del sistema de canales creados.

La sección transversal del dispositivo de cánula puede ajustarse a la sección transversal del canal de inserción y la posición de las dos o más aberturas de salida a lo largo del eje longitudinal del dispositivo de cánula puede ajustarse a la posición de los dos o más canales laterales en la dirección radial. Para proporcionar un ejemplo, la sección

transversal del dispositivo de cánula puede corresponderse con la sección transversal del canal de inserción. Alternativa o adicionalmente, el número y/o posición de las dos o más aberturas de salida puede corresponderse con el número de canales laterales que se extienden lejos del canal de inserción, en el que va a insertarse el dispositivo de cánula.

5 También se da a conocer un método para diseccionar un ojo para la introducción de un fotosensibilizador en el tejido del ojo. El método comprende las etapas de: (i) proporcionar radiación láser, (ii) guiar y enfocar la radiación láser con respecto al tejido del ojo y, (iii) controlar la radiación láser para crear en el tejido del ojo por lo menos un canal de inserción que se extiende por lo menos parcialmente en el estroma del ojo, en el que dicho por lo menos un canal de inserción está conectado a por lo menos una abertura en la superficie del ojo y se extiende sustancialmente en dirección radial con respecto a un punto en un eje del ojo. El método comprende además la etapa de controlar la radiación láser para crear en el tejido del ojo dos o más canales laterales asociados con dicho por lo menos un canal. Los dos o más canales laterales se extienden respectivamente lejos de dicho por lo menos un canal de inserción asociado en una dirección diferente de la dirección radial.

15 Según una variante del método, se enseña un método que combina el método de disección de cualquier ojo mencionado anteriormente con un método de introducción de un fotosensibilizador en una córnea de un ojo. La variante del método puede combinarse con cirugía refractiva realizada en la córnea, por ejemplo, cirugía refractiva en forma de LASIK.

20 Se explicarán a continuación determinadas formas de realización en más detalle haciendo referencia a los dibujos, en los que:

25 la figura 1 muestra esquemáticamente un aparato para diseccionar un ojo para la introducción de un fotosensibilizador en el tejido del ojo;

la figura 2 muestra una vista en planta de una córnea con una descripción esquemática de la creación de canales en la misma;

30 la figura 3 muestra una vista en planta de una córnea con otra descripción esquemática de la creación de canales en la misma;

35 la figura 4 muestra una vista en sección axial de una córnea con un canal cuya trayectoria está a profundidades diferentes con respecto a la superficie de la córnea;

la figura 5a muestra una vista en planta de una córnea con otra descripción esquemática de la creación de canales en la misma;

40 la figura 5b muestra una vista en planta de una córnea con otra descripción esquemática de la creación de canales en la misma;

la figura 5c muestra una vista en planta de una córnea con otra descripción esquemática de la creación de canales en la misma;

45 la figura 5d muestra una vista en sección axial de una córnea con un canal cuya trayectoria está a profundidades diferentes con respecto a la superficie de la córnea;

50 la figura 6a muestra esquemáticamente un dispositivo de cánula para introducir un fotosensibilizador en el tejido del ojo; y

la figura 6b muestra esquemáticamente una modificación del dispositivo de cánula de la figura 6a para introducir un fotosensibilizador en el tejido del ojo.

55 La figura 1 muestra esquemáticamente un ojo 10. Puede introducirse un fotosensibilizador en el ojo 10 para cambiar las propiedades biomecánicas y/o bioquímicas del ojo 10 en un procedimiento conocido como "reticulación corneal". Por ejemplo, la estabilidad mecánica de la córnea puede reforzarse mediante la reticulación.

60 Un eje del ojo, que en el ejemplo mostrado corresponde al eje óptico del ojo, se etiqueta como "A". El eje del ojo casi coincide en el eje óptico del sistema para guiar y enfocar radiación láser descrito en más detalle a continuación.

65 El centro (punto medio) de la superficie de la córnea (16) se etiqueta como "M". Puede definirse una dirección radial R partiendo del centro. El ojo que va a tratarse mediante reticulación en este ejemplo, sin limitación, es esencialmente la córnea 16, que se cubre externamente mediante una película lagrimal 13. La córnea 16 presenta un epitelio 14, una capa 14a de Bowman, un estroma 14b, una membrana 14c de Decement y un endotelio 14d.

Pueden introducirse canales de inserción 18 al estroma 14b de la córnea 16 con el aparato descrito en más detalle a

continuación. Estos canales de inserción 18 están en contacto con aberturas O. Las aberturas O proporcionan acceso desde el exterior a los canales para insertar un dispositivo de cánula que va a describirse en más detalle a continuación.

5 Además de los canales de inserción 18, pueden introducirse canales laterales 19 (véase la figura 2) al estroma 14b de la córnea 16 con el aparato descrito en más detalle a continuación. Estos canales de inserción 19 están en contacto conductor de líquido respectivamente con uno de los canales de inserción 18 con los que están asociados. Los canales laterales 19 se extienden lejos del canal de inserción asociado.

10 Puede introducirse un fotosensibilizador en los canales 19. El fotosensibilizador penetra entonces en y a través de los canales y desde ahí se distribuye a sí mismo en el tejido corneal mediante difusión. El dispositivo presenta una fuente 20 para radiación láser, por ejemplo, un láser de femtosegundos, descrito anteriormente, tal como se utiliza, por ejemplo, para cortar un colgajo/casquete en LASIK. Un ejemplo del sistema óptico 24 para guiar y enfocar la radiación láser 26 dentro de la córnea 16 es el sistema utilizado para realizar operaciones similares en LASIK.

15 En comparación con LASIK, un ordenador 22 controla la fuente 20 de radiación láser y el sistema óptico 24 para guiar y enfocar la radiación láser 26. El ordenador 22 está programado con un programa P que controla la radiación láser 26 de manera especial para crear la incisión en la córnea 16. Al contrario que el LASIK, las incisiones son canales de inserción 18 y canales laterales 19. Debido a esto la radiación láser 26 se somete a un desplazamiento paralelo en la dirección de la flecha 28 cuando se crean los canales 18 anteriormente mencionados según la figura 20 1. La representación en la figura 1 muestra una vista del ojo cortado por un plano que contiene el eje A. La figura 1 también muestra un canal de inserción 18 que se extiende por ejemplo, sustancialmente paralelo a la superficie de la córnea 16. El canal es accesible desde el exterior mediante una abertura O ubicada por ejemplo, cerca del limbo. Una aguja o cánula fina pueden, por ejemplo, introducirse en la abertura O de modo que se inserta en el canal de inserción 18.

25 La figura 2 muestra una vista en planta de una córnea 16. Tal como se muestra en la figura 2, se extienden cuatro canales de inserción 18 dentro de la córnea 16 en la dirección radial con respecto a una proyección del centro M en el plano o un punto en el eje del ojo A. Los puntos de ramificación, en los que se extienden respectivamente los canales laterales 19 lejos de los canales de inserción 18, de canales de inserción 18 vecinos pueden disponerse en un ángulo de 90 grados entre sí. Todos los cuatro canales de inserción 18 pueden ser accesibles desde el exterior por medio de cuatro aberturas (que pueden ser similares a la abertura O mostrada en la figura 1) que se distribuyen en intervalos iguales en la dirección circunferencial o periférica C. Los canales de inserción 18 dispuestos radialmente pueden disponerse en un plano horizontal. Por ejemplo, el plano horizontal puede ser perpendicular al eje del ojo A. Como variante, los canales de inserción 18 pueden disponerse a profundidades variables. La elección de ubicación y la trayectoria seguida por los canales de inserción 18 puede depender de la indicación médica respectiva y puede elegirse en consecuencia.

30 En la configuración ejemplificativa mostrada en la figura 2, tres pares de canales laterales 19 se extienden respectivamente lejos de cada uno de los cuatro canales de inserción 18. Sin embargo, cualquier número de pares de canales laterales 19 pueden extenderse desde cada uno de los canales de inserción 18. Cada uno de los canales laterales 19 se extiende en la dirección circunferencial C. En el ejemplo mostrado en la figura 2, los canales laterales 19 están en forma del perímetro de un segmento de una forma geométrica. Más particularmente, los canales laterales 19 mostrados a modo de ejemplo en la figura 2 están sustancialmente en forma del perímetro de un cuarto de círculo. Aunque a modo de ejemplo se muestran cuartos de círculo en la figura 2 para ilustrar una posible disposición de los canales laterales 19, los canales laterales 19 pueden presentar cualquier otra forma circular o no circular. Los canales laterales 19 o un par de canales laterales 19 se extienden sustancialmente en la dirección opuesta. Los tres pares de canales laterales 19 asociados con cada canal de inserción 18 se posicionan en posiciones diferentes en la dirección radial, es decir, en posiciones diferentes a lo largo del canal de inserción 18 con el que están asociados.

35 En la configuración a modo de ejemplo mostrada en la figura 2, los canales de inserción 18 están configurados y posicionados de modo que puede insertarse un dispositivo de cánula en cada uno de los canales de inserción 18. Las aberturas de salida del/de los dispositivo(s) de cánula, que se describen en más detalle a continuación, insertadas en el/los canal(es) de inserción 18 pueden llevarse entonces a entrar en contacto conductor de líquido con un subconjunto de o todos los canales laterales 19. De este modo, el fotosensibilizador puede introducirse desde el/los dispositivo(s) de cánula, a través de las aberturas de salida, en los canales laterales 19. Los canales laterales 19 están configurados y posicionados de modo que el fotosensibilizador se distribuye a sí mismo de manera homogénea mediante difusión en el tejido corneal.

40 Los canales laterales 19 presentan un contorno que está conformado de forma algo similar al sector de un círculo (tal como se muestra). Tal como se muestra en la figura 2, tres pares de canales laterales 19, que se forman como el perímetro de un sector, pueden formarse desde cada canal de inserción 18. Cada uno de estos pares de canales laterales 19 presenta el mismo ángulo de sector que es inferior a 90 grados.

45 Una modificación ejemplificativa del sistema de canales de la figura 2 se muestra en la figura 3, en la que solo dos



canales de inserción 18 se posicionan en la dirección radial con respecto a una proyección del centro M sobre el plano o un punto en el eje del ojo A. De nuevo, tres pares de canales laterales 19 se extienden lejos de cada uno de los dos canales de inserción 18, sin superponerse o ponerse en contacto entre sí.

5 Los puntos de ramificación, en los que los canales laterales 19 se extienden respectivamente desde los canales de inserción 18, de los canales de inserción 19 vecinos están dispuestos en un ángulo de 180 grados entre sí. Todos los dos canales de inserción 18 son accesibles desde el exterior por medio de dos aberturas (similares a las aberturas O de la figura 1) que se distribuyen en intervalos iguales en la dirección periférica C.

10 A modo de ejemplo y sin limitación, tres pares de canales laterales 19 se extienden respectivamente lejos de cada uno de los dos canales de inserción 18. Cada uno de los canales laterales 19 se extiende en la dirección circunferencial C. En el ejemplo específico mostrado en la figura 3, los canales laterales 19 están en forma del perímetro de un segmento de un círculo. Más particularmente, los canales laterales 19 mostrados a modo de ejemplo en la figura 3 están sustancialmente en forma del perímetro de un semicírculo. Los canales laterales 19 de un par de canales laterales se extienden sustancialmente en la dirección opuesta. Los tres pares de canales laterales 19 asociados con cada canal de inserción 18 se posicionan en posiciones diferentes en la dirección radial, es decir en posiciones diferentes a lo largo del canal de inserción 18 con el que están asociados.

20 Los canales laterales presentan un contorno que está conformado de forma algo similar al perímetro del sector de un círculo (tal como se muestra) para tratar astigmatismo o aberraciones de orden superior. Tal como se muestra en la figura 3, tres pares de los canales laterales 19, que se forman como el perímetro del sector, pueden formarse desde cada canal de inserción 18. Cada uno de estos pares de canales laterales 18 presenta el mismo ángulo de sector que es inferior a 180 grados.

25 Mediante la elección de los diámetros y la disposición geométrica de los canales, la distribución del fotosensibilizador en la córnea puede controlarse como se desee, dependiendo de la indicación médica.

30 Los canales se forman mediante radiación láser enfocada, en particular por medio de un láser de femtosegundos, a través de LIOB creados mediante los focos de láser. En determinados casos, burbujas de cavitación adyacentes no se superponen completamente, de manera que algún tejido permanece entre las burbujas de cavitación individuales. Este tejido estabiliza el tejido global en la estructura a la vez que es suficientemente permeable en cuanto a la difusión de fotosensibilizador en los canales.

35 En lugar de canales largos también es posible crear cavidades con otras formas, en particular cavidades planas en las que por ejemplo, regiones de tejido espaciadas uniformemente y dosis juntas permanecen como "postes" entre las superficies superiores e inferiores de la cavidad o cavidades.

40 La figura 4 muestra esquemáticamente planos de corte posibles del canal de inserción 18 y los canales laterales 19 que se extienden a profundidades diferentes en relación con la superficie 15 de la córnea 16. Se muestran a modo de ejemplo esquemáticamente en la figura 4 tres profundidades diferentes para el canal de inserción 18 y los canales laterales 19. Las profundidades diferentes pueden realizarse para todas las estructuras y disposiciones de canales descritas individualmente según las figuras 1, 2, 3 descritas anteriormente y las figuras 5a-d descritas a continuación así como otras formas de realización.

45 Una parte de inserción 18a puede cortarse para la introducción del canal de inserción 18 o el canal puede empezar también directamente con una parte inclinada 18b del canal de inserción 18 en la superficie 15 de la córnea 16. La parte de inserción 18a proporciona un escalón a la superficie 15 de la córnea 16. En el ejemplo mostrado de la figura 4, la parte de inserción 18a es sustancialmente perpendicular a la superficie 15 de la córnea 16. Además, se muestra la parte inclinada 18b del canal de inserción 18, que está inclinada con respecto a la parte de inserción 18a y con respecto a un plano horizontal a través del centro M. Además, se muestra un canal lateral 19, que es esencialmente paralelo a dicho plano horizontal. La parte inclinada 18b se extiende de forma inclinada desde la parte de inserción 18a hasta el canal lateral 19, que está a mayor profundidad en la córnea 16. Un dispositivo de cánula puede insertarse fácilmente a través de la parte de inserción 18a en la parte inclinada 18b del canal de inserción 18.

55 Se muestran modificaciones a modo de ejemplo adicionales de un sistema de canales en las figuras 5a a 5d. En la figura 5a, se proporciona un canal de inserción en una primera abertura O' y una segunda abertura O". El canal de inserción 18 se extiende de manera radial desde la primera abertura O' en la dirección de la segunda abertura O". Tres canales laterales 19', 19", 19"' se extienden lejos del canal de inserción próximos a la primera abertura O'. Dos de dichos tres canales laterales 19', 19", 19"', es decir, canales laterales 19", 19"' exteriores, están dispuestos sustancialmente de forma angular. Dichos dos canales laterales 19", 19"' juntos sustancialmente presentan la forma de un rombo. Un tercero de dichos tres canales laterales 19', 19", 19"', es decir, un canal lateral central, se extiende lejos del canal de inserción 18 que está conectado a la primera abertura O' hasta el canal de inserción 18 que está conectado a la segunda abertura O". Dicho lateral canal 19' central está entre dichos dos canales laterales 19", 19"' exteriores.

El sistema de canales mostrado en la figura 5b se basa en el de la figura 5a. Además del sistema de canales mostrado en la figura 5a, se proporcionan dos canales laterales 19''', 19'''' adicionales. Los dos laterales canales 19''', 19'''' adicionales están dispuestos sustancialmente de forma angular, respectivamente. Los dos canales laterales 19''', 19'''' adicionales están conectados respectivamente en ambos extremos al canal lateral 19' central, es decir, los canales laterales 19''', 19'''' adicionales se extienden respectivamente desde el canal lateral 19' central y vuelven a entrar en el mismo canal lateral 19' central.

El sistema de canales mostrado en la figura 5c se basa en el de la figura 5a. Además del sistema de canales mostrado en la figura 5a, se proporcionan dos canales laterales 19''', 19'''' adicionales. Los dos canales laterales 19''', 19'''' adicionales están dispuestos sustancialmente en paralelo al canal lateral 19' central, respectivamente. Los dos canales laterales 19''', 19'''' adicionales están conectados respectivamente en ambos extremos a uno de los canales laterales 19'', 19''' exteriores. Dicho de otro modo, uno de los canales laterales 19'''' adicionales se extiende desde uno de los canales laterales 19'' exteriores y vuelve a conectarse al uno de los canales laterales 19'' exteriores, y el otro de los canales laterales 19'''' adicionales se extiende desde el otro de los canales laterales 19'' exteriores y vuelve a conectarse al otro de los canales laterales 19'' exteriores.

La figura 5d muestra esquemáticamente posibles planos de corte del canal de inserción 18 y los canales laterales 19 del sistema de canales de figura 5a que se extienden a profundidades diferentes en relación con la superficie 15 de la córnea 16. Tal como se describió con respecto a la figura 4 anterior, una parte de inserción puede cortarse para la introducción del canal de inserción 18 o el canal puede empezar también directamente con una parte inclinada del canal de inserción 18 en la superficie 15 en ambas aberturas O', O''. La parte de inserción proporciona un escalón a la superficie 15 de la córnea 16. En el ejemplo mostrado de la figura 5d, la parte de inserción es sustancialmente perpendicular a la superficie 15 de la córnea 16. Además, la parte inclinada del canal de inserción 18 está inclinada con respecto a la parte de inserción y con respecto a un plano horizontal a través del centro M. Además, se muestra el canal lateral 19, que es esencialmente paralelo a dicho plano horizontal. Un dispositivo de cánula puede insertarse fácilmente a través de la abertura O y adicionalmente a través de la parte de inserción y la parte inclinada del canal de inserción 18.

Tal como se describe con respecto a las figuras 2 y 3, un dispositivo de cánula puede insertarse en el canal de inserción 18 mostrado en las figuras 5a a 5d y el fotosensibilizador puede introducirse en los canales laterales 19. El fotosensibilizador puede distribuirse a través de los canales laterales 19 y entonces puede salir de la córnea 16 a través de la abertura O''. De este modo, se reduce la presión en el interior de los canales y el sistema de canales. En consecuencia, se minimiza o por lo menos se reduce el riesgo de dañar el tejido debido a una alta presión en el tejido del ojo.

Las figuras 6a y 6b muestran ambas configuraciones a modo de ejemplo para un dispositivo 30 de cánula para proporcionar un fotosensibilizador.

El dispositivo de cánula 30 mostrado en la figura 6a comprende a modo de ejemplo dos aberturas de salida 32a, 32b que están dispuestas en la superficie lateral del dispositivo de cánula 30. En el ejemplo mostrado en la figura 6a, las aberturas de salida 32a, 32b están dispuestas opuestas entre sí. Dicho de otro modo, las aberturas de salida 32a, 32b pueden disponerse en la misma posición en la dirección longitudinal del dispositivo de cánula 30. Alternativamente, las aberturas de salida 32a, 32b pueden disponerse en posiciones diferentes en la dirección longitudinal del dispositivo de cánula 30. Por ejemplo, el dispositivo de cánula 30 pueden adaptarse a la disposición de los canales laterales 19 tal como se muestra en las figuras 2, 3, 5a, 5b y 5c, por ejemplo, la posición de las aberturas de salida 32a, 32b en la dirección longitudinal del dispositivo de cánula 30 puede corresponderse con la posición de los canales laterales 19. Es concebible que se proporcione una pluralidad de dispositivos de cánula que son adecuados para patrones de canales diferentes. Es alternativamente concebible que un dispositivo de cánula, por ejemplo, la posición de las aberturas de salida en el dispositivo de cánula, puedan ajustarse selectivamente dependiendo de los patrones de canales.

El dispositivo de cánula 30 mostrado en la figura 6a está adaptado para insertarse en el canal de inserción 18 de cada uno de los sistemas de canales mostrados en las figuras 2, 3, 5a, 5b y 5c. Por ejemplo, la sección transversal y/o el diámetro del dispositivo de cánula 30 pueden estar configurados para insertarse en el canal de inserción 18 de dichos sistemas de canales sin dañar el ojo.

El dispositivo de cánula 30 puede insertarse en uno de los canales de inserción 18 mostrados en la figura 2 de manera que cada una de las dos aberturas de salida 32a, 32b se pongan en contacto conductor de líquido con cada uno de los canales laterales 19 de uno de los tres pares de canales laterales 19. Es posible que el dispositivo de cánula 30 presente una parte superior redonda en su parte de punta o de extremo. La parte de punta o de extremo puede también denominarse parte de inserción. Por ejemplo, el dispositivo de cánula 30 puede insertarse en el canal superior derecho de los cuatro canales de inserción 18 en la dirección radial hasta que las aberturas de salida 32a, 32b se ponen en contacto conductor de líquido con los canales laterales 19 exteriores que se extienden desde el canal de inserción 18 superior derecho. El fotosensibilizador puede introducirse entonces en dichos canales laterales 19 exteriores asociados con el canal de inserción 18 superior derecho a través de las aberturas de salida 32a, 32b. Después, el dispositivo de cánula 30 puede introducirse más en la dirección radial a través del canal de inserción 18

superior derecho hasta que las aberturas de salida 32a, 32b se ponen en contacto conductor de líquido con los canales laterales 19 del par central de canales laterales 19 que se extienden lejos del canal de inserción 18 superior derecho. De nuevo, puede introducirse fotosensibilizador en dichos canales laterales 19, y el dispositivo de cánula 30 puede moverse además en la dirección radial, etcétera.

5 En lugar de presentar una parte superior redonda, el dispositivo de cánula 30 puede estar configurado alternativamente para presentar una parte superior afilada en su parte de punta o de extremo. Esta configuración puede permitir la inserción del dispositivo de cánula incluso en ausencia de cualquier canal de inserción 18.

10 La figura 6b muestra un dispositivo de cánula 30 según una modificación a modo de ejemplo del dispositivo de cánula 30 de la figura 6a. El dispositivo de cánula 30 modificado de la figura 6b comprende múltiples pares de aberturas de salida. En la configuración a modo de ejemplo mostrada en la figura 6b, el dispositivo de cánula 30 comprende tres pares de aberturas de salida y por tanto seis aberturas de salida 32a a 36b. Sin embargo, el número de tres pares de aberturas de salida se proporciona en la presente memoria simplemente como ejemplo pero sin limitación. Por ejemplo, la distancia entre los pares de aberturas de salida 32a a 36b a lo largo del eje longitudinal del dispositivo de cánula 30 puede adaptarse a la distancia entre los pares de canales laterales 19 mostrados en las figuras 2 y 3 asociados con uno de los canales de inserción 18. En la configuración a modo de ejemplo mostrada en la figura 6b, la distancia entre el par de aberturas de salida 32a, 32b más distales y el par de aberturas de salida 34a, 34b centrales es igual a la distancia entre el par de canales laterales 19 interiores y el par de canales laterales 19 centrales asociados con uno, por ejemplo, el superior derecho, de los canales de inserción 18 mostrados en las figuras 2 y 3. Además, la distancia entre el par de aberturas de salida 34a, 34b centrales y el par de aberturas de salida 36a, 36b más proximales es igual a la distancia entre el par de canales laterales 19 centrales y el par de canales laterales 19 exteriores asociados con uno, por ejemplo, el superior derecho, de los canales de inserción 18 mostrados en las figuras 2 y 3.

25 El dispositivo de cánula 30 puede insertarse en uno de los canales de inserción 18 mostrados en las figuras 2 y 3 de manera que las aberturas de salida 32a a 36b de cada par de aberturas de salida simultáneamente se ponen en contacto conductor de líquido con los canales laterales 19 correspondientes de cada par de canales laterales 19. Dicho de otro modo, todos los canales laterales 19 pueden simultáneamente proporcionarse con fotosensibilizador a través de las múltiples aberturas de salida 32a a 36b.

30 Puede proporcionarse un conjunto de dispositivos 30 de cánula diferentes y uno o más del conjunto de dispositivos 30 de cánula pueden utilizarse para la inserción en los canales de inserción 18 dependiendo de la configuración del sistema de canales generados.

35 También se ha descrito un método para diseccionar un ojo para la introducción de fotosensibilizador en el que, por medio de radiación láser 26 que se enfoca sobre y en la córnea. Se crean canales de inserción 18 en la córnea, en el que los canales de inserción 18 se extienden lejos de la superficie 14a de la córnea al interior de la córnea. Se crean canales laterales 19 que se extienden lejos de los canales de inserción 18. En este método pueden emplearse todas las características y propiedades de los canales de inserción 18 y canales laterales 19 que se han descrito anteriormente.

- 10 Ojo
- 45 13 Película lagrimal
- 14 Epitelio
- 50 14a Capa de Bowman
- 14b Estroma
- 14c Membrana de Decement
- 55 14d Endotelio
- 15 Superficie de córnea
- 60 16 Córnea
- 18 Canal de inserción
- 18a Parte de inserción de canal de inserción
- 65 18b Parte inclinada de canal de inserción

	19 Canal lateral
	20 Fuente de radiación láser
5	22 Ordenador
	24 Sistema óptico
	26 Radiación láser
10	28 Flecha
	30 Dispositivo de cánula
15	32a-36b Aberturas de salida
	A Eje
	C Dirección circunferencial
20	M Punto medio o centro del ojo
	O Aberturas
25	O' Primera abertura
	O" Segunda abertura
30	P Programa

**REIVINDICACIONES**

1. Aparato para diseccionar un ojo (10) para la introducción de un fotosensibilizador en el tejido (14, 16) del ojo (10), comprendiendo el aparato:

- una fuente (20) de radiación láser (26), y
- un sistema (24) para guiar y enfocar la radiación láser (26) con respecto al tejido (14, 16) del ojo (10),

caracterizado por que comprende:

- un ordenador (22) para controlar dicho sistema (24), estando el ordenador (22) programado para:

controlar la radiación láser (26) para crear en el tejido (14, 16) del ojo (10) por lo menos un canal de inserción (18) que se extiende por lo menos parcialmente en el estroma (14b) del ojo (10), en el que dicho por lo menos un canal de inserción (18) está conectado a por lo menos una abertura (O) en la superficie (15) del ojo (10) y se extiende sustancialmente en dirección radial (R) con respecto a un punto (M) en un eje (A) del ojo (10), y

controlar la radiación láser (26) para crear en el tejido (14, 16) del ojo (10) dos o más canales laterales (19) asociados con dicho por lo menos un canal de inserción (18), en el que los dos o más canales laterales (19) se extienden respectivamente lejos de dicho por lo menos un canal de inserción (19) asociado en una dirección (C) diferente de la dirección radial (R), y en el que una parte de inserción (18a) para la introducción del canal de inserción (18) sobre la superficie (15) de la córnea (16) se corta sustancialmente perpendicular a la superficie (15) de la córnea (16) y una parte inclinada (18b) del canal de inserción (18) se corta de manera que se extienda de forma inclinada con respecto a la parte de inserción (18a), con respecto a un plano horizontal a través del centro (M) de la córnea (16) y con respecto a los canales laterales (19), que se encuentran a mayor profundidad en la córnea (16) y se extienden esencialmente paralelos al plano horizontal a través del centro (M) de la córnea (16).

2. Aparato según la reivindicación 1, en el que los dos o más canales laterales (19) se extienden respectivamente de manera sustancial en una dirección circunferencial (C) alrededor de un punto (M) sobre un eje (A) del ojo (10).

3. Aparato según la reivindicación 2, en el que los dos o más canales laterales (19) están conformados por lo menos aproximadamente según un perímetro de un sector de un círculo.

4. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que:

un primer subconjunto de los dos o más canales laterales (19) se extiende lejos de dicho por lo menos un canal de inserción (18) en la dirección diferente de la dirección radial (R) en una primera posición a lo largo de la dirección radial (R); y

un segundo subconjunto de los dos o más canales laterales (19) se extiende lejos de dicho por lo menos un canal de inserción (18) en la dirección diferente de la dirección radial (R) en una segunda posición a lo largo de la dirección radial (R) diferente de la primera posición.

5. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que los dos o más canales laterales (19) están dispuestos respectivamente en una forma sustancialmente angular.

6. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la sección transversal de dicho por lo menos un canal de inserción (18) es diferente de la sección transversal de los dos o más canales laterales (19).

7. Aparato según la reivindicación 6, en el que la sección transversal de dicho por lo menos un canal de inserción (18) es más grande que la sección transversal de los dos o más canales laterales (19).

8. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el ordenador (22) está programado para:

controlar la radiación láser (26) para crear en el tejido (14, 16) del ojo (10) una pluralidad de canales de inserción (19), en el que cada una de entre la pluralidad de canales de inserción (19) se extiende sustancialmente en una dirección radial (R) con respecto a un punto (M) sobre el eje (A) del ojo (10), y

controlar la radiación láser (26) para crear en el tejido (14, 16) del ojo (10) dos o más canales laterales (19) asociados con cada una de entre la pluralidad de canales de inserción (18), en el que los dos o más canales laterales (19) se extienden respectivamente lejos del canal de inserción (18) asociado de la pluralidad de canales de inserción (18) en una dirección (C) diferente de la dirección radial (R).

9. Aparato según la reivindicación 8, en el que los dos o más canales laterales (19), que están asociados con diferentes canales de inserción (18) de la pluralidad de canales de inserción (18), están separados unos de otros.
- 5 10. Aparato según la reivindicación 8 o 9, en el que los dos o más canales laterales (19) de cada una de entre la pluralidad de canales de inserción (18) se extienden respectivamente en una dirección circunferencial (C) alrededor del punto (M) sobre el eje óptico (A) del ojo (10) en forma de un perímetro de un segmento de círculo.
- 10 11. Aparato según la reivindicación 10, en el que el perímetro del segmento de círculo es sustancialmente un perímetro de una forma geométrica.
12. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en el que el ordenador (22) está programado para controlar la radiación láser (26) para crear en el ojo (10) cada una de entre la pluralidad de canales de inserción (18) en un respectivo segmento de una pluralidad de segmentos (18) del ojo (10).
- 15 13. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que dicho por lo menos un canal de inserción (18) y los dos o más canales laterales (19) están creados por lo menos parcialmente por un paso óptico inducido por láser creado por la radiación láser (26) y por lo menos en parte no se unen completamente entre sí, estando la distancia entre el paso óptico inducido por láser adyacente en el intervalo comprendido entre 1 y 20  $\mu\text{m}$ .
- 20 14. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que la fuente (20) para la radiación láser es un láser de femtosegundos, un láser de nanosegundos, o un láser de picosegundos, o un láser de attosegundos.
- 25 15. Sistema (30) para diseccionar un ojo para la introducción de un fotosensibilizador en el tejido (14, 16) del ojo (10), comprendiendo el sistema el aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14 y un dispositivo de cánula (30) para introducir el fotosensibilizador en el tejido (14, 16) del ojo (10), en el que el dispositivo de cánula (30) comprende dos o más aberturas de salida (32a-36b) para introducir el fotosensibilizador en el interior del ojo (10).
- 30 16. Sistema (30) según la reivindicación 15, en el que:
- la sección transversal del dispositivo de cánula (30) está ajustada a la sección transversal del canal de inserción (18); y
- la posición de las dos o más aberturas de salida (32a-36b) a lo largo del eje longitudinal del dispositivo de cánula (30) está ajustada a la posición de los dos o más canales laterales (19) en la dirección radial (R).
- 35 17. Sistema (30) según la reivindicación 15 o 16, en el que las dos o más aberturas de salida (32a-36b) están dispuestas en la superficie lateral del dispositivo de cánula (30).
- 40 18. Sistema (30) según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 17, en el que por lo menos un subconjunto de las dos o más aberturas de salida (32a-36b) están dispuestas opuestas entre sí.
- 45 19. Sistema (30) según cualquiera de las reivindicaciones 15 a 18, en el que:
- un primer subconjunto de las dos o más aberturas de salida (32a-36b) están dispuestas en la superficie lateral del dispositivo de cánula (30) en una primera posición a lo largo del eje longitudinal del dispositivo de cánula (30); y
- 50 un segundo subconjunto de las dos o más aberturas de salida (32a-36b) están dispuestas en la superficie lateral del dispositivo de cánula (30) en una segunda posición diferente de la primera posición a lo largo del eje longitudinal del dispositivo de cánula (30).

FIG 1

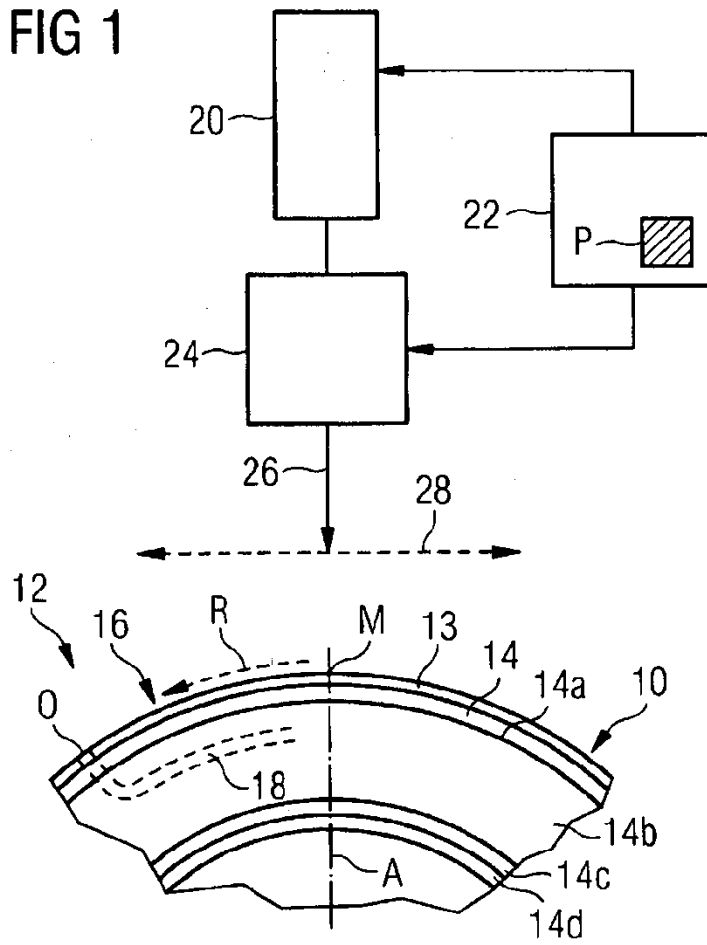


FIG 2

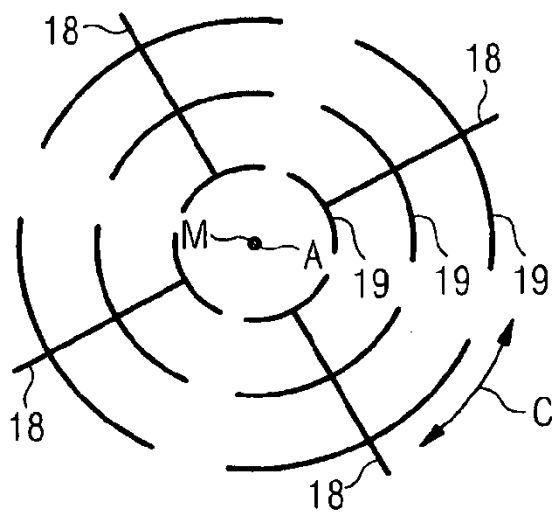


FIG 3

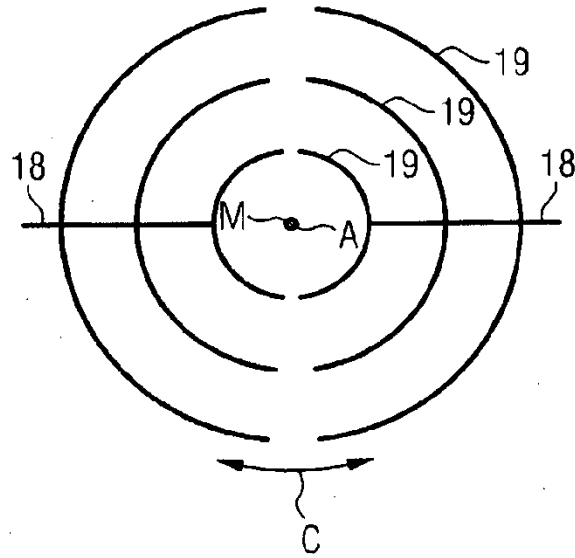


FIG 4

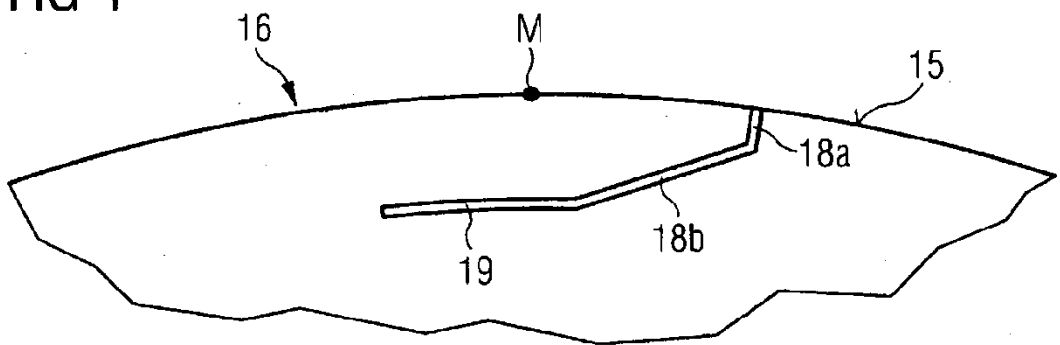




FIG 5a

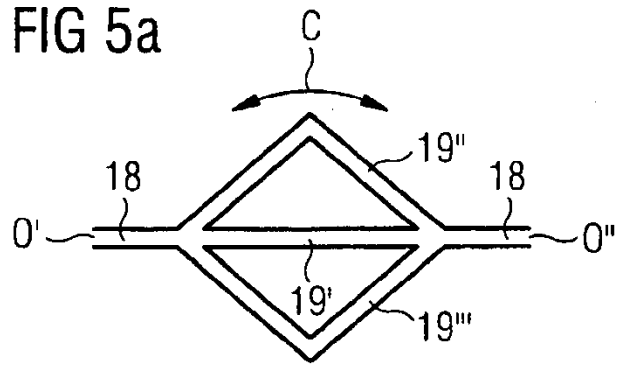


FIG 5b

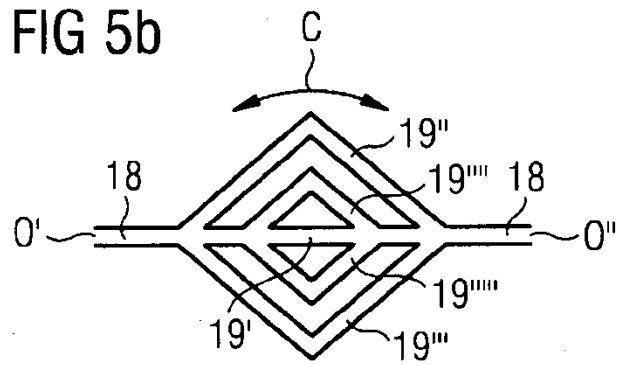


FIG 5c

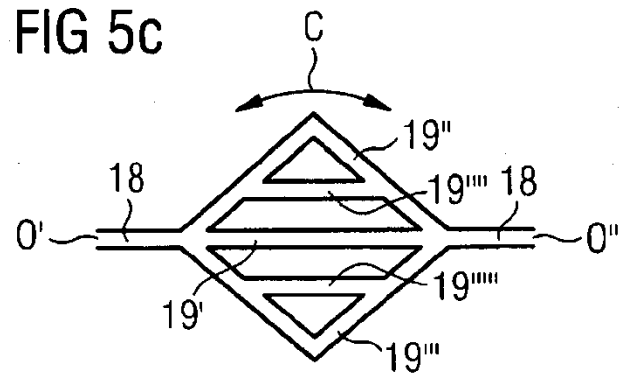


FIG 5d

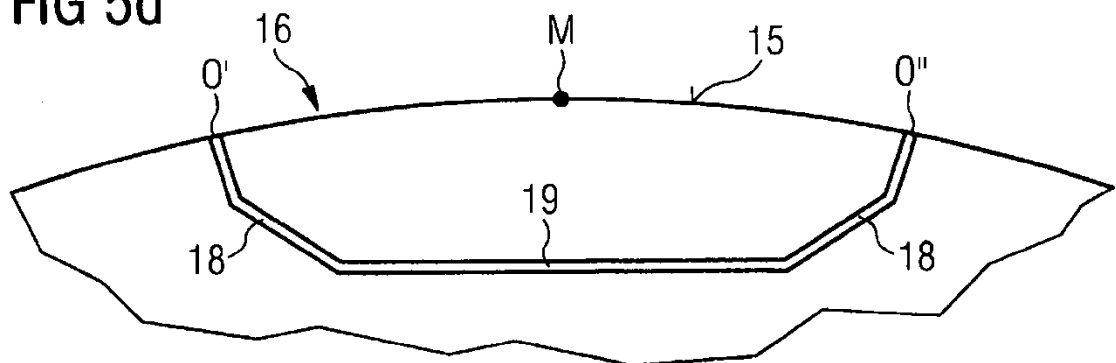


FIG 6a

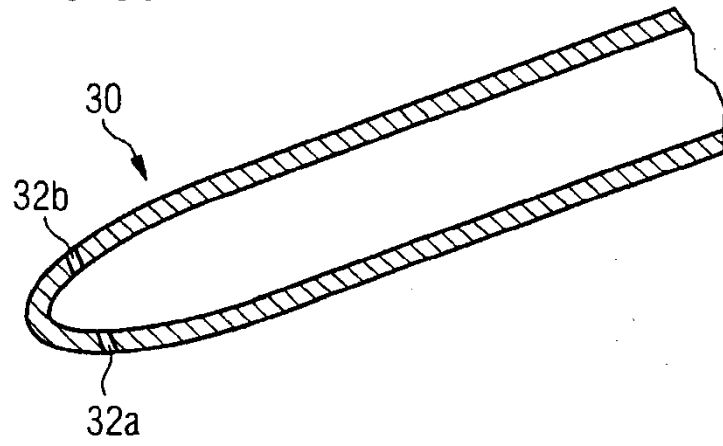


FIG 6b

