

MÉTODO Y APARATO PARA CAMBIAR LA APARIENCIA PERCEPTUAL DEL COLOR DEL IRIS DEL OJO DE UN SER HUMANO O UN ANIMAL

Descripción

La invención se refiere al campo del cambio de la apariencia perceptual del color del iris del ojo de un ser humano o un animal.

El iris del ojo humano o animal es una piel delgada y un tejido similar a un músculo que rodea la pupila y permite abrir y cerrar la pupila, por lo que controla por consiguiente la cantidad de luz que puede entrar en el ojo interno, lo que significa que el nivel de dilatación o contracción del iris determina la cantidad de luz que puede entrar en el ojo humano.

La pupila y el iris separan la cámara anterior del ojo de la cámara posterior del ojo, estando ambas cámaras del ojo llenas con un fluido transparente del ojo (fluido de las cámaras, humor acuoso) que consta principalmente de agua.

Detrás de la pupila y adyacente a la cámara posterior está el cristalino del ojo que está situado dentro de la bolsa de la cápsula del cristalino suspendido mediante las fibras zonulares y los músculos ciliares para acomodar ópticamente el cristalino. Detrás de la cámara posterior y el cristalino se sitúa el cuerpo vítreo, que está rodeado en parte por la retina. La cámara anterior del ojo está cerrada por la córnea a modo de escudo protector que constituye una pared anterior para la cámara anterior del ojo.

La apariencia de color del iris tal como la perciben los seres humanos determina la impresión del ojo, y así la apariencia de color del iris se denomina habitualmente como el "color del ojo". El color del ojo/del iris puede variar desde azul y verde hasta gris y marrón, y toda clase de combinaciones entre estos.

El "color" del iris tal como lo perciben los seres humanos está determinado en general por la densidad de los pigmentos, es decir, los pigmentos de melanina presentes sobre o en la capa anterior del estroma del iris. Además de la capa anterior del estroma, el iris comprende una capa posterior de pigmento (*epithelium*

pigmentosum, epitelio pigmentado) que está situada en el lado posterior del iris, y que se dispone para absorber la luz y evitar que la luz entre en el ojo interno a través del iris.

Siempre que la capa posterior pigmentada esté intacta, es decir, que contenga pigmentos suficientes, el color percibido está determinado principalmente por la densidad de los pigmentos en la capa anterior del estroma del iris. Cuanto menor sea la densidad de los pigmentos en la capa anterior del estroma, más tiende el color percibido del ojo hacia el azul. Por el contrario, cuanto mayor sea la densidad de los pigmentos en la capa anterior del estroma, más oscura es la apariencia de color, oscilando desde el verde hasta el marrón, y en casos extremos casi negro.

Por diversas razones, que no se detallarán en la presente, y que pueden estar inducidas por cuestiones sociales y estéticas, surge el deseo de cambiar la apariencia del color del ojo de un ser humano o un animal. En particular, surge el deseo de modificar el color del ojo hacia el azul, y se han desarrollado los métodos correspondientes en los últimos años, donde dichos métodos consideran la reducción de la cantidad de pigmentos de melanina activos en la capa anterior del estroma.

Cuando disminuye la densidad de los pigmentos de melanina en la capa anterior del estroma, se ha de tener cuidado de evitar dañar la capa de tejido fibrovascular del estroma y la capa posterior de pigmentos (*epithelium pigmentosum*), debido a que dichos daños podrían provocar un deterioro funcional del ojo.

Por lo tanto, son necesarios procedimientos sutiles y a la vez eficaces para cambiar la densidad de los pigmentos de melanina de la capa de estroma.

El documento US8.206.379 B2 describe un método para alterar el color percibido del iris, donde este propone utilizar un haz láser para irradiar la capa de estroma, de modo que se destruya la melanina o de modo que se eliminen las células pigmentadas, es decir, los melanocitos, de manera selectiva y se puedan retirar mediante el metabolismo. Las células de melanina destruidas o metabolizadas se

pueden retirar por medio del fluido intraocular a través del canal de Schlemm.

No obstante, se ha detectado que la retirada o el corte de los melanocitos o de la melanina puede suponer un proceso comparativamente largo, lo que significa que el resultado del tratamiento de la capa de estroma para cambiar la apariencia de color puede aparecer tras cierto tiempo, y necesitar posiblemente tratamientos adicionales de la capa de estroma para obtener en última instancia, por ejemplo, una apariencia de color azul del iris.

Habida cuenta de esto, es un objeto de la invención proporcionar una forma para cambiar la apariencia perceptual del color por parte de los seres humanos del iris del ojo de un ser humano o un animal. En particular, se proporcionará una forma de cambiar la apariencia del color que sea adecuada para un cambio rápido y eficaz, a la vez que cuidadoso, de la apariencia del color del iris al cambiar (en particular: modificar, alterar) la densidad de pigmentos de melanina en la capa anterior del estroma del iris.

Estos y otros objetos tal como se describen en la presente a continuación se solucionan mediante las características de las reivindicaciones independientes. En particular, las realizaciones de la invención son resultado de las reivindicaciones dependientes y las realizaciones ejemplares descritas en la siguiente descripción detallada.

En las realizaciones de la invención, se proporciona un método no quirúrgico para cambiar la apariencia perceptual del color por parte de los seres humanos del iris del ojo de un ser humano o un animal. El método propuesto supone disminuir de manera selectiva (en particular: alterar, cambiar, modificar) la densidad de los pigmentos, de manera específica los pigmentos de melanina, de la capa anterior del estroma, en particular, la capa anterior límite de la capa de estroma del iris.

El método propuesto comprende los pasos de generar, mediante el funcionamiento de un módulo generador, una pluralidad de cantidades de energía predefinidas, y aplicar (en particular: hacer

incidir) mediante el módulo generador, una o más de las cantidades de energía predefinidas sobre la capa anterior del estroma.

La o las cantidades de energía se pueden aplicar al estroma desde una ubicación situada de manera anterior y/o lateral con relación al iris, por ejemplo, con relación al eje óptico del ojo.

El eje óptico del ojo puede estar orientado de manera esencialmente horizontal o de manera esencialmente vertical durante la aplicación de las cantidades de energía. En particular, el eje óptico del ojo puede estar orientado de manera vertical, de modo que las cantidades de energía, p. ej., pulsos láser, se puedan aplicar en la dirección vertical sobre el estroma, por ejemplo, por medio de un sistema óptico situado de manera vertical sobre el ojo. Por ejemplo, se pueden hacer incidir las cantidades de energía en el ojo de una persona, en una disposición en la que la persona está tumbada de manera esencialmente horizontal en una mesa o similar, en particular, de modo que el eje óptico del ojo esté orientado de manera esencialmente vertical, y en la que las cantidades de energía se apliquen de manera esencialmente vertical sobre la capa de estroma. Dicha disposición puede ser conveniente para minimizar o reducir los movimientos del ojo.

En particular, la o las cantidades de energía se pueden aplicar a través de la cámara anterior del ojo sobre el estroma, lo que significa que la o las cantidades de energía se pueden aplicar desde el exterior, a través de la córnea del ojo, sobre el estroma.

La "disminución selectiva" de la densidad de los pigmentos en esta conexión en particular significará que la cantidad de energía se genera y aplica de tal manera que sustancialmente no se provoca daño alguno a la córnea y al tejido fibrovascular del estroma.

Con el método propuesto se dispone que cada una de las cantidades de energía aplicadas se genere y aplique de modo que esta extirpe, es decir, que esta sea adecuada para extirpar (en particular: retirar, arrancar), tras interactuar con la capa anterior pigmentada del estroma, al menos en parte, y/o de manera esencialmente completa, los melanocitos, es decir, las células que

contienen el pigmento de melanina del estroma, en particular, de la capa anterior del estroma. Las cantidades de energía se generan y aplican además de tal manera que el tejido sin melanocitos de, por ejemplo, el estroma y la córnea del ojo se deje esencialmente sin dañar. En particular, la o las cantidades de energía en las realizaciones pueden estar enfocadas en lo que respecta a la densidad zonal de energía, de modo que, cuando se aplica a través de la córnea sobre la capa anterior del estroma, la córnea y/o también la estructura fibrovascular de la capa anterior del estroma permanezcan sustancialmente sin afectar, mientras que la densidad de energía en la capa de estroma sea tal que la densidad de los pigmentos pueda disminuir tal como se describe con relación a la invención subyacente.

La singularidad de ser capaz de extirpar los melanocitos se puede obtener mediante la selección o el establecimiento adecuado de la energía, potencia, densidad de potencia, en particular, la densidad de potencia superficial, la duración de la aplicación, el ángulo de incidencia, el ángulo de enfoque y otros, para las cantidades de energía.

También se puede obtener singularidad generando y aplicando las cantidades de energía de forma pulsada, donde las duraciones de los pulsos respectivos de las cantidades de energía pulsada se pueden seleccionar de modo que se obtenga una ablación específica de los melanocitos. Por ejemplo, se pueden seleccionar una duración del pulso (p. ej., 4 ns) y una energía del pulso (p. ej., 2 mJ) particulares.

Asimismo, las cantidades de energía, al menos en parte, se generan y aplican de tal manera que los restos del tejido extirpado y/o los restos de pigmento de los melanocitos extirpados, que se generan como una causa (en particular: respuesta) inmediata (en particular: directa) de una o más de las cantidades de energía aplicadas, se descarga (en particular: purga), al menos en parte, en la cámara anterior del ojo (en particular: la cámara entre la capa anterior del iris y la capa posterior de endotelio de la córnea del

ojo), de modo que los restos de tejido/células descargados se puedan retirar (en particular: arrastrar) mediante un flujo generado de manera mecánica (en particular: artificial, al contrario que uno físico/natural/mediante medicación) de solución de lavado a través o dentro de la cámara anterior del ojo.

El método propuesto de generar y aplicar las cantidades de energía de modo que se obtenga la ablación y la descarga en la cámara anterior del ojo tiene la ventaja de que el tejido fibrovascular del estroma librar de una manera comparativamente expedita, rápida y/o eficaz de los melanocitos y el pigmento de melanina contenido en estos. Por tanto, los efectos y resultados de aplicar el método a la capa de estroma del iris pueden ser evidentes, lo cuales pueden contribuir a acortar la duración general para obtener el cambio deseado en la apariencia de color del iris.

Además de eso, generar y aplicar las cantidades de energía tal como se propone anteriormente, es decir, de modo que los melanocitos extirpados sean descargados en la cámara anterior del ojo, también puede ser conveniente para reducir el riesgo de aplicar cantidades de energía adicionales sobre áreas superficiales del estroma en las que ya se ha incidido suficientemente con las cantidades de energía, lo cual, por ejemplo, puede ser el caso con los métodos de la técnica anterior conocida.

Asimismo, la retirada del material de los melanocitos extirpados puede evitar que futuras cantidades de energía, tales como, por ejemplo, pulsos de ondas electromagnéticas, en particular, pulsos de láser, se distorsionen y/o dispersen, lo que puede contribuir a una mayor singularidad de la ablación, mientras se reduce el riesgo de dañar tejido no objetivo del estroma, iris y/o componentes del ojo, tal como, por ejemplo, la retina y similares.

En una realización de la invención, se proporciona un aparato que está adaptado, configurado, ajustado y dispuesto de manera específica para cambiar la apariencia perceptual del color por parte de los seres humanos del iris del ojo de un ser humano o un animal disminuyendo de manera selectiva la densidad de los pigmentos de la

capa anterior del estroma del iris. La adaptación y configuración específicas se refiere, en particular, a la funcionalidad, la estructura y/o el diseño del aparato.

El aparato propuesto comprende una fuente de energía que comprende un módulo generador que está adaptado y ajustado (en particular: programado) para generar una pluralidad de cantidades de energía predefinidas de al menos una de tipo electromagnético y de tipo de onda mecánica.

Una cantidad de energía predefinida, tal como se denomina en la presente, puede hacer referencia, por ejemplo, a una onda electromagnética, p. ej., un pulso de luz, en particular, un pulso de láser, y/o una onda de presión de un fluido, que tiene respectivamente una energía predeterminada y preferentemente también una dirección de propagación predeterminada. Una cantidad de energía predeterminada puede hacer referencia, por ejemplo, a un pulso electromagnético de duración y energía predefinidos, y/o a un pulso de presión de un fluido generado en el líquido de la cámara anterior del ojo, y que se propaga hacia, y en última instancia se hace incidir sobre, una ubicación predefinida (en particular: un área predefinida, un punto predefinido) de la capa/superficie anterior del estroma.

El aparato propuesto comprende además un dispositivo de enfoque que está adaptado y ajustado para enfocar (en particular: dirigir) las cantidades de energía generadas hacia (en particular: sobre) la capa anterior del estroma del iris del ojo.

El aparato propuesto puede comprender, además, o al menos puede estar en comunicación mutua con, el módulo de bombeo de fluido adaptado y ajustado para la generación y mantenimiento de un flujo mecánico (en particular: artificial) predefinido de solución de lavado a través de la cámara anterior del ojo y/o dentro de esta.

El módulo de bombeo de fluido puede estar adaptado y ajustado para generar un flujo de 15 - 20 ml/min, y/o para generar un flujo de tal manera que se mantenga una presión interna del ojo situada

en el intervalo entre 16 mmHg, es decir, aproximadamente 21.33 mbar, y 20 mmHg, es decir, aproximadamente 26.66 mbar.

El aparato propuesto comprende además una unidad controladora, es decir, una o más de una unidad controladora que está(n) programada(s) y ajustada(s) para llevar a cabo un método de acuerdo con la invención, tal como se propone y describe en cualquier realización de la presente. De manera específica, la unidad controladora se puede programar y ajustar para llevar a cabo el método de acuerdo con la invención tal como se describe anteriormente, que incluye cualquier variación del método según todas las realizaciones, y combinaciones de estas, tal como se describen en la presente.

En particular, el aparato tal como se propone en la presente se puede implementar y ajustar además para hacer funcionar (en particular: controlar) la fuente de energía y el dispositivo de enfoque de modo que se apliquen (en particular: hagan incidir) las cantidades de energía predefinidas generadas, al menos en parte, sobre una ubicación (en particular: área) predefinida, en particular, cargada de melanina de la capa anterior del estroma, de modo que el tejido de melanocitos del estroma, en el que inciden las cantidades de energía, sea extirpado (en particular: retirado, arrancado), de tal manera que sea descargado en la cámara anterior del ojo, es decir, en el fluido presente en la cámara anterior del ojo, siendo la descarga una causa directa de la interacción entre las cantidades de energía (en particular: al menos una cantidad de energía) y el tejido.

El aparato tal como se propone en la presente se puede implementar y ajustar además en realizaciones para hacer funcionar (en particular: controlar) el módulo de bombeo de fluido, de modo que se mantenga el flujo predefinido en un lapso de tiempo durante el cual, y/o un lapso de tiempo directamente después de aplicar (en particular: hacer incidir) las cantidades de energía sobre el estroma, de modo que el material de los melanocitos descargado (en particular: restos de melanocitos, material de los melanocitos,

melanina o restos de melanina) al menos en parte, se descargue de manera fluida desde la cámara anterior.

En particular, el ajuste específico del aparato propuesto tiene la ventaja, cuando se cambia (en particular: altera) el color perceptual del iris del ojo de un ser humano o un animal, de que el tejido de melanocitos, y por lo tanto del pigmento de melanina se puede retirar de manera eficiente, y en un tiempo de aplicación comparativamente corto, del estroma, en particular, lo que reduce en particular el tiempo general necesario para cambiar el color del iris/ojo, y/o reduce la necesidad de sesiones prolongadas y/o repetitivas de retirada del pigmento.

Además de eso, el mantenimiento del flujo de la solución de lavado, el cual, por ejemplo, puede comprender una solución salina equilibrada (BSS, por sus siglas en inglés) o solución de lavado, puede ayudar a la ablación del tejido de melanocitos en virtud del flujo de solución de lavado generado a través/dentro de la cámara anterior del ojo. En particular, las ventajas adicionales del aparato propuesto se corresponden con, y son resultado de, las ventajas del método tal como se propone en la presente y de sus realizaciones correspondientes.

En las realizaciones de la invención, se propone la utilización de un método de acuerdo con al menos una de las realizaciones, tal como se describen en la presente en relación con la invención, en un tratamiento no quirúrgico del iris de un ser humano o un animal. Donde el tratamiento no quirúrgico está dirigido a modificar, en particular por razones estéticas, el color perceptual del iris mediante la disminución selectiva de la densidad de los pigmentos de melanina de la capa anterior del estroma del ojo. En cuanto a las ventajas de la utilización propuesta en un tratamiento no quirúrgico para cambiar el color del iris/ojo, se hace referencia a las ventajas correspondientes del método subyacente y a sus realizaciones tal como se explican en la presente.

En realizaciones de la invención, se propone la utilización de un aparato de acuerdo con al menos una realización, tal como se

describe en la presente en relación con la invención, en un tratamiento no quirúrgico del iris de un ser humano o un animal. Donde el tratamiento no quirúrgico está dirigido a modificar, en particular por razones estéticas, el color perceptual del iris mediante la disminución selectiva de la densidad de los pigmentos de melanina de la capa anterior del estroma del ojo. En cuanto a las ventajas de la utilización propuesta en un tratamiento no quirúrgico para cambiar el color del iris/ojo, se hace referencia a las ventajas correspondientes del método y aparato subyacentes, y a sus realizaciones tal como se explican en la presente.

En realizaciones adicionales de la invención, se propone un soporte de almacenamiento no transitorio legible por computadora. El soporte de almacenamiento no transitorio legible por computadora, o unidad controladora, respectivamente, comprende (en particular: implementa) instrucciones ejecutables que, cuando se ejecutan en (en particular: mediante) una computadora, o cuando se ejecutan al hacer funcionar una unidad controladora respectiva, hacen que la computadora o unidad controladora ejecute un método de acuerdo con al menos una realización, tal como se describe en la presente en relación con la invención, y/o hacen que un aparato de acuerdo con al menos una realización, tal como se describe en la presente en relación con la invención, funcione según (en particular: lleve a cabo) un método según al menos una realización, tal como se describe en la presente en relación con la invención. En cuanto a las ventajas del soporte de almacenamiento no transitorio legible por computadora, o la unidad controladora, en relación con el cambio de color del ojo de un ser humano o un animal, se hace referencia a las ventajas correspondientes del método y aparato subyacentes, y a sus realizaciones correspondientes tal como se explican en la presente.

Las características de las realizaciones tal como se describen en la presente, en particular a continuación en la presente, están pensadas para ser utilizadas e implementadas en cualquiera de las categorías a las que se hace referencia en la presente, en particular, en cualquiera de las categorías relacionadas con un

método, un aparato, una utilización y un soporte de almacenamiento legible por computadora o unidad controladora.

En realizaciones, el método no quirúrgico puede comprender un paso de proporcionar (en particular: mantener) un flujo generado de manera mecánica de solución de lavado a través de la cámara anterior del ojo o dentro de esta, y retirar (en particular: descargar) de ese modo los restos de tejido, que incluyen, aunque sin carácter limitante, el pigmento de melanina y los restos de células correspondientes, del ojo, en particular, de la cámara anterior del ojo, por medio del flujo generado.

Por ejemplo, el flujo oscila entre 15 ml/min y 20 ml/min, y/o el flujo puede estar adaptado y ajustado de modo que la presión interna del ojo se conserve en el intervalo entre aproximadamente 16 mmHg, es decir, aproximadamente 21.33 mbar, y 20 mmHg, es decir, aproximadamente 26.66 mbar.

En realizaciones, el paso de proporcionar el flujo generado de manera mecánica puede comprender: mantener el flujo generado de manera mecánica a lo largo de un lapso de tiempo predeterminado respectivo durante, y/o después de, la aplicación de la cantidad de energía predefinida sobre la capa anterior del estroma.

En realizaciones, el flujo generado de manera mecánica se puede mantener superpuesto al procedimiento de extirpar los melanocitos mediante la aplicación de las cantidades de energía. En realizaciones adicionales, el flujo se puede mantener siempre que sean visibles los restos de melanocitos en la cámara anterior del ojo, donde visibilidad se puede referir a una percepción del ser humano no ampliada o a una ampliación de multiplicación 5 a multiplicación 10 mediante la utilización de un microscopio.

En realizaciones, el flujo generado de manera mecánica también se puede mantener de manera opcional durante un lapso de tiempo predefinido antes de aplicar la cantidad de energía predefinida sobre la capa anterior del estroma. En dichas condiciones, se puede obtener una configuración predefinida de las condiciones de flujo que

prevalecen dentro de la cámara anterior del ojo, que pueden ser ventajosas para la retirada eficaz de tejido.

Retirar tejido/restos de tejido por medio del flujo mantenido de solución de lavado, en particular, mediante irrigación, tal como, por ejemplo, irrigación continuada, tiene la ventaja de que no es necesario retirar todo el tejido de melanocitos necróticos, generado mediante la aplicación las cantidades de energía sobre la capa de estroma mediante procesos metabólicos, de la cámara anterior del ojo. En particular, esto puede ser conveniente debido al canal de Schlemm, que es el pasaje natural por donde el humor acuoso del ojo puede salir de la cámara del ojo, puede estar reducido, en particular obstruido, en caso de que una cantidad comparativamente grande de tejido metabolizado se haya precipitado a través del canal de Schlemm, tal como es el caso, por ejemplo, en los métodos conocidos para cambiar el color del iris. La obstrucción u obstrucción parcial del canal de Schlemm puede conducir a una mayor presión intraocular, lo que a su vez podría conducir a daños en el ojo a largo plazo.

En realizaciones, el flujo generado de manera mecánica se puede mantener durante al menos un lapso de tiempo predeterminado, según un perfil de caudal predeterminado respectivo. El perfil de caudal predeterminado puede ser constante en el tiempo, al menos en un, de manera opcional en cada, lapso de tiempo, o puede variar con el tiempo, por ejemplo, dependiendo de parámetros operativos relacionados con la generación y aplicación de las cantidades de energía.

El perfil de caudal puede seguir una trayectoria temporal particular, donde el perfil de caudal se puede corresponder, por ejemplo, con un perfil continuo y/o con un perfil escalonado.

Haciendo referencia al perfil de caudal, los parámetros tales como la energía, la potencia, la frecuencia de pulsos mediante los que se aplican las cantidades de energía sobre la capa anterior del estroma y otras, se pueden utilizar como base para ajustar (en particular: establecer) un caudal correspondiente, en particular, adecuado, es decir, un perfil de caudal correspondiente. Mediante

esto, se puede correlacionar así la ablación y la precipitación en función del flujo del tejido de melanocitos, lo que mejora la eficacia general del método propuesto.

En realizaciones, al menos uno de un punto de comienzo y finalización de al menos un lapso de tiempo se activa mediante (en particular: se sincroniza con) el paso de generar y/o aplicar la cantidad de energía predefinida. El activador puede suponer un margen de tiempo asignado al comienzo del flujo de la solución de lavado, donde el tiempo de parada se puede establecer de modo que vaya a continuación de la finalización de la aplicación de las cantidades de energía sobre la capa de estroma.

En realizaciones, el flujo generado de manera mecánica puede comprender, al menos durante un primer período de tiempo predeterminado un flujo laminar, y/o al menos durante un segundo período de tiempo predeterminado un flujo turbulento. El tipo de flujo se puede seleccionar dependiendo de la energía aplicada o potencia de las cantidades de energía, y/o dependiendo de la cantidad prevista de melanocitos a extirpar, por ejemplo, dentro de un cierto período de tiempo, y/o dependiendo de la ubicación específica/área del iris en la que se incide con una o más de las cantidades de energía.

En realizaciones, el método puede suponer el paso de dividir (en particular: segmentar), por ejemplo, mediante un módulo de división correspondiente, al menos una parte del área superficial de la capa anterior del estroma en un número (en particular: una pluralidad de) secciones (en particular: divisiones) superficiales predefinidas. Cada una de las secciones superficiales puede constituir un área coherente y/o puede tener un tamaño predeterminado, donde las secciones superficiales se pueden definir según un conjunto predefinido de reglas que dependen, por ejemplo, del tamaño/área general del iris, la densidad de los pigmentos, en particular, la densidad local de los pigmentos y otros.

Las secciones superficiales se pueden manipular según una secuencia particular, donde la secuencia se puede definir, por

ejemplo, en función de la densidad real de los pigmentos, en particular, la densidad media de los pigmentos en una sección superficial correspondiente.

Determinar las secciones superficiales, en particular, llevar a cabo una división correspondiente, puede ser función de una captura de imagen del iris o del ojo. La imagen se puede capturar, por ejemplo, mediante un dispositivo o módulo de exploración correspondiente, donde se puede utilizar reconocimiento de imagen para identificar el iris, el contorno del iris, la distribución de la densidad de los pigmentos del iris y otros. El dispositivo o módulo de exploración puede comprender una funcionalidad para la definición del iris o el contorno del iris, y/o para la división del iris.

El reconocimiento y la división del iris se puede llevar a cabo de manera automática, al menos realmente, de manera semiautomática, donde el dispositivo de exploración puede comprender una funcionalidad que permita al operario establecer, definir, sustituir y/o corregir los resultados del dispositivo de exploración en lo que respecta al resultado del reconocimiento, el contorno del iris y similares.

Después de haber determinado (en particular: calculado) las secciones superficiales, se pueden aplicar un número de las cantidades de energía predefinidas, en particular, un número de las cantidades de energía predefinidas respectivas, por ejemplo, que comprenden uno o más pulsos/haces/ráfagas sobre una o más de las secciones superficiales.

El número de cantidades de energía aplicadas, y los demás parámetros de las cantidades de energía, tal como la energía, potencia, duración del pulso y similares, aplicados sobre una sección superficial respectiva, se puede determinar (en particular: calcular) de manera específica para cada, o al menos para un cierto número, de las secciones superficiales. Por tanto, es posible aplicar de manera selectiva las cantidades de energía sobre una sección superficial correspondiente según las necesidades respectivas, tal

como, por ejemplo, las que son resultado de la densidad general/media de los pigmentos.

En realizaciones, las secciones superficiales predefinidas se pueden procesar según una sucesión predefinida de secciones superficiales, donde la sucesión predefinida se puede determinar mediante el módulo de división. La sucesión particular se puede determinar, por ejemplo, en función del tamaño del iris, la densidad local de los pigmentos y otros.

En realizaciones, se pueden determinar las secciones superficiales predeterminadas, tales como, por ejemplo, el tamaño de una o más de las secciones superficiales predeterminadas, y/o la sucesión particular de secciones superficiales dentro de la secuencia de procesamiento, y/o el contenido de energía, y/o la potencia de la cantidad de energía, tal como ya se ha analizado, al menos en parte, en función de (en particular: seleccionar o establecer según/dependiendo de) la densidad de los pigmentos, y/o de la ubicación específica del área superficial en el iris, y/o del tamaño general del iris y otros. De esta forma, es posible ajustar de manera específica los pasos operativos para cambiar el color del iris a las características específicas de un caso particular, lo que además aumenta de ese modo la seguridad operativa y las posibilidades de éxito.

En realizaciones, se determina (en particular: predetermina, calcula) al menos un parámetro del flujo generado de manera mecánica sobre la base de (en particular: dependiendo de) la ubicación específica de una sección superficial procesada respectiva, y/o la sucesión particular de las secciones superficiales, y/o la densidad de los pigmentos, y/o el tamaño de una sección superficial respectiva, y/o sobre la base de (en particular: dependiendo de) uno o más de un parámetro relacionado con la generación y aplicación de las cantidades de energía, tal como, por ejemplo, energía, potencia, duración del pulso, tamaño de punto, densidad de energía superficial/de área y otros. Los parámetros operativos del flujo se pueden ajustar de manera específica de una forma determinada a los

requisitos particulares respectivos, lo que mejora aun más la seguridad y la posibilidad de éxito en lo que respecta al cambio en el color del iris.

En realizaciones, se pueden generar al menos una o más de una de las cantidades de energía predefinidas y aplicar sobre el estroma como al menos una de:

- uno o más ondas electromagnéticas, en particular, pulsos de ondas, y/o
- una o más ondas de presión mecánicas, en particular, ondas de choque o expansivas.

Las ondas electromagnéticas, en particular, los pulsos, se pueden generar mediante un dispositivo láser, tal como, por ejemplo, un dispositivo láser pulsado, en particular, un dispositivo láser de conmutación Q, en particular, un dispositivo láser de doble frecuencia de conmutación Q, por ejemplo, basado en Nd-YAG.

Las ondas de presión mecánicas se pueden inducir (en particular: generar), por ejemplo, mediante cavitación, por ejemplo, una cavitación inducida por plasma. Asimismo, las ondas de presión mecánicas se pueden inducir de manera directa mediante una expansión de plasma, y/o mediante un pulso de onda electromagnética, generado dentro del líquido contenido en, o en el líquido que está en contacto líquido directo con, la cámara anterior del ojo, de manera específica un fluido contenido en la cámara anterior del ojo. En realizaciones, se pueden inducir una o más expansiones de plasma, al menos en parte, mediante la interacción de pulsos de ondas electromagnéticas con la capa de estroma, en particular, con la estructura fibrovascular del estroma.

En realizaciones, el método puede comprender un paso de determinación de la densidad local de los pigmentos, y/o el grosor de la capa de melanocitos en la capa anterior del estroma, donde se puede disponer además que generar y/o aplicar de manera local una o más de las cantidades de energía, en particular, los pulsos de presión y/o los pulsos de láser, se lleva a cabo dependiendo de (en particular: sobre la base de) una densidad local de los pigmentos

respectiva y/o un grosor local de la capa anterior de melanocitos/densidad.

En particular, con dichas realizaciones, por ejemplo, en las que se aplican pulsos de láser de un dispositivo láser de conmutación Q sobre el iris para el cambio de color, se obtiene una mayor seguridad operativa en lo que respecta a potencial deterioro del iris. Asimismo, el proceso de cambiar el color del iris puede estar adaptado a las necesidades particulares del caso, lo que puede ayudar a reducir el tiempo global necesario para cambiar el color según el resultado objetivo.

En realizaciones, una o más de las cantidades de energía se pueden generar como pulsos de ondas electromagnéticas aplicados de manera directa sobre el tejido del iris mediante la utilización de un dispositivo láser que funciona en una longitud de onda que oscila entre 488 nm y 580 nm, o en una longitud de onda que oscila entre 522 nm y 541 nm, o con una longitud de onda que se corresponde sustancialmente con 532 nm, o en un intervalo de longitudes de onda entre 976 nm y 1160 nm, o en un intervalo de longitudes de onda entre 1044 y 1082 nm, o con una longitud de onda que se corresponde sustancialmente con 1064 nm.

En realizaciones, una o más de las cantidades de energía se pueden generar como pulsos de ondas electromagnéticas que tienen una frecuencia del pulso en el intervalo entre 3 Hz y 300 Hz, y/o que tienen una duración de los pulsos que se encuentra en el intervalo entre 2 ns y 6 ns, o que se corresponde sustancialmente con 4 ns.

En realizaciones, se puede hacer funcionar o ajustar un sistema óptico del dispositivo láser de modo que genere un haz láser, en particular pulsado, para generar al menos una o más de una, en particular, sustancialmente todas, las cantidades de energía (14), teniendo el haz láser un ángulo de enfoque que se encuentra en el intervalo entre 10 grados y 18 grados, de manera opcional entre 13 grados y 16 grados, que se encuentra adicionalmente de manera opcional sustancialmente en aproximadamente 14 grados.

En realizaciones, las cantidades de energía pueden estar guiadas desde un elemento emisor de luz hasta el sistema óptico por medio de un sistema de fibra óptica. El sistema de fibra óptica puede comprender una fibra óptica que puede tener un diámetro del núcleo de la fibra óptica que se encuentre en el intervalo entre 270 μm y 290 μm , en particular, de aproximadamente 280 μm .

En realizaciones, una o más de una de las cantidades de energía, en particular, todas las cantidades de energía se pueden aplicar sobre la capa anterior del estroma en una dirección sustancialmente vertical. Dicho de otro modo, el eje óptico del ojo puede estar orientado de manera vertical y las cantidades de energía se pueden aplicar de acuerdo esencialmente con la orientación del eje óptico del ojo. Mediante la utilización de un eje (en particular: dirección) vertical para aplicar las cantidades de energía, la persona cuyo color del ojo se debe cambiar puede estar situada de manera horizontal, lo que puede conducir a un menor movimiento de la cabeza y/o el ojo.

En particular, se ha demostrado que los parámetros mencionados anteriormente son especialmente adecuados para extirpar melanocitos de la capa anterior del estroma, de forma que se descargue (en particular: purgue) el tejido y pigmento correspondiente en el líquido contenido en la cámara anterior del ojo, de modo que el material de tejido y pigmento descargado correspondiente se pueda retirar por medio del flujo mantenido de fluido de lavado.

En realizaciones, se puede generar una o más de las cantidades de energía como pulsos de ondas mecánicas, como causa directa de un pulso de choque inducido por plasma. El pulso de choque se puede generar, por ejemplo, mediante interacción directa de un pulso de onda electromagnética, tal como un pulso de láser, con un objetivo del láser, tal como, por ejemplo, un material en estado sólido, p. ej., titanio, que está en comunicación fluida con el humor intraocular. Una ráfaga inducida por plasma también se puede generar mediante la interacción de un pulso de onda electromagnética con la

capa anterior del estroma, en particular, con la estructura fibrovascular de la capa anterior del estroma.

Los pulsos de ondas electromagnéticas para generar pulsos expansivos pueden tener, por ejemplo, una longitud de onda de 532 nm o 1064 nm, y pueden tener una energía de aproximadamente 2 mJ por pulso.

En realizaciones, se puede generar el pulso de choque inducido por plasma mediante interacción directa de un pulso de láser con la solución de lavado dentro de la cámara anterior del ojo y/o, tal como ya se ha mencionado, con la estructura fibrovascular de la capa anterior del estroma.

Por ejemplo, se puede generar un pulso de choque inducido por plasma dentro del fluido contenido en la cámara anterior del ojo cerca del área superficial en la que se prevee que incidirá el pulso de choque, donde se puede aplicar un pulso de láser sobre el líquido y/o la capa de estroma (en particular: la estructura fibrovascular del estroma) de modo que se puedan generar pulsos de choque inducidos por plasma/cavitación directa.

En realizaciones, generar las cantidades de energía puede suponer hacer funcionar o ajustar un sistema óptico del dispositivo láser, de modo que se genere un haz láser pulsado para generar al menos una o más de una, en particular, sustancialmente todas, las cantidades de energía, donde el haz láser pulsado comprende un ángulo de enfoque que se encuentra en el intervalo entre 10 grados y 18 grados, de manera opcional entre 13 grados y 16 grados, siendo además de manera opcional sustancialmente de aproximadamente 14 grados. Dicho de otro modo, el método puede suponer la utilización de un dispositivo de enfoque óptico que conduzca a un ángulo de enfoque que se encuentre en el intervalo o intervalos dados. En particular, utilizar dicho ángulo de enfoque tiene la ventaja que, cuando se aplican las cantidades de energía, en particular, los pulsos de láser, desde el exterior del ojo, a través de la córnea, la trayectoria y aumento de la densidad de energía, en particular, la densidad de energía de área, del haz láser hacia el objetivo sobre

la capa anterior del estroma o en esta, es tal que la córnea no se ve afectada sustancialmente por las cantidades de energía que pasan a través de ella, mientras que se pueden extirpar los melanocitos en la capa anterior del estroma o sobre esta, lo que deja la estructura fibrovascular del estroma esencialmente intacta.

En realizaciones, las cantidades de energía pueden estar guiadas desde una fuente hacia el objetivo previsto, al menos en parte, por medio de un sistema de fibra óptica. Por ejemplo, las cantidades de energía, p. ej., los pulsos de láser, pueden estar guiadas desde un elemento de emisión de luz correspondiente hasta un sistema óptico implementado y dispuesto para aplicar, en particular, enfocar, la cantidad de energía sobre la capa anterior del estroma por medio de un sistema de fibra óptica. Utilizar dicho sistema de fibra óptica que incluye, por ejemplo, una fibra óptica flexible, tiene la ventaja de que el eje óptico del ojo en el que se incide con las cantidades de energía puede estar orientado con libertad. Por ejemplo, el eje óptico del ojo puede estar orientado, de acuerdo con las preferencias respectivas, de manera vertical u horizontal, o de acuerdo con cualquier otra dirección adecuada respectiva para extirpar el pigmento de los melanocitos de la capa anterior del estroma.

Un sistema de fibra óptica correspondiente, como el que se puede utilizar cuando se lleva a cabo el método, puede comprender una fibra óptica que tiene un diámetro del núcleo de la fibra óptica que se encuentra en el intervalo entre 270 μm y 290 μm , en particular, de 280 μm .

En realizaciones, el método puede suponer además monitorizar, mediante un módulo de monitorización, p. ej., un módulo de monitorización óptica, de una posición (en particular: ubicación), y/o forma, y/o movimiento del ojo o uno o más de los componentes del ojo, por ejemplo, el iris o la pupila, p. ej., con relación a un punto de referencia espacial, en particular, fijo. En dichas realizaciones, cada una de las cantidades de energía predefinidas generadas se puede aplicar a la capa de estroma dependiendo del (en

particular: condicionado al) resultado de la monitorización. El resultado de la monitorización, es decir, el resultado del procedimiento de monitorización, puede comprender, por ejemplo, una determinación que indique si ha cambiado o no la ubicación y/o el tamaño del iris o la pupila, y/o de si se ha movido o no el ojo/iris.

En realizaciones, en las que está involucrada dicha monitorización, se puede inhibir (en particular: bloquear) la aplicación (en particular: la liberación) de una cantidad de energía, en el caso de una determinación positiva de un cambio de posición, tamaño y/o forma, y/o en caso de determinación positiva de un movimiento.

En particular, monitorizar tiene la ventaja de que el iris u otras partes del ojo, tales como, por ejemplo, la retina, se pueden deteriorar o incluso dañar mediante, por ejemplo, una aplicación en falso de una cantidad de energía debido al movimiento del ojo que está de acuerdo con el movimiento del iris. En particular, hacer funcionar de manera adecuada el módulo de monitorización puede contribuir a la seguridad en general, en particular, en casos donde personal médico especializado realiza el método de cambio de color del ojo. Asimismo, la monitorización es adecuada y útil para automatizar o al menos automatizar en parte el método propuesto para el cambio de color del ojo.

En realizaciones, el resultado de la monitorización no solo se puede utilizar para inhibir la aplicación (en particular: la liberación) de una o más cantidades de energía. El resultado de la monitorización, que en realizaciones puede suponer una monitorización continua del ojo o de un componente adecuado correspondiente del ojo, p. ej., el iris o la pupila, también, y/o como alternativa, se puede utilizar para el control del objetivo. En particular, el establecimiento del objetivo de la cantidad de energía, para el control del objetivo, se puede reubicar según uno o más de un cambio de posición, un cambio de ubicación, un cambio de forma y un movimiento.

En particular, el control del objetivo significará que el resultado de la monitorización se puede utilizar para controlar, por ejemplo, el módulo generador, u otro módulo adecuado, de modo que la cantidad de energía liberada se aplique sobre el punto objetivo (en particular: área objetivo) correcto (en particular: previsto) de la capa anterior del estroma. Debido a ello, se puede mover (en particular: ajustar) el establecimiento del objetivo para la o las cantidades de energía según (en particular: de manera sincronizada con) una detección de un movimiento del ojo, y/o la detección de un cambio de posición, ubicación y/o forma.

El control de establecimiento del objetivo en función de la monitorización del ojo se puede implementar de modo que se lleven a cabo la inhibición de la aplicación de la cantidad de energía y/o reubicación del punto/área objetivo se lleve a cabo (únicamente) en casos en los que el establecimiento del objetivo se encuentre fuera del área del estroma que se prevee tratar con el fin de cambiar el color, y/o en caso de que el establecimiento del objetivo difiera del punto/área objetivo real en más de un valor límite predeterminado.

Proporcionar dichas opciones de monitorización y control, en particular, mediante la sincronización adecuada del establecimiento del objetivo con el movimiento del ojo y/o con los cambios correspondiente de o en el ojo/iris, puede mejorar la ejecución del método y puede contribuir a mejorar la seguridad, en particular, en lo que respecta a posibles daños al tejido sin melanocitos.

Para monitorizar el movimiento del ojo y/o el iris en un método o sistema para cambiar el color del ojo tal como se describe en la presente, se puede utilizar un aparato monitorizador del ojo que utiliza un sistema de cámara estereoscópica. En particular, se puede utilizar junto con luz infrarroja. El aparato monitorizador del ojo se puede configurar de modo que funcione independientemente de la luz ambiental, o puede requerir una iluminación específica. El aparato monitorizador del ojo, en particular, la monitorización del ojo puede suponer determinar la posición 3D de la pupila o el iris,

la dirección de visualización 3D, el tamaño de pupila, foco de visualización con relación a una superficie/un objeto predefinido.

El control del objetivo puede suponer en realizaciones aplicar la cantidad de energía en un punto objetivo o área objetivo particular de la capa anterior del estroma. El punto objetivo particular se puede mover entre una pluralidad de punto objetivos de acuerdo con un patrón particular. El patrón particular puede suponer seleccionar o determinar de manera repetida uno o más de un punto objetivo a partir de una pluralidad de puntos objetivo. Un punto objetivo seleccionado o determinado puede tener, en una dirección sustancialmente paralela a la capa anterior del estroma del iris, una distancia mínima predefinida desde un punto objetivo anterior, donde, por ejemplo, se puede establecer previamente, o seleccionar de manera aleatoria, un primer punto objetivo o punto objetivo inicial. La distancia mínima predefinida se puede corresponder con el diámetro de la pupila medido cuando se lleva a cabo el método, donde, con respecto a un plano que se extiende paralelo al eje óptico del ojo y que lo comprende, cada punto objetivo puede estar situado de manera opcional en un lado opuesto de dicho plano en lo que se refiere a un punto objetivo anterior respectivo, donde la posición angular de dicho plano con relación el eje óptico puede variar entre puntos objetivos posteriores.

En realizaciones, la sucesión de puntos objetivo se selecciona/determina de modo que la energía local, en particular, la entrada de calor a la capa anterior del estroma y/o la córnea, provocada por la aplicación de dos cantidades de energía sucesivas, en particular, pulsos de láser, se encuentra por debajo de un valor predefinido.

En realizaciones, el método puede suponer acoplar, antes de aplicar una o más de una de las cantidades de energía, un elemento de protección del ojo al ojo, en particular, a la capa externa de la córnea. Dicho de otro modo, el método puede suponer la utilización de un elemento de protección del ojo. El elemento de protección del ojo se implementa y se puede situar sobre la capa exterior de la

córnea de la córnea, de modo que se evita las cantidades de energía que inciden sobre el ojo se introduzcan en la cámara posterior del ojo y/o incidan sobre la retina del ojo. La utilización de dicho elemento de protección del ojo tiene la ventaja de que la retina se puede proteger de manera eficaz de los cuantos de energía aplicados sobre el ojo.

En realizaciones de la invención que también se pueden reivindicar como reivindicaciones independientes, el elemento de protección del ojo se puede implementar en una estructura compuesta o como una de estas, donde la estructura compuesta puede comprender una capa de absorción para absorber las cantidades de energía que inciden sobre esta, y una capa de adhesión para que se acople con la capa exterior de la córnea.

En realizaciones, la capa de absorción puede comprender una o más de una capa metálica. Al menos una o más de una de la o las capas metálicas se puede realizar a partir de acero inoxidable, es decir, se puede implementar como una capa de acero inoxidable.

El acoplamiento entre la capa de adhesión y la capa externa de la córnea, la cual en general está cubierta por una película líquida, puede estar basado en las fuerzas adhesivas entre la capa de adhesión y la capa de la córnea, y/o la película líquida de la córnea y/o la adhesión inducida por cohesión de la capa de adhesión. La fijación adhesiva a la capa externa de la córnea se puede lograr mediante una capa de material de poros abiertos, en particular, una capa espumada, que comprende y/o está realizada preferentemente a partir de un material de alcohol polivinílico. Por tanto, en realizaciones, el elemento de protección del ojo puede comprender una capa de material de poros abiertos, en particular, una capa espumada, que comprende y/o está realizada preferentemente a partir de un material de alcohol polivinílico, que se fija, por ejemplo, a la capa de protección.

El elemento de protección del ojo se puede llenar de, o puede absorber parcialmente, en particular, en la capa de adhesión cuando la hay, líquido natural desde el lado externo de la córnea, por lo

que se adhiere de ese modo a la córnea tal como lo haría, por ejemplo, un pañuelo de papel o un papel secante.

El elemento de protección del ojo se puede situar de modo que cubra la pupila del ojo, la cual, mientras se aplican las cantidades de energía, puede tener un diámetro que se encuentre en el intervalo entre 1 mm y 1.5 mm, en particular, de aproximadamente 1 mm.

En realizaciones, el elemento de protección del ojo puede tener una forma convexa y/o circular, y/o puede tener un diámetro que se encuentre en el intervalo entre 0.5 mm y 3 mm, o en el rango entre 1 mm y 2 mm, o de manera sustancial de aproximadamente 1.5 mm.

El elemento de protección del ojo se puede utilizar para cubrir la pupila en caso de que el ojo esté expuesto a radiación láser, de modo que se evite, al cubrir la pupila, que la radiación láser se introduzca en la cámara posterior del ojo y posiblemente en la retina.

En caso de que se utilice el elemento de protección del ojo, el método puede suponer verificar la colocación correcta del elemento de protección del ojo con relación a la pupila del ojo, lo que se puede ejecutar, por ejemplo, mediante un módulo de exploración.

En realizaciones, el método puede comprender un paso de exploración, mediante un/el módulo de exploración, de al menos el iris o sus secciones, y/o de la cámara anterior del ojo en al menos una de antes, durante y después de la aplicación de las cantidades de energía. El resultado de la exploración puede comprender una representación de la(s) cámara(s) y/o del iris del ojo, en particular, la capa anterior del estroma. El resultado de la exploración se puede transformar en un modelo parametrizado del ojo/iris/la capa anterior del estroma, donde el resultado de la exploración, en particular, el modelo parametrizado, se puede utilizar para la determinación del objetivo, y se puede utilizar para (en particular: como la base de) la monitorización del objetivo, en caso de que haya y se utilice un módulo de monitorización.

El resultado de la exploración se puede utilizar para determinar una forma del iris y/o un recorrido, trayecto y/o sucesión

de puntos objetivo sobre los que se debe indicir con las cantidades de energía en función del resultado de la exploración. En particular, el resultado de la exploración se puede utilizar, al menos en parte, para la determinación de los puntos objetivo, lo que se puede llevar a cabo antes de la ablación de los melanocitos y/o durante la ejecución del método.

En realizaciones, el resultado de la exploración se puede almacenar, por ejemplo, después de un número predeterminado de cantidades de energía aplicadas, p. ej., después de finalizar el método y/o después de ciertas fases, en una memoria no volátil. Dichos resultados de la exploración se pueden utilizar como evidencia documental del transcurso de los eventos y/o como una historia operativa del procedimiento de cambio de color del ojo/iris.

En realizaciones, el resultado de la exploración del módulo de exploración se puede utilizar para el establecimiento del objetivo, en particular, para determinar (en particular: calcular) una ubicación de incidencia o una ubicación promediada de incidencia que indiquen respectivamente una ubicación real sobre la capa anterior del estroma o el iris, donde una o más de las cantidades de energía inciden realmente sobre la capa anterior del estroma. Cuando se utiliza dicha funcionalidad, las ubicaciones de incidencia objetivo se pueden monitorizar, y el resultado de la monitorización se puede almacenar en una base de datos, por ejemplo, junto con los parámetros operativos relacionados con la generación y aplicación de la cantidad o cantidades de energía.

En realizaciones, el flujo de solución de lavado dentro o a través de la cámara anterior del ojo se puede controlar sobre la base del resultado de la exploración.

En realizaciones, se puede determinar (en particular: calcular) en función del resultado de la exploración la densidad de los pigmentos, en particular, la densidad local de los pigmentos tal como, por ejemplo, un perfil/una distribución de los pigmentos, y de todas maneras, al menos un parámetro representativo de la densidad/densidad local de los pigmentos.

La densidad de los pigmentos determinada, en particular, la densidad local de los pigmentos, el perfil de los pigmentos y/o la distribución de los pigmentos se pueden utilizar para controlar la generación y/o aplicación de una o más de las cantidades de energía sobre la capa anterior del estroma. En particular, la densidad de los pigmentos determinada, en particular, la densidad local de los pigmentos, el perfil de los pigmentos y/o la distribución de los pigmentos se pueden utilizar como un parámetro para determinar (en particular: establecer) las singularidades de las cantidades de energía predeterminadas, tal como, por ejemplo, las singularidades (en particular: los parámetros) de los pulsos de láser predeterminados y/o de los pulsos de presión.

Por ejemplo, la energía, la duración del pulso, la irradiancia y otros parámetros de, por ejemplo, un pulso de luz/presión correspondiente, se pueden establecer, al menos en parte, sobre la base de la densidad de los pigmentos, el perfil de los pigmentos y/o la distribución. La exploración de una sección correspondiente del ojo/iris se puede llevar a cabo inmediatamente antes de aplicar una cantidad de energía correspondiente y/o durante y/o después de aplicar cantidades de energía sobre la capa anterior del estroma del iris.

En realizaciones, se puede disponer que, en función del resultado de la exploración, se pueda determinar (en particular: calcular) un cambio, en particular, un cambio local, en la densidad de los pigmentos, y de todas maneras, al menos un parámetro representativo de un cambio/cambio local en la densidad de los pigmentos de la capa anterior del estroma. En función de dicha determinación, la generación y/o aplicación de una o más de las cantidades de energía se pueden controlar en función del cambio/cambio local determinado en la densidad de los pigmentos, o de un parámetro respectivo representativo de un cambio/cambio local en la densidad de los pigmentos.

En realizaciones, el resultado de la exploración se puede utilizar como una base para generar y proporcionar la exposición en

una pantalla de visualización de uno o más de uno de los objetos visualizados a un operario/supervisor que ejecuta el método. En particular, dichos objetos visualizados pueden comprender uno o más de: el iris, secciones del iris, el color del iris, el cambio de color del iris, la densidad de los pigmentos, la densidad de los pigmentos y otros.

En particular en dichas realizaciones, se puede disponer que parámetros operativos adicionales relacionados con la ejecución del método subyacente se puedan disponer de modo que se expongan en una/la pantalla de visualización. Por ejemplo, uno o más parámetros operativos relacionados con las cantidades de energía generadas/aplicadas, por ejemplo, su energía, longitud de onda, etc., relacionados con los puntos de impacto de una o más de las cantidades de energía aplicadas sobre la capa anterior del estroma, en particular, se pueden disponer para su exposición uno o más de uno o más puntos de impacto pasados y futuros. Asimismo, se puede disponer para su exposición una primera indicación representativa de un cambio, en particular, de un cambio local, de la densidad de los pigmentos, y una segunda indicación representativa de áreas superficiales procesadas y/o no procesadas de la superficie anterior de la capa de estroma, en una pantalla de visualización para el usuario que opera/supervisa.

En realizaciones, un aparato tal como el que se propone en la presente y se configura para llevar a cabo el método propuesto de cambio del color del iris, es decir, el color del ojo, puede comprender un módulo de microscopio, por ejemplo, implementado como, o que comprende, un microscopio estereoscópico.

El módulo de microscopio se puede disponer y situar de tal forma que un operario/supervisor que manipula el aparato, según el método propuesto, pueda observar al menos la superficie anterior de la capa de estroma del ojo. El módulo de microscopio se puede implementar de modo que permita formar una imagen de al menos el iris, y se puede implementar (en particular: configurar) de manera

opcional de modo que proporcione la exposición de la sección del ojo de la que se forma la imagen.

En realizaciones, el aparato puede comprender además un módulo de lámpara de hendidura que comprende una lámpara de hendidura y los elementos ópticos correspondientes que permiten al operario/supervisor del método emitir una lámina de luz hacia el ojo/sobre la capa anterior del estroma. La lámpara de hendidura y el módulo de microscopio pueden estar adaptados para (en particular: configurados para) su interacción mutua, lo que implementa así un microscopio con lámpara de hendidura para investigar al menos la capa anterior del estroma del iris, en particular mientras se lleva a cabo el método propuesto.

En realizaciones, el aparato puede comprender un elemento de protección del ojo implementado y configurado para estar acoplado al ojo, en particular, a la capa externa de la córnea, de tal forma que evite que las cantidades de energía se introduzcan en la cámara posterior del ojo y/o de que incidan en la retina del ojo.

En realizaciones, el elemento de protección del ojo puede tener una estructura compuesta, que comprenda una capa de absorción implementada para absorber las cantidades de energía que inciden sobre ella con el fin de cambiar el color del ojo. Esto significa, que la capa de absorción se configura de modo que las cantidades de energía utilizadas para extirpar el pigmento de los melanocitos de la capa anterior del estroma se puedan absorber de manera eficaz, en particular, de manera esencialmente completa.

En realizaciones, el elemento de protección del ojo puede comprender, además de la capa de absorción, una capa de adhesión para acoplarse con la capa externa de la córnea, en particular, mediante fuerzas adhesivas y/o cohesivas, generadas, por ejemplo, entre la capa de adhesión y la córnea, la capa de adhesión y el fluido lacrimal, y/o mediante el fluido lacrimal que cubre la córnea. La capa de adhesión se puede fijar en un lado de la capa de absorción.

En realizaciones, la capa de absorción puede comprender una o más de una capa metálica, en particular, unas capas de acero

inoxidable. Las capas metálicas se pueden seleccionar de modo que las cantidades de energía necesarias para extirpar los pigmentos de los melanocitos desde la capa anterior del estroma se absorban, es decir, que al menos se evite que dichas cantidades de energía pasen el elemento de protección del ojo.

En realizaciones, la capa de adhesión puede comprender una capa de material de poros abiertos, en particular, una capa espumada, que comprende preferentemente y/o se realiza a partir de un material de alcohol polivinílico, que puede ser flexible en cierta medida de modo que se adapte a la forma externa de la córnea. La capa de adhesión puede proporcionar la ventaja de que se evita que el deslizamiento desde la posición prevista debido a la capa de líquido natural en el lado externo de la córnea.

El elemento de protección del ojo se puede llenar de, o puede absorber parcialmente, en particular, en la capa de adhesión cuando la hay, líquido natural desde el lado externo de la córnea, por lo que se adhiere de ese modo a la córnea tal como lo haría, por ejemplo, un pañuelo de papel o un papel secante.

En realizaciones, el elemento de protección del ojo puede tener una forma convexa y/o circular, y/o puede tener un diámetro que se encuentre en el intervalo entre 0.5 mm y 3 mm, o en el rango entre 1 mm y 2 mm, o de manera sustancial de aproximadamente 1.5 mm.

En realizaciones, la fuente de energía, que se implementa para generar las cantidades de energía, puede comprender como un módulo generador al menos un (en particular: un o más de un) elemento de emisión de luz. El elemento de emisión de luz puede comprender o se puede implementar como un dispositivo láser, por ejemplo, como un dispositivo láser de conmutación Q, en particular, un dispositivo láser de doble frecuencia de conmutación Q. El dispositivo láser puede ser del tipo, por ejemplo, de un dispositivo láser de Nd-YAG.

El dispositivo láser puede funcionar (en particular: se puede configurar para que funcione) de modo que genere al menos algunas de las cantidades de energía predeterminadas, que comprenden, por ejemplo, un o más de un pulso de láser. Las cantidades de energía

generadas se pueden generar para su emisión en forma de pulsos de luz. Asimismo, el dispositivo puede funcionar, por ejemplo, por medio de un módulo de enfoque correspondiente para dirigir los pulsos de luz/láser hacia la capa anterior del estroma y sobre esta.

Por ejemplo, el módulo de enfoque se puede preparar de modo que (en particular: configurar de modo que) dirija uno o más de los pulsos de luz/láser generados a un punto objetivo (en particular: ubicación objetivo) específico correspondiente de incidencia. Tal como ya se ha mencionado, el punto objetivo de incidencia se puede determinar, al menos en parte, en función de un resultado de la exploración de la capa anterior del iris.

La emisión de manera adecuada del o de los pulsos de luz hacia la capa anterior y sobre esta da como resultado la ablación de los melanocitos, es decir, la ablación de las células de los melanocitos ubicadas en la capa anterior del estroma, lo cual, tal como se ha explicado con detalle anteriormente, conduce a un cambio en la densidad de los pigmentos en/sobre la capa anterior del estroma, que a su vez da como resultado un cambio del color perceptual del iris/ojo.

El elemento de emisión de luz se puede hacer funcionar de modo que genere y emita luz, en particular, pulsos de luz que tienen una longitud de onda que oscila entre 488 nm y 580 nm, tal como, por ejemplo, de aproximadamente 532 nm, o que tienen una longitud de onda que oscila entre 976 nm y 1160 nm, o entre 1044 y 1082 nm, tal como, por ejemplo, de aproximadamente 1064 nm. El elemento de emisión de luz también se puede hacer funcionar de modo que genere pulsos de luz, en particular, pulsos de láser que tienen una duración en el intervalo entre 2 ns y 6 ns, en particular, de aproximadamente 4 ns. Los pulsos de luz pueden tener, por ejemplo, una energía de aproximadamente 2 mJ. Asimismo, los pulsos de luz se pueden generar con una frecuencia de pulsos que se encuentre en el intervalo entre 3 Hz y 300 Hz.

El elemento de emisión de luz se puede implementar de modo que puede generar pulsos de luz que tengan una potencia máxima que oscile entre 0.1 MW y 0.5 MW.

Asimismo, el elemento de emisión de luz se puede implementar de modo que genere un punto láser que tenga un diámetro que oscile entre 200 μm y 600 μm , por ejemplo, que oscile en torno a 400 μm .

En particular, los parámetros mencionados han resultado adecuados para extirpar los melanocitos de la capa anterior del estroma, de modo que se descarguen en la cámara anterior del ojo, en particular, en el fluido contenido en la cámara anterior del ojo.

En realizaciones, la fuente de energía puede comprender un sistema óptico implementado y configurado de modo que genere, durante la ablación de los pigmentos de los melanocitos, un haz láser, en particular, un haz láser pulsado, que tiene un ángulo de enfoque que se encuentra en el intervalo entre 10 grados y 18 grados, de manera opcional entre 13 grados y 16 grados, además de manera opcional es sustancialmente de aproximadamente 14 grados. Dichos ángulos de enfoque pueden ser eficaces a la hora de dejar la córnea del ojo esencialmente intacta, cuando se aplica los pulsos de láser sobre la capa anterior del estroma, tal como ya se ha explicado con detalle anteriormente.

En realizaciones, el sistema óptico se puede implementar y configurar para aplicar las cantidades de energía sobre la capa anterior del estroma sustancialmente en dirección vertical. Tal como ya se ha mencionado, el sistema óptico también se puede implementar de modo que aplique las cantidades de energía en dirección horizontal o en cualquier dirección adecuada entre ambas.

En realizaciones, el aparato, en particular, el sistema óptico, puede comprender un sistema de fibra óptica implementado y configurado para guiar las cantidades de energía generadas por el elemento de emisión de luz hacia la ubicación objetivo (en particular: el sitio de aplicación).

En realizaciones, el sistema de fibra óptica puede comprender una fibra óptica que tenga, por ejemplo, un diámetro del núcleo de

la fibra óptica que se encuentre en el intervalo entre 270 μm y 290 μm , en particular, de aproximadamente 280 μm .

En realizaciones, el sistema de fibra óptica puede estar acoplado entre el elemento de emisión de luz y el sistema óptico, de modo que las cantidades de energía previstas para extirpar los pigmentos de los melanocitos de la capa anterior del estroma pueden estar guiadas desde el elemento de emisión de luz ubicado en una ubicación remota con relación al sistema óptico ubicado cerca (en particular: más cerca) del ojo. Utilizar dicho sistema de fibra óptica puede proporcionar una flexibilidad y adaptabilidad mejoradas para las necesidades respectivas, en particular, en lo que respecta a la orientación del eje óptico del ojo mientras se cambia el color del ojo.

En realizaciones, la fuente de energía puede comprender como módulo generador un generador de ondas de presión, donde el generador de ondas de presión se puede implementar de modo que (en particular: configurar de modo que) se haga funcionar para generar al menos algunas de las cantidades de energía predefinidas, y de modo que emita las cantidades de energía generadas en forma de ondas de presión mecánicas (en particular: ondas de choque, ondas expansivas) hacia la capa anterior del estroma y sobre esta, de forma que se cambie (en particular: altere, modifique) la densidad de los pigmentos de la capa anterior del estroma mediante la ablación de las células de los melanocitos y su descarga en la cámara anterior del ojo.

Los pulsos de luz y las ondas de presión se pueden utilizar de manera separada para cambiar la densidad de los pigmentos o, en realizaciones, se pueden utilizar ambos los pulsos de luz y las ondas de presión de manera simultánea o consecutiva para cambiar la densidad de los pigmentos, en particular, a la hora de obtener el cambio de densidad de los pigmentos previsto, es decir, del color del iris.

En realizaciones, el generador de ondas de presión se puede hacer funcionar (en particular: implementar o configurar) de modo

que genere las ondas de presión mediante cavitación inducida dentro de un líquido que al menos está en contacto líquido con el líquido del ojo contenido en la cámara anterior del ojo.

Tal como se ha mostrado, la invención subyacente y sus realizaciones son adecuadas para cambiar la apariencia perceptual del color del iris del ojo de un ser humano o un animal de una forma expedita, cuidadosa y eficaz.

Ahora se describirán unas realizaciones ejemplares de la invención en relación con las figuras anexas, en las que:

la figura 1 muestra una representación esquemática de un ojo humano junto con las representaciones esquemáticas para llevar a cabo el método subyacente;

la figura 2 muestra una vista ampliada de una sección de las figuras 1 y 2 que incluye el iris del ojo;

la figura 3 muestra una vista esquemática adicional del ojo y una realización esquemática de un aparato para llevar a cabo la invención subyacente;

la figura 4 muestra una representación adicional del ojo humano junto con detalles adicionales para aplicar pulsos de láser en relación con el método subyacente;

la figura 5 muestra una vista esquemática del ojo y detalles adicionales de un aparato para llevar a cabo la invención subyacente;

la figura 6 muestra la vista ampliada de la figura 3 junto con un elemento de protección del ojo;

la figura 7 muestra un diagrama de flujo ejemplar para llevar a cabo un método de acuerdo con la invención.

En la figura 1 se presenta una representación esquemática de un ojo humano 1 junto con los elementos o componentes de un aparato para llevar a cabo el método subyacente.

En referencia al ojo humano 1, sus componentes se describen en la medida que se considera adecuada para entender completamente el método subyacente.

El ojo humano 1 representa un sistema óptico con el que se forman las imágenes de los objetos de la vida real por medio de un

cristalino 2 sobre la retina 3 del ojo 1. La incidencia de luz en el ojo 1, y por lo tanto la cantidad de luz incidente sobre la retina 3, está controlada mediante una abertura variable representada por una estructura circular comparativamente delgada en el ojo 1, conocida como el iris 4.

Mediante un sistema muscular, el ojo 1 puede variar el diámetro y tamaño de la abertura central del iris, es decir, la pupila 5 y, por tanto, la cantidad de luz que alcanza la retina 3.

El iris 4 consta esencialmente de dos capas, la denominada capa de estroma o estroma 6, que está ubicada en la parte frontal (es decir, anterior) del iris 4 orientada hacia el exterior del ojo 1, y una capa de células epiteliales pigmentadas 7 situadas en el lado trasero (es decir, posterior) del iris 4. Las células epiteliales pigmentadas tienen la función de absorber la luz que entra hasta una medida tal que el iris de hecho funciona como una abertura, que define el diámetro de la pupila 5, para el sistema óptico del ojo 1.

Las células epiteliales pigmentadas comprenden melanina como pigmento, que es un eficaz absorbedor de la luz, en particular, en lo que respecta a la luz en el espectro visible.

La capa anterior 8 del estroma, es decir, la capa del estroma orientada hacia el exterior del ojo, es decir, hacia la cámara anterior 9 del ojo, puede comprender una cierta cantidad de células de los melanocitos que contienen pigmento de melanina. La cantidad o densidad de pigmento de melanina en la capa de estroma anterior 8 no es fija y puede variar de un individuo a otro individuo.

En aras de una mayor exhaustividad, la cámara anterior 9 del ojo está delimitada en el exterior por la córnea 10. La cámara anterior 9 del ojo y ubicada entre el iris 4 y la córnea 10 está llena con humor acuoso, donde el humor acuoso se forma en el cuerpo ciliar 11 del ojo 1, donde se segrega a la cámara posterior 12 del ojo. Desde la cámara posterior 12 del ojo, el humor acuoso pasa a través de entre el iris 4 y el cristalino 2 hasta la cámara anterior

9 del ojo, desde donde se descarga sobre el canal de Schlemm 13 del ojo 1.

Los pigmentos de melanina comprendidos en los melanocitos alteran el comportamiento de absorción y reflexión del iris 4, de manera más específica del estroma 6. Los pigmentos de melanina, en particular, la densidad de los pigmentos de melanina en la capa anterior 8 del estroma o de esta, influyen en gran modo el color del ojo percibido, que se utiliza como un sinónimo para el color percibido del iris.

De hecho, si no hay o casi no hay melanina presente en la capa anterior 8 del estroma o sobre esta, el color del ojo percibido es azul, mientras que al aumentar la melanina, o la densidad de melanina, el color del ojo percibido se desplaza hacia el verde, avellana y marrón. La densidad de melanina que se produce de manera natural en la capa anterior 8 del estroma se determina mediante el fenotipo del individuo bajo consideración.

Por algunas razones, entre otras impulsado por fuerzas estéticas y/o sociales, existe el deseo de cambiar el color perceptual del ojo/iris de marrón, verde, etc. a azul. Por tanto, se han desarrollado métodos correspondientes para cambiar el color perceptual del ojo/iris mediante la retirada de los pigmentos de melanina de la capa anterior del estroma del ojo. Por ejemplo, en el documento US 8.206.379 B2, se describe un planteamiento basado en el láser, en el que las células de los melanocitos de la capa anterior del estroma, que contienen el pigmento de melanina, se retiran, de modo que los melanocitos y los pigmentos de melanina correspondientes se puedan retirar mediante digestión macrófaga, y retirar de la cámara del ojo a través del denominado canal de Schlemm, representado en la figura 1 por conveniencia con el símbolo de referencia 13.

Tal como ya se ha analizado, la retirada de la pigmentación basada en macrófagos de la capa anterior 8 del estroma puede afectar de manera negativa la funcionalidad del canal de Schlemm 13, lo que puede conducir a una mayor presión intraocular, lo que a su vez puede deteriorar la salud ocular.

El método de acuerdo con la invención subyacente se basa en un planteamiento diferente, el cual se ha descubierto mediante una investigación elaborada de la capa anterior 8 del estroma y de la pigmentación de la capa anterior 8 del estroma.

De manera específica, se ha descubierto, que las células de los melanocitos que contienen melanina de la capa anterior 8 del estroma se pueden extirpar haciendo incidir de manera específica cantidades de energía sobre la capa anterior del estroma, por ejemplo, pulsos de ondas electromagnéticas y/o pulsos de presión de fluido, o similares, de modo que las células de los melanocitos y los restos y pigmentos de las células correspondientes se descarguen en el humor acuoso de la cámara anterior 9 del ojo, como causa directa de la cantidad de energía aplicada, de modo que el material extirpado se pueda retirar por medio de un flujo generado de manera mecánica de solución de lavado a través de la cámara anterior 9 del ojo o dentro de esta.

Este proceso subyacente de la presente invención se indica y representa de manera esquemática en la figura 1, que muestra, entre otros, la aplicación de una cantidad de energía mediante, por ejemplo, uno o más pulsos de láser 14 sobre la capa anterior 8 del estroma, de modo que se descarguen las células de los melanocitos 15 unidas al estroma 6, como causa directa de la incidencia de uno o más pulsos de láser 14, descargados en el humor acuoso/líquido contenido en la cámara anterior 9 del ojo. El material de melanocitos descargado se representa haciendo referencia al símbolo 16 en la figura 1.

El material de melanocitos 16 descargado se puede retirar posteriormente de la cámara anterior 9 del ojo, por ejemplo, manteniendo un flujo generado de manera mecánica de solución de lavado a través de la cámara anterior del ojo, donde el flujo se indica mediante dos flechas 17 en la figura 1. El flujo de solución de lavado 17 se puede generar, por ejemplo, mediante un dispositivo de irrigación (que no se muestra de manera explícita en la figura 1), que permite la generación y el mantenimiento, por ejemplo, de un

flujo continuo de fluido de lavado a través de la cámara anterior 9 del ojo.

El mantenimiento del flujo de solución de lavado y la aplicación de los pulsos de láser 14, con el fin de extirpar los melanocitos y descargarlos directamente en la cámara anterior 9 del ojo, se puede ejecutar, por ejemplo, por personal médico especializado sin requerir la intervención de un profesional médico.

Al retirar los melanocitos de la capa anterior 8 del estroma, el color perceptual del ojo 1 puede cambiar de un color o tono marrón/verde a azul. Asimismo, al llevar a cabo el método de modo que el material de melanocitos se descargue directamente en la cámara anterior 9 del ojo, el material de melanocitos se puede retirar manteniendo el flujo de solución de lavado 17, lo que evita así los inconvenientes de los procesos de escape que se producen de manera natural para el humor acuoso en el canal de Schlemm 13.

Por lo demás, al retirar directamente los melanocitos, se puede cambiar de manera instantánea la densidad de pigmentos de la capa anterior 8 del estroma, lo que significa que el resultado de la retirada del pigmento se puede comprobar o monitorear directamente, lo que puede conducir a unos procedimientos más eficaces y en general más cortos para cambiar el color del ojo perceptual a un color deseado respectivo.

La figura 2 muestra una vista ampliada de la región del iris 4 y el estroma 6 del ojo tal como se muestra en la figura 1. De manera específica, la figura 2 muestra uno o más pulsos de láser 14 aplicados y que inciden sobre la capa anterior 8 del estroma. Como consecuencia directa de aplicar el o los pulsos de láser 14, las células de los melanocitos 15, que en condiciones normales están unidas a la capa anterior 8 del estroma, se descargan directamente, mediante la acción directa del o de los pulsos de láser 14, en el humor acuoso/líquido/mezcla de solución de lavado y humor acuoso que está presente en la cámara anterior 9 del ojo. Las células de los melanocitos descargadas y el material de melanocitos 16 se puede arrastrar fuera de la cámara anterior 9 del ojo mediante el flujo

generado de manera mecánica 17 de la solución de lavado generada a través de/de manera transversal a la cámara anterior 9 del ojo.

Con el fin de obtener la retirada adecuada y/o mejorada de los melanocitos 16 descargados, es posible mantener el flujo generado de manera mecánica 17 de solución de lavado a lo largo de un lapso de tiempo predeterminado durante, antes de y/o después de aplicar las cantidades de energía predefinidas, p. ej., el o los pulsos de láser 14.

El flujo de solución de lavado 17 se puede proporcionar de acuerdo con un perfil predeterminado, en particular, el perfil del caudal, que puede ser constante en el tiempo, o que puede variar de acuerdo con una línea temporal predefinida. Las variaciones del perfil se pueden corresponder o estar sincronizadas, por ejemplo, con la frecuencia de pulsos y/o con la densidad de pigmentos de un área respectiva del estroma 6 donde se aplican las cantidades de energía respectivamente.

A continuación, en relación con la figura 3, se describen detalles adicionales de un aparato 18 correspondiente preparado y configurado para llevar a cabo un método tal como el que se ha analizado anteriormente.

La figura 3 muestra una vista esquemática del ojo 1, y por lo demás una representación esquemática de los componentes del aparato 18, que está adaptado y configurado para cambiar la apariencia perceptual del color del iris del ojo de un ser humano o un animal.

El aparato 18 comprende, como una fuente de energía o módulo de energía para generar una pluralidad de cantidades de energía predefinidas, un dispositivo láser 19 que tiene una fuente láser 20 para generar los pulsos de láser 14 predefinidos. Por medio de un dispositivo de enfoque que no se muestra de manera explícita, por ejemplo, que supone un sistema óptico, se puede hacer funcionar el dispositivo láser 19 de modo que dirija y aplique los pulsos de láser 14 predefinidos generados sobre la capa anterior 8 del estroma del iris 4. En particular, el dispositivo láser puede comprender un dispositivo de establecimiento del objetivo para establecer un

punto/área objetivo correspondiente donde incidirán los pulsos de láser 14 generados.

Los pulsos de láser 14 predefinidos se generan y aplican de tal manera que las células de los melanocitos 15 de la capa anterior 8 del estroma se descarguen directamente (en particular: salgan despedidas), por la acción de los pulsos de láser 14, al humor acuoso o líquido o mezcla de humor acuoso/solución de lavado o solución de lavado contenidos en la cámara anterior 9 del ojo.

Por ejemplo, el dispositivo láser, que puede ser, por ejemplo, un láser de Nd-YAG de doble frecuencia de conmutación Q, se puede configurar de modo que genere pulsos de láser en el intervalo de longitudes de onda de aproximadamente 532 nm, que tiene una duración de los pulsos de aproximadamente 4 ns, y una energía de los pulsos de aproximadamente 2 mJ. Una frecuencia de los pulsos del dispositivo láser se puede encontrar, por ejemplo, en el intervalo entre 3 Hz y 300 Hz. El dispositivo de enfoque y/o la unidad/el dispositivo de establecimiento del objetivo puede estar adaptado y configurado para generar tamaños de puntos láser en un intervalo de un diámetro de aproximadamente 500 μm .

El aparato comprende además un módulo de bombeo de fluido 21 que está adaptado y configurado para mantener el flujo mecánico 17 predefinido a través de la cámara anterior 9 del ojo. El flujo 17 se puede corresponder, por ejemplo, con un flujo de continuo en el que, por medio de un par de elementos irrigadores 22, por ejemplo, se suministra a, y drena de, la cámara anterior 9 del ojo la solución de lavado. Mediante el flujo mecánico 17 así generado, es posible retirar los melanocitos y el material de melanocitos extirpado y descargado de la cámara anterior 9 del ojo, lo que en particular conduce a las ventajas descritas con más detalle anteriormente en la presente.

Tal como se indica en la figura 3, el aparato 18 puede comprender una o más unidades controladoras 23 que está(n) programada(s) y configurada(s) de manera específica para controlar

el componente del aparato 18, según cualquier método adecuado de acuerdo con la invención tal como se describe en la presente.

A modo de ejemplo, la unidad controladora 23 se puede programar y configurar de modo que un flujo generado de manera mecánica, tal como el que se describe anteriormente en la presente, se pueda mantener, tal como, por ejemplo, según un perfil de flujo predefinido definido para al menos uno del tiempo antes de, durante y/o después de aplicar la o las cantidades de energía, p. ej., los pulsos láser 14, sobre la capa anterior 8 del estroma del iris 4.

Asimismo, la o las unidades controladoras 23 se pueden conectar al dispositivo láser 19, con el fin de generar y aplicar los pulsos de láser 14 predefinidos sobre la capa anterior 8 del estroma del iris 4, tal como se describe en la presente.

La o las unidades controladoras 23 se pueden configurar de modo que, por ejemplo, mediante el control adecuado de un dispositivo de establecimiento del objetivo/de enfoque, uno o más de los pulsos de láser 14 generados se dirijan/apliquen sobre una ubicación/área predefinida de la capa anterior 8 del estroma.

Tal como se representa en la figura 3, el aparato 18 puede comprender un microscopio y/o un módulo de exploración 24, que se puede acoplar a, y configurar para que sea controlado por, la o las unidades controladoras 23, donde la o las unidades controladoras 23 se pueden programar y configurar de modo que controlen de manera adecuada el funcionamiento de los módulos correspondientes 24.

El microscopio y/o el módulo de exploración 24, que en realizaciones pueden estar divididos en un módulo de microscopio independiente y un módulo de exploración independiente, puede comprender un microscopio estereoscópico, que se dispone y se puede situar de modo que un operario que manipula el aparato 18 pueda observar al menos la capa anterior 8 del estroma del estroma 6.

De manera adicional o como alternativa, el microscopio puede estar adaptado de modo que sea posible/se facilite la formación de la imagen electrónica/digital del ojo 1, de sus componentes internos, en particular, al menos de la capa anterior 8 del estroma.

El microscopio y/o el módulo de exploración 24, por ejemplo, una unidad de exploración, se pueden preparar y configurar para capturar una imagen, es decir, una imagen digital, o al menos el iris 4 o una parte de este, por ejemplo, una sección sobre la que se prevee incidir con uno o más pulsos de láser 14 con el fin de cambiar el color perceptual de esa sección. La imagen capturada se puede procesar y utilizar para dividir al menos una parte del área superficial de la capa anterior 8 del estroma en diversas secciones superficiales.

La unidad de exploración se puede programar, por ejemplo, de modo que defina unas áreas superficiales de tamaño y/o forma y/o densidad de pigmentos esencialmente idénticos. Habiendo definido unas áreas superficiales adecuadas/correspondientes, la o las unidades controladoras 23 se pueden manipular para aplicar un número respectivo de pulsos de láser 14 predefinidos sobre una o más de las secciones superficiales, con el fin de retirar de ese modo la densidad de pigmentos de melanina según un método, tal como se describe en la presente en relación con la invención.

La o las unidades controladoras 23 se pueden programar de modo que las secciones superficiales predefinidas se procesen (en particular: se incida) con pulsos de láser 14, según una sucesión predefinida de secciones superficiales.

La sucesión predefinida de secciones superficiales (en particular: áreas superficiales) se puede determinar, por ejemplo, mediante un módulo de división (no se muestra de manera explícita). El módulo de división se puede programar, por ejemplo, de modo que determine las secciones superficiales predeterminadas, p. ej., su tamaño y/o la sucesión particular de secciones superficiales dentro de la secuencia de procesamiento, sobre la base de la imagen capturada y/o sobre la base de una densidad de pigmentos determinada extraída, por ejemplo, de la imagen capturada.

Asimismo, en realizaciones, el contenido de energía/potencia de las cantidades de energía a aplicar sobre una sección superficial respectiva se puede determinar sobre la base de la imagen capturada

y/o la densidad de pigmentos. Asimismo, se pueden utilizar la ubicación específica del área superficial del iris 4, y/o el tamaño general del iris 4, y/o el tamaño específico de las secciones superficiales, como parámetros para definir y configurar las características de los pulsos 14 a aplicar sobre las secciones superficiales respectivas.

En realizaciones donde se determinan las secciones superficiales particulares, es posible determinar o calcular al menos un parámetro del flujo generado de manera mecánica sobre la base de, o según, la ubicación específica de una sección superficial procesada respectiva. A modo de ejemplo, las ubicaciones cerca de límite interno del iris 4 que definen la circunferencia exterior de la pupila 5 pueden requerir un perfil de flujo/caudal diferente que las regiones superficiales que se encuentran en la periferia exterior del iris 4.

Asimismo, en caso de que se determinen las secciones superficiales particulares, los parámetros asociados con el flujo 17 y/o asociados con la generación y aplicación de la o las cantidades de energía se puede determinar/calcular en función de la sucesión particular de las secciones superficiales, y/o en función de la densidad de pigmentos dentro de las secciones superficiales, y/o en función del tamaño de una sección superficial respectiva.

Con una o más de las opciones anteriores, es posible en particular adaptar la ablación de los pigmentos de melanina a la configuración particular del iris 4 subyacente, lo que reduce así el riesgo de posibles irritaciones del tejido de la capa anterior 8 del estroma. Asimismo, las opciones anteriores, que hacen posible contemplar las especificidades de una estructura/forma del iris y/o una densidad de pigmentos correspondientes, son particularmente adecuadas para automatizar el procedimiento de cambio de la apariencia perceptual del color del ojo.

En realizaciones, el microscopio y/o el módulo de exploración 24 pueden comprender una unidad de monitorización, o se pueden fabricar de modo que implementen un módulo de monitorización

correspondiente, que pueda monitorizar la posición real, y/o la forma, y/o el movimiento del ojo 1, o uno o más de los componentes del ojo 1, tal como el iris 4, la pupila 5 u otros, con relación a un punto de referencia espacial.

De manera favorable, se puede utilizar dicha función de monitorización para optimizar el paso de aplicar los pulsos de láser 14 generados, en general, las cantidades de energía generadas, sobre la capa anterior 8 del estroma. De manera específica, el aparato 18 se puede configurar, p. ej., programar, de modo que monitorice la ubicación del ojo 1 respectivo, y aplique las cantidades de energía, es decir, los pulsos de láser 14, dependiendo del resultado de la monitorización.

Por ejemplo, la aplicación de un pulso láser 14 se puede inhibir (en particular: bloquear) en caso de que el resultado de la monitorización indique que ha cambiado la posición de la posición objetivo para el pulso de láser 14, por ejemplo, mas de un valor límite dado.

Los movimientos/desplazamientos correspondientes de la posición objetivo también pueden estar inducidos por un cambio en la forma del iris 4, por ejemplo, en caso de que el iris 4 se dilate de manera inesperada.

La inhibición de la aplicación de los pulsos de láser 14 en caso de detectar un movimiento inadecuado del iris 4, es decir, de la posición objetivo, puede ayudar a evitar posibles daños en la capa anterior 8 del estroma o en otras partes del ojo 1, tal como, por ejemplo, el cuerpo vítreo del ojo o incluso la retina 3.

En realizaciones, se puede programar el aparato 18, por ejemplo, un módulo/una unidad de enfoque o similar, de modo que la ubicación objetivo T de la cantidad de energía, p. ej., el pulso de láser 14, se vuelva a ubicar/desplace según, en particular, de manera sincronizada con, uno o más de un cambio de posición, un cambio de ubicación, un cambio de forma y un movimiento del iris 4, o del componente observado del ojo 1, respectivamente.

Con dicha configuración, por ejemplo, se pueden compensar desplazamientos menores de la ubicación objetivo T, que se encuentren, por ejemplo, por debajo o dentro de un límite predeterminado. Un límite correspondiente puede depender de la ubicación exacta de la ubicación objetivo T, donde cerca del borde interno del iris 4 que define la pupila 5, el límite puede ser menor que más alejado de la pupila 5.

En realizaciones, el aparato 18 se puede programar/configurar además de modo que se exploren (en particular: queden registradas) al menos el iris 4, o secciones de este, y/o la cámara anterior 9 del ojo, por ejemplo, al menos durante un intervalo de tiempo en el que se aplican las cantidades de energía, p. ej., los pulsos de láser 14, sobre la capa anterior 8 del estroma.

La función de exploración se puede implementar con el microscopio y el módulo de exploración 24, donde se debe mencionar que puede estar presente una unidad de exploración independiente o similar, e implementada, configurada y/o programada correspondientemente.

La exploración de las secciones respectivas al menos durante la aplicación de las cantidades de energía puede estar acompañada por otros modos de funcionamiento en función de, y/o respaldados en, el resultado de la exploración. El resultado de la exploración puede comprender, por ejemplo, una imagen de la sección explorada, donde, por ejemplo, la ubicación objetivo respectiva T en la que inciden las cantidades de energía sobre la capa anterior 8 del estroma puede estar comprendida en la imagen y/o indicada dentro de la imagen.

La implementación de la exploración puede estar acompañada de una funcionalidad/un modo de funcionamiento en el que el resultado de la exploración, p. ej., una imagen explorada o registrada, se almacene en un almacén de datos después de cada número predeterminado de cantidades de energía aplicadas, p. ej., los pulsos de láser 14. El número predeterminado puede oscilar de uno a cualquier número adecuado, lo que permite, por ejemplo, el establecimiento de un

historial de procesamiento representativo del cambio de color obtenido.

La implementación de la exploración puede estar acompañada por una funcionalidad/un modo de funcionamiento en el que la ubicación real T de incidencia, que indica una ubicación sobre la capa anterior 8 del estroma donde inciden en realidad la o las cantidades de energía (14) sobre la capa anterior 8 del estroma, se puede determinar sobre la base del resultado de la exploración.

Como alternativa o de manera adicional, se puede marcar (en particular: identificar mediante una marca particular) la ubicación objetivo T, por ejemplo, en una imagen capturada o en el resultado de la formación de la imagen del iris 4.

Realizaciones adicionales puede suponer un modo operativo en el que se monitoricen las ubicaciones reales de incidencia y/o las ubicaciones objetivo T. Los resultados correspondientes de la exploración/marcado se pueden proporcionar para su visualización por parte de un usuario operativo en una pantalla (no se muestra) del aparato 18.

En realizaciones, la implementación de una función de exploración correspondiente puede suponer tener una funcionalidad en la que, en función del resultado de la exploración, se controla el flujo de la solución de lavado dentro o a través de la cámara anterior 9 del ojo (en particular: la cavidad del ojo 9). En la presente, se puede obtener una adaptación automatizada de los parámetros operativos a la situación individual predominante respectiva.

Asimismo, se puede determinar la densidad de pigmentos, en particular una densidad local de pigmentos, en particular, un perfil de pigmentos, o al menos un parámetro representativo de la densidad/perfil de densidad de los pigmentos de la capa anterior 8 del estroma en función del resultado de la exploración. Por ejemplo, se puede procesar una imagen explorada de la capa anterior 8 del estroma para determinar/identificar una descripción de la distribución de pigmentos sobre al menos el área superficial tratada respectiva.

En función de la densidad de pigmentos determinada, o del parámetro respectivo, respectivamente, tal como ya se ha mencionado, se puede controlar la generación y/o aplicación de una o más de las cantidades de energía.

En realizaciones, el aparato 18 se puede implementar, configurar y/o programar de modo que se pueda hacer funcionar de modo que genere, en función del resultado de la exploración, uno o más de uno de los objetos visualizados, y los objetos visualizados se pueden disponer para exponerlos en una pantalla de visualización del aparato 18, de modo que un operario ejecute el método para cambiar la apariencia perceptual del color del ojo 1.

En caso de que se tenga una pantalla de visualización (no se muestra) correspondiente, las realizaciones pueden suponer que los parámetros operativos relacionados con la ejecución del método, en particular, que comprenden uno o más de: uno o más parámetros relacionados con las cantidades de energía, una o más ubicaciones objetivo T y/o las ubicaciones reales de incidencia, una primera indicación representativa de un cambio, en particular, un cambio local, de la densidad de pigmentos, y una segunda indicación representativa de las áreas superficiales procesadas y/o sin procesar de la superficie anterior de la capa de estroma 8, se muestren en la pantalla de visualización, p. ej., de tal manera que se pueda obtener la dirección del usuario en lo que respecta a la ejecución/comportamiento/implementación general del método. En particular, la dirección del usuario puede mejorar la interacción humano máquina, lo que mejora por consiguiente la seguridad operativa del aparato 18.

En realizaciones, en particular, tal como se indica en la figura 3, el aparato 18 puede comprender, en particular, como un elemento opcional, un módulo de lámpara de hendidura 25, implementado como una lámpara de hendidura convencional y configurado de modo que funcione con el resto de los componentes del aparato 18, de modo que un usuario operativo y/o una unidad de exploración/un microscopio correspondiente 24 pueda observar/monitorear al menos la capa

anterior 8 del estroma, por medio de una lámina de luz generada por la lámpara de hendidura y lanzada sobre la sección observada del ojo 1. Con este diseño, los pulsos de láser 14 se pueden aplicar sustancial o principalmente en una dirección horizontal, lo que significa que el eje óptico A del ojo 1 considerado puede estar orientado de manera horizontal, lo que significa que una persona correspondiente se puede sentar erguida durante el cambio de color del ojo.

La lámina de luz se puede generar, por ejemplo, mediante los elementos ópticos correspondientes que permiten la generación y proyección de la lámina de luz.

La figura 4 muestra una representación adicional del ojo humano 1 junto con detalles adicionales para aplicar los pulsos de láser 14 en relación con el método y las realizaciones subyacentes de la invención. De manera específica, aplicar los pulsos de láser 14 puede suponer un sistema óptico 26 que se implementa y adapta para generar un haz láser pulsado que tiene un ángulo de enfoque α .

El ángulo de enfoque α se puede encontrar en el intervalo entre 10 grados y 18 grados, de manera opcional entre 13 grados y 16 grados, y de manera opcional además puede ser de aproximadamente 14 grados.

El sistema óptico puede ser parte de un dispositivo de enfoque, donde el sistema óptico puede incluir una o más de una lente o sistemas de lentes para generar el haz láser enfocado.

La utilización de dicho haz láser enfocado tiene la ventaja de que la densidad de energía en la córnea 10 se puede mantener comparativamente pequeña, de modo que se evite el deterioro de la córnea 10 debido a los pulsos de láser que la atraviesan en su camino a la capa anterior 8 del estroma para extirpar las células de los melanocitos 15.

Al utilizar los ángulos de enfoque propuestos, se ha descubierto que la distancia entre la córnea 10 y la capa anterior 8 del estroma, que es de aproximadamente 1.2 mm, es suficiente para tener una densidad de energía a nivel de la córnea 10 que no afecte

de manera negativa a la córnea 10, y tener una densidad de energía en la capa anterior 8 del estroma que sea suficiente para extirpar las células de los melanocitos 15 o los pigmentos de los melanocitos.

La figura 5 muestra una vista esquemática del ojo 1 y de detalles adicionales de un aparato para llevar a cabo la invención subyacente. En la realización mostrada en la figura 5, el dispositivo láser 19 está situado y se puede situar y ubicar alejado del ojo 1, donde los pulsos de láser 14 generados por el dispositivo láser 19 están guiados por un sistema de fibra óptica flexible 27 desde la fuente láser 20 hacia el sistema óptico 26 utilizado para enfocar los pulsos de láser 14 bajo el ángulo de enfoque α , que se puede encontrar entre 10 grados y 18 grados, sobre la capa anterior 8 del estroma del ojo 1.

El sistema de fibra óptica puede comprender una fibra óptica (no se muestra de manera explícita) con un diámetro del núcleo de la fibra óptica que se encuentra en el intervalo entre 270 μm y 290 μm , en particular, de 280 μm .

Proporcionar dicho sistema de fibra óptica y un dispositivo láser 19 remoto tiene la ventaja de que se puede seleccionar la orientación del eje óptico del ojo 1 durante el procedimiento de cambio de color del ojo dentro de un intervalo comparativamente amplio. En particular, el eje óptico A del ojo 1 puede estar orientado de manera vertical durante el procedimiento de cambio de color del ojo, lo que significa que un ser humano correspondiente se puede situar de manera horizontal sobre una mesa, lo que puede ser favorable para restringir los movimientos del ser humano, que incluyen los movimientos de ojo y/o cabeza durante el procedimiento.

El sistema óptico 26 se puede proporcionar conectado con un microscopio 28, lo que facilita al usuario y/o al dispositivo la aplicación del método para investigar el ojo y/o la capa anterior del estroma durante todo el procedimiento.

La figura 6 muestra una vista ampliada de la figura 3 junto con un elemento de protección 29 del ojo que se puede proporcionar,

en realizaciones de la invención, junto con el aparato propuesto y junto con la ejecución del método.

En particular, el elemento de protección 29 del ojo se puede implementar y configurar de modo que pueda absorber, cuando se coloque de manera adecuada sobre la capa o lado exterior de la córnea 10, las cantidades de energía, en particular los cuantos de energía tales como los pulsos de láser, que se han generado y dirigido al ojo 1 con el fin de extirpar las células de los melanocitos 15 o los pigmentos de los melanocitos. Dicho elemento de protección 29 del ojo puede ser favorable en caso de que un movimiento repentino del ojo desplace la ubicación objetivo real de las cantidades de energía respectivas fuera del estroma 6, lo que significa que dichas cantidades de energía alcanzarían y afectarían posiblemente, sin el elemento de protección 29, la retina 3, por ejemplo.

El elemento de protección 29 del ojo, tal como se muestra en la figura 6, comprende una estructura compuesta que comprende una capa de absorción 30, para absorber las cantidades de energía 14 con las que se pretender extirpar las células de los melanocitos 15 y que inciden sobre estas. El elemento de protección 29 del ojo comprende además una capa de adhesión 31 preparada y configurada para que se acople con la capa exterior 32 de la córnea mediante fuerzas adhesivas.

La capa de absorción 30 puede comprender una o más de una capa metálica, tal como capas de acero inoxidable. La capa de adhesión 31 puede comprender una capa de material adhesivo de poros abiertos, tal como una capa espumada que comprende y/o se fabrica con, por ejemplo, material de alcohol de polivinilo. La capa espumada puede ser favorable para obtener un posicionamiento estable del elemento de protección 29 del ojo sobre la capa exterior 32 de la córnea, que en general incluye una película líquida.

El elemento de protección 29 del ojo puede tener una forma circular y/o convexa, y/o puede tener un diámetro que se encuentre en el intervalo entre 0.5 mm y 3 mm, o en el intervalo entre 1 mm y 2 mm, o de manera sustancial de aproximadamente 1.5 mm.

El aparato 18 y el método se han descrito en relación con las figuras como que comprenden un dispositivo láser 19 para generar y aplicar las cantidades de energía. En realizaciones, el aparato 18 puede comprender, como alternativa o de manera adicional, al dispositivo láser, un generador de ondas de presión, en particular, un módulo generador de ondas de presión (no se muestra de manera explícita) correspondiente.

El generador de ondas de presión se puede hacer funcionar, configurar y programar de modo que genere y emita cantidades de energía en forma de ondas de presión mecánicas, en particular ondas de choque o expansión, hacia y sobre la capa anterior del estroma, para cambiar la densidad de pigmentos de una manera similar a la descrita en relación con los pulsos de láser 14. Dicho generador de ondas de presión se puede hacer funcionar, configurar y programar de modo que genere las ondas de presión mediante cavitación inducida dentro de un líquido, que está en contacto líquido con el líquido del ojo contenido en la cámara anterior 9 del ojo.

La cavitación inducida se puede generar, por ejemplo, haciendo incidir ondas electromagnéticas sobre un objetivo en estado sólido, en particular, una luz láser, preferentemente una luz láser pulsada, u otras formas de energía tal como, aunque sin carácter limitante, la energía ultrasónica. Según la invención, las ondas de presión mecánicas se pueden generar y aplicar sobre la capa anterior 8 del estroma de tal forma que se extirpan las células de los melanocitos de la capa anterior 8 del estroma en el área correspondiente de impacto y, como reacción directa, se descargan, al menos en parte, en el líquido contenido en la cámara anterior 9 del ojo, de modo que los melanocitos, el material celular correspondiente y los pigmentos contenidos en estos se puedan retirar mediante el flujo 17 mantenido por el módulo de bombeo de fluido 21.

El procedimiento de retirada del material de los melanocitos se corresponde esencialmente con la retirada tal como se ha descrito en relación con la ablación basada en un láser. La única diferencia es la forma de aplicar la energía sobre la capa anterior 8 del

estroma. Esencialmente, se pueden obtener las mismas ventajas y efectos en lo que respecta al cambio de la apariencia perceptual del color del ojo 1. Por tanto, se hace referencia al análisis anterior.

Cabe destacar que la ablación basada en electromagnetismo, en particular, basada en un láser y/o basada en ondas de presión se pueden utilizar de manera alternativa o conjunta, donde la utilización combinada puede permitir un ajuste más preciso a las necesidades individuales respectivas en lo que respecta a la densidad de pigmentos en un área de interés respectiva de un iris 4 de interés.

Ahora se hace referencia a la figura 4 que muestra un diagrama de flujo ejemplar para llevar a cabo un método de acuerdo con la invención. El método para cambiar la apariencia perceptual del color del iris 4 puede comprender los siguientes pasos:

- situar, 401, un ojo 1 con relación a un módulo generador 19 preparado, configurado y programado para generar una pluralidad de cantidades de energía 14 predefinidas, en particular, de pulsos de láser 14 y/u ondas de presión;

- hacer funcionar, 402, el modulo generador 19 para generar la pluralidad de cantidades de energía 14 predefinidas, las cantidades de energía 14 se definen de modo que la interacción con las células de los melanocitos 15 de la capa anterior 8 del estroma conduzca a la ablación 16 de las células de los melanocitos;

- dirigir y aplicar, 403, las cantidades de energía 14 generadas sobre la capa anterior 8 del estroma del ojo 1, donde la capa anterior 8 del estroma comprende una densidad distinta de cero de pigmentos de melanina 15 y, mediante la aplicación de las cantidades de energía 14, descargar el material de las células de los melanocitos, al menos en parte, en el líquido contenido dentro de la cámara anterior 9 del ojo;

y

- retirar, 404, el material de las células de los melanocitos 16 al mantenerse un flujo de líquido de lavado 17 a través/dentro de la cámara anterior 9 del ojo.

En particular, la secuencia propuesta de pasos es eficiente a la hora de retirar el pigmento de melanina de la capa anterior 8 del estroma, lo que desplaza así la apariencia perceptual del color del iris 4/ojo 1 hacia el azul. Los pasos del método propuestos se pueden llevar a cabo, al menos en parte, de una manera automatizada, lo que permite que personal médico especializado los ejecute.

Se ha mostrado que el método y el aparato propuestos pueden ser muy adecuados a la hora de obtener el objeto subyacente de la invención. En particular, el método propuesto como tal representa un método no quirúrgico de cambio de color del ojo, donde el método propuesto, en particular cada paso individual del método, y el aparato, en particular cada unidad o módulo individual del aparato propuesto, son particularmente adecuados para su utilización en tratamientos no quirúrgicos del iris con el fin de cambiar la apariencia perceptual del color del iris.

Por último, cabe destacar, que el método propuesto se puede proporcionar como instrucciones ejecutables por computadora almacenadas en un soporte de almacenamiento legible por computadora, donde las instrucciones ejecutables por computadora se definen de modo que un aparato correspondiente que ejecute las instrucciones lleve a cabo el método propuesto para cambiar el color del ojo.

En resumen, la invención subyacente se refiere a un método para cambiar la apariencia perceptual del color por parte de los seres humanos del iris del ojo de un ser humano o un animal, mediante la disminución de la densidad de pigmentos de la capa anterior del estroma del iris, comprendiendo el método los pasos de generar una pluralidad de cantidades de energía predefinidas; aplicar una o más de las cantidades de energía predefinidas sobre la capa anterior del estroma, donde cada una de las cantidades de energía predefinidas se genera y aplica de modo que extirpe, al menos en parte, los melanocitos del estroma, donde las cantidades de energía predefinidas, al menos en parte, se generan y aplican de tal forma que el tejido extirpado generado como una causa inmediata de las cantidades de energía se descargue, al menos en parte, directamente

en la cámara anterior del ojo, de modo que el tejido descargado se pueda retirar al mantenerse un flujo generado mecánicamente de solución de lavado a través o dentro de la cámara anterior del ojo.

Símbolos de referencia

- 1 ojo
- 2 cristalino
- 3 retina
- 4 iris
- 5 pupila
- 6 estroma
- 7 células epiteliales pigmentadas
- 8 capa anterior del estroma
- 9 cámara anterior del ojo
- 10 córnea
- 11 cuerpo ciliar
- 12 cámara posterior del ojo
- 13 canal de Schlemm
- 14 pulso de láser
- 15 célula de melanocito
- 16 material/células descargado/descargadas de los melanocitos
- 17 flujo de solución de lavado
- 18 aparato
- 19 dispositivo láser
- 20 fuente láser
- 21 módulo de bombeo de fluido
- 22 elementos irrigadores
- 23 unidad controladora
- 24 microscopio y módulo de exploración
- 25 módulo de lámpara de hendidura
- 26 sistema óptico
- 27 sistema de fibra óptica
- 28 microscopio
- 29 elemento de protección del ojo
- 30 capa de absorción
- 31 capa de adhesión
- 32 capa exterior de la córnea
- 401-404 pasos operativos

α ángulo de enfoque
A eje óptico
T ubicación objetivo

Se hace constar que con relación a esta fecha, el mejor método conocido por la solicitante para llevar a la práctica la citada invención, es el que resulta claro de la presente descripción de la invención.