

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 715 450**

51 Int. Cl.:

**A61F 9/008** (2006.01)

**A61F 9/009** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.08.2015 PCT/EP2015/068271**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.02.2017 WO17025115**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.08.2015 E 15749781 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2018 EP 3145459**

54 Título: **Marcas corneales en cirugía de corrección de la visión**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**04.06.2019**

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

72 Inventor/es:  
**LEMONIS, SISSIMOS y  
KLENKE, JOERG**

74 Agente/Representante:  
**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 715 450 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Marcas corneales en cirugía de corrección de la visión

Campo de la técnica

La presente exposición se refiere a sistemas y métodos para realizar cirugía de corrección de la visión.

5 Antecedentes

Hay actualmente disponibles varias cirugías de corrección de la visión para mejorar la visión de los pacientes. Estas cirugías incluyen cirugías de ablación corneal asistida por láser, que cambian las propiedades de refracción de la córnea para corregir defectos del cristalino dentro del ojo. Una de tales cirugías comunes es conocida como LASIK (queratomileusis asistida por láser in situ) y es utilizada para corregir la miopía, el astigmatismo, o errores de refracción más complejos. Estas cirugías incluyen también procedimientos de retirada lenticular, que utilizan un método diferente para cambiar las propiedades de refracción de la córnea para corregir defectos del cristalino dentro del ojo. Una de tales cirugías comunes es conocida como SMILE (extracción lenticular con pequeña incisión) y pueden ser utilizadas para corregir muchos de los errores de refracción que pueden también corregirse mediante LASIK, tales como miopía. Otras cirugías pueden corregir defectos corneales u otros problemas. Estas cirugías pueden ser utilizadas solas, pero algunas son también compatibles con otras cirugías de corrección de la visión, tales como la cirugía de cataratas. Por ejemplo, la LASIK para corregir el astigmatismo es a menudo combinada con la cirugía de cataratas.

En la totalidad de dichas cirugías es importante realizar el procedimiento correcto en la ubicación correcta sobre la córnea para proporcionar una mejora óptima visual. Sin embargo, durante muchas de dichas cirugías la córnea es deformada desde su forma normal, haciendo difícil realizar procedimientos en ubicaciones óptimas.

Además, para muchas de dichas cirugías, hay más de una ubicación adecuada para el procedimiento quirúrgico, pero diferentes ubicaciones proporcionan diferentes beneficios para el paciente. Actualmente, muchos procedimientos son realizados solamente en una ubicación adecuada, dejando al paciente sin elección entre los distintos beneficios diferentes.

El documento US 2010/0324542 A1 describe un método para guiar un procedimiento de cataratas por formación de imágenes de la córnea. En una etapa preparatoria, se determina una característica óptica del ojo, y se crea una marca preparatoria en el exterior de la córnea donde el eje visual intercepta a la córnea. En una etapa subsiguiente, se aplican impulsos láser al cristalino y a la córnea para crear perforaciones de marca con láser en forma de marcas corneales y marcas capsulares que están alineadas con respecto al eje visual así como entre sí y son formadas como una línea de burbujas, en donde los impulsos láser son dirigidos utilizando la marca preparatoria. En otra etapa, el cirujano puede utilizar la perforación corneal como una guía para la incisión de entrada al ojo.

El documento WO 2014/0172621 A2 describe un sistema para cirugía del ojo con láser en el que se utiliza un láser para formar incisiones precisas en la córnea, en la cápsula del cristalino y/o en el núcleo de la lente denominada cristalino. El sistema láser tiene un subsistema para mapear, en una etapa de medición, superficies oculares que están siendo tratadas, tales como con tomografía. Cuando el ojo es sujetado para tratamiento, el ojo cambia su posición y/o rotación con relación a las coordenadas del sistema láser, cuyo cambio es el resultado del movimiento de la cabeza del paciente, del movimiento del ojo o está relacionado con la fuerza aplicada durante la sujeción del ojo con la interfaz del paciente. Las mediciones corneales, como el ángulo del eje astigmático, son transformadas al nuevo sistema de coordenadas. Un método permite al operador marcar el ojo del paciente, antes de la medición, con puntos de tinta que son posicionados de manera típica diametralmente a través sobre la periferia de la córnea, cuyos puntos pueden ser adquiridos por la cámara de toma de imágenes después de sujeción para tratamiento, y utilizados para calcular la transformación de coordenadas.

El documento WO 2011/094666 A1 describe un sistema de tratamiento con láser que tiene medios para dirigir luz hacia una córnea de un ojo de un paciente, y medios para medir un eje de astigmatismo de dicha córnea basado en la luz reflejada desde dicha córnea. En un método para marcar un ojo en cuanto a donde existe un eje de astigmatismo de la córnea, se ha previsto que un eje de astigmatismo de la córnea sea determinado, y que el ojo es marcado con un haz láser de modo que se forme una etiqueta sobre dicho ojo que identifica dicho eje de astigmatismo.

Resumen

La presente exposición se refiere a sistemas para marcar la córnea con una marca para permitir la detección posterior de una ubicación seleccionada sobre la córnea y a sistemas de métodos para realizar la cirugía de corrección de la visión basada en la marca. En particular, la presente invención se refiere a un sistema para cirugía de corrección de la visión de acuerdo con la reivindicación 1; otras realizaciones están descritas con propósitos ilustrativos solamente.

En una realización, la exposición proporciona un dispositivo para realizar una cirugía de corrección de la visión identificando una ubicación seleccionada sobre una córnea de un ojo, marcando la periferia de la córnea con una marca que corresponderá a la ubicación seleccionada, deformando la córnea, identificando de nuevo la ubicación seleccionada

sobre la córnea deformada basándose en la marca, y realizando un procedimiento de cirugía de corrección de la visión en la ubicación seleccionada mientras la córnea está deformada.

5 En realizaciones más específicas, la ubicación seleccionada es un centro de la pupila del ojo, tal como el centro de la pupila de una pupila dilatada o de una pupila sin dilatar. La ubicación seleccionada puede estar en un centro de la pupila del ojo en una dilatación diferente que durante el procedimiento quirúrgico.

En otra realización más específica, la ubicación seleccionada es el vértice corneal.

En realizaciones más específicas, la marca incluye un círculo o una pluralidad de sub-marcas que incluyen al menos tres sub-marcas.

En otra realización más específica, la marca está hecha a entre 8 mm y 11 mm desde el vértice corneal aproximado.

10 En otras realizaciones más específicas, la marca puede ser hecha utilizando un láser de femtosegundo o un marcador anular.

En otra realización más específica, la marca incluye un colorante biocompatible.

En una realización más específica, deformar la córnea incluye aplanar la córnea.

15 En otra realización más específica, identificar de nuevo la ubicación seleccionada sobre la córnea deformada basándose en la marca incluye ubicar la marca, luego determinar la ubicación seleccionada con respecto a la marca.

En otra realización más específica, el procedimiento quirúrgico de corrección de la visión incluye la ablación mediante láser de una porción de la córnea en la ubicación seleccionada, tal como en un procedimiento LASIK.

En aún otra realización más específica, el procedimiento quirúrgico de corrección de la visión incluye extraer un lentículo de córnea en la ubicación seleccionada, tal como en un procedimiento SMILE.

20 Las realizaciones anteriores más específicas pueden ser combinadas entre sí o con otras características descritas en este documento a menos que sean de manera clara mutuamente exclusivas. Los métodos anteriores pueden ser utilizados con el sistema siguiente.

25 La exposición también proporciona un sistema para cirugía de corrección de la visión que incluye un detector oftálmico que puede ser utilizado para identificar una ubicación seleccionada sobre una córnea de un ojo, un marcador que puede ser utilizado para marcar la periferia de la córnea con una marca que corresponde a la ubicación seleccionada, un dispositivo de succión o aplanamiento de la córnea que puede ser utilizado para deformar la córnea, un dispositivo de procedimiento quirúrgico que puede ser utilizado para realizar un procedimiento quirúrgico de corrección de la visión en la ubicación seleccionada mientras la córnea está deformada, y un ordenador programado con al menos un algoritmo para identificar la ubicación seleccionada y un algoritmo para identificar de nuevo la ubicación seleccionada basándose en la marca, utilizando información proporcionada por el detector oftálmico.

30 De acuerdo con una realización más específica, el marcador y el dispositivo del procedimiento quirúrgico es el mismo dispositivo, por ejemplo ambos pueden incluir un láser de femtosegundo.

De acuerdo con otra realización más específica, el detector oftálmico puede incluir un sensor capaz de convertir la luz reflejada desde el ojo a una imagen digital.

35 Las realizaciones anteriores más específicas pueden ser combinadas entre sí o con otras características descritas en este documento a menos que sean de manera clara mutuamente exclusivas. El sistema anterior puede también ser utilizado con el método anterior.

Breve descripción de los dibujos

40 Para una comprensión más completa de la presente invención y de sus características y ventajas, se ha hecho referencia a continuación a la siguiente descripción, tomada en combinación con los dibujos adjuntos, en los que:

La fig. 1A es un diagrama esquemático del centro de la pupila de un ojo sin dilatar en gran magnitud;

La fig. 1B es un diagrama esquemático del centro de la pupila de un ojo muy dilatado;

La fig. 1C es un diagrama esquemático de marcas para indicar los centros de la pupila de los ojos de la fig. 1A y de la fig. 1B, de acuerdo con realizaciones de la presente exposición;

45 La fig. 1D es un diagrama esquemático del vértice corneal de un ojo y marcas para indicar el vértice corneal y el centro de la pupila del ojo de la fig. 1A, de acuerdo con realizaciones de la presente exposición; y

La fig. 2 es un diagrama esquemático de un sistema para realizar cirugía de corrección de la visión, de acuerdo con una realización de la presente exposición.

Descripción detallada

5 La presente exposición se refiere a sistemas y métodos para marcar la córnea de un ojo con una marca. La marca permite la detección posterior de una ubicación seleccionada sobre la córnea, tal como el centro de la pupila a una dilatación dada o el vértice corneal, incluso cuando la córnea ha sido entonces deformada. La exposición se refiere además a sistemas y métodos para realizar cirugía de corrección de la visión utilizando la marca. La córnea es deformada durante tal cirugía, pero la marca permite que la cirugía sea realizada en la ubicación seleccionada a pesar de la deformación, lo que mejora típicamente la corrección de la visión una vez que la córnea vuelve a su estado sin deformar. La marca permite además la ubicación seleccionada para que sea el centro de la pupila a una dilatación dada, o el vértice corneal. Realizar un procedimiento quirúrgico en el vértice corneal en oposición al centro de la pupila o en el centro de la pupila en una dilatación en oposición a otro puede proporcionar una corrección de la visión diferente.

15 En la siguiente descripción, se han expuesto detalles a modo de ejemplo para facilitar la explicación del tema expuesto. Debería resultar evidente para un experto en la técnica, sin embargo, que las realizaciones descritas son ejemplares y no exhaustivas de todas las realizaciones posibles.

20 Las cirugías de corrección de la visión son a menudo realizadas en el centro de la pupila a cualquier dilatación que ocurra durante la cirugía. Si la pupila fuera completamente simétrica en todo instante, el centro de la pupila permanecería siendo el mismo independientemente de la dilatación. Sin embargo, pocas pupilas son completamente simétricas y, además, la asimetría varía con la dilatación. Como resultado, el centro de la pupila también varía con la dilatación. Esto puede comprenderse a través de la referencia al diagrama del ojo 10 con la córnea 20 y la pupila 30 mostradas en la fig. 1A y en la fig. 1B. La pupila 30a en la fig. 1A está muy sin dilatar y tiene un centro 40a de pupila. La pupila 30b de la fig. 1B está muy dilatada y tiene un centro 40b de pupila que no es la misma ubicación que el centro 40a de la pupila. Como se ha ilustrado en la fig. 1C, la marca 50a sobre la periferia corneal de la córnea 20 para indicar el centro 40a de la pupila sin dilatar está por ello en una ubicación diferente de la marca 50b hecha sobre la periferia corneal de la córnea 20 para indicar el centro 40b de pupila muy dilatada.

30 Algunas cirugías de corrección de visión pretenden realizar el procedimiento lógico en el vértice corneal. El vértice corneal es la intersección de la primera imagen de Purkinje del punto de fijación y el eje óptico de un instrumento de examen óptico, tal como un video-queratógrafo. El vértice corneal es la parte central de la córnea, donde es usualmente más delgada que en la periferia corneal. El vértice corneal está rodeado por la periferia corneal, que es también generalmente circular y se extiende al borde de la córnea. El vértice corneal podría estar en la misma ubicación del centro de la pupila, pero esto tampoco es a menudo el caso. Como se ha ilustrado en la fig. 1D, el vértice corneal 60 puede estar en una ubicación diferente que cualquier centro de la pupila, tal como el centro 40a de la pupila, de tal modo que la marca 50c hecha sobre la región periférica de la córnea 20 para indicar el vértice corneal 60 no está en la misma ubicación de la marca 50a hecha para indicar el centro 40a de la pupila.

35 Otras cirugías de corrección de la visión realizan la cirugía en una ubicación distinta del vértice corneal o del centro de la pupila a una dilatación dada. Por ejemplo, algunas cirugías pueden ser realizadas a lo largo de una línea virtual que conecta el vértice corneal y el centro de la pupila en una dilatación dada.

40 Consecuentemente la exposición incluye un método para marcar una córnea con una marca en preparación para una cirugía de corrección de la visión. En primer lugar, se selecciona una ubicación para el procedimiento de cirugía. La ubicación seleccionada puede ser el vértice corneal o el centro de la pupila a una dilatación dada. La ubicación puede ser seleccionada basándose en una variedad de factores técnicos, tales como el tipo de cirugía de corrección de la visión que ha de ser realizado, el grosor de la córnea, particularmente en el vértice corneal, la ubicación del vértice corneal con respecto al centro de la pupila a una o más dilataciones, y la variación en el centro de la pupila a diferentes dilataciones. La ubicación puede también ser seleccionada basándose en un factor de preferencia del paciente, tal como si es más deseable una visión óptima en luz brillante o en luz tenue.

45 Una vez que se ha seleccionado la ubicación, es realmente identificada sobre el ojo. En primer lugar se prepara el ojo, si fuera necesario, por ejemplo dilatando la pupila a una dilatación deseada. A continuación, se utiliza un dispositivo oftálmico para identificar la ubicación seleccionada. Se puede utilizar cualquier dispositivo oftálmico capaz de realizar esta función, incluyendo tanto dispositivos manuales como asistidos por ordenador y dispositivos actualmente utilizados en procedimientos diagnósticos o quirúrgicos para corrección de visiones, tales como LASIK, SMILE, y cirugía de cataratas. El dispositivo puede incluir un microscopio u otra lente de aumento. Si el dispositivo está asistido por ordenador, puede incluir un sensor de imagen digital, tal como una agresión de fotodiodos, que capturan la luz reflejada desde el ojo para crear una imagen digital. Un dispositivo asistido por ordenador puede también incluir un recurso de procesamiento programado con un algoritmo que ubica el centro de la pupila o el vértice corneal. Por ejemplo, el algoritmo puede identificar dónde está unida la pupila por el iris utilizando algoritmos de detección de color o de detección de círculo. Puede entonces aproximarse el iris con una o más elipsoides o círculos y ubicar los centros de esas elipses o círculos, que son identificados como el centro de la pupila en esa dilatación. Cuando se detecta el vértice corneal, un dispositivo asistido por ordenador puede utilizar luz visible, infrarroja, u otro tipo de luz y un sensor para detectar la luz. El

dispositivo puede estar programado con un algoritmo para convertir niveles o cambios en la luz a cambios en el centroide de la pupila con relación al vértice corneal y para seleccionar o marcar la ubicación seleccionada de acuerdo con la entrada del cirujano u otra entrada para el procedimiento quirúrgico posterior.

5 Utilizando cualquiera de los anteriores procedimientos y dispositivos, la ubicación seleccionada puede ser un punto, o un área de forma y tamaño definidos, tal como un círculo con un diámetro definido.

Después de identificar la ubicación seleccionada, se hace una marca sobre la periferia corneal que puede ser utilizada para identificar de nuevo la ubicación seleccionada. La marca puede ser hecha en cualquier lugar sobre la periferia corneal, pero típicamente estará al menos a 8 mm desde el vértice corneal aproximado para evitar partes internas de la córnea, que son más delgadas y pueden necesitar que pase la luz. La marca puede también ser no mayor de 11 mm desde el vértice corneal aproximado para evitar el daño en las regiones exteriores de la córnea donde se une a la esclera o a la propia esclera.

10 La marca puede ser de cualquier forma o tamaño suficiente para permitir una posterior identificación de nuevo de la ubicación seleccionada incluso si la córnea está deformada. Por ejemplo, la marca puede ser un círculo con la ubicación seleccionada en su centro, o una pluralidad de sub-marcas, tales como líneas o puntos. Típicamente, si la marca es una pluralidad de sub marcas, habrá al menos tres de tales sub marcas para permitir la triangulación de la ubicación seleccionada.

La marca puede ser visible a simple vista o en ampliaciones utilizadas en la cirugía de corrección de la visión, o puede ser detectable solamente con ayuda del ordenador.

20 La marca puede residir en la superficie de la córnea, o puede penetrar en la córnea. En cualquier caso, está diseñada para persistir tanto tiempo como sea necesario hasta la cirugía y durante la misma, pero también puede estar diseñada para desaparecer o curar posteriormente. Por ejemplo, la marca puede incluir un colorante biocompatible o puede simplemente ser una pequeña incisión.

La marca puede ser hecha utilizando cualquier instrumento adecuado, tal como un marcador anular, un láser, o una pequeña aguja, o un bisturí.

25 La marca puede ser hecha a mano por un cirujano, tal como un cirujano que utiliza un marcador anular, o puede ser hecha por un cirujano que utiliza un dispositivo asistido por ordenador o por el propio dispositivo asistido por ordenador. El uso de un dispositivo asistido por ordenador tanto para identificar la ubicación seleccionada como para hacer la marca puede conducir a una colocación de la marca más precisa.

30 Después de que se haya hecho la marca, un cirujano realiza la cirugía de corrección de la visión. Durante la cirugía, la córnea es deformada de tal manera que si el centro de la pupila o vértice corneal fueron ubicados durante la cirugía, no reflejarían exactamente la ubicación en la córnea sin deformar. Por ejemplo, puede aplicarse al menos un dispositivo de succión o aplanamiento corneal a la córnea durante la cirugía, haciendo que se deforme.

35 A pesar de la deformación corneal, el cirujano utiliza la marca para identificar de nuevo la ubicación seleccionada y para realizar el procedimiento quirúrgico en ese lugar. El cirujano puede ubicar la marca utilizando simplemente la vista o un microscopio quirúrgico y puede determinar mentalmente la ubicación seleccionada. Sin embargo, es típicamente más preciso que el cirujano utilice un dispositivo asistido por ordenador para ubicar la marca y determinar la ubicación seleccionada. Por ejemplo, el dispositivo asistido por ordenador puede contener un sensor de imagen digital, tal como una agrupación de fotodiodos, que capturan la luz reflejada desde el ojo para crear una imagen digital. El dispositivo asistido por ordenador puede ser programado con un algoritmo que analiza la imagen digital para ubicar la marca y que además identifica de nuevo la ubicación seleccionada utilizando la marca. El dispositivo asistido por ordenador puede entonces transportar información acerca de la ubicación seleccionada al cirujano, por ejemplo superponiéndola en una presentación visual o utilizando sonido u otros indicadores para informar al cirujano cuando un instrumento está en posición en la ubicación seleccionada. El dispositivo asistido por ordenador puede por sí mismo o mediante comunicación con otro dispositivo asistido por ordenador, posicionar también el equipo quirúrgico para realizar el procedimiento quirúrgico, tal como un láser, fórceps, o bisturí, en la ubicación seleccionada. El dispositivo asistido por ordenador puede incluso realizar el procedimiento quirúrgico en la ubicación seleccionada.

45 Si un microscopio quirúrgico o un dispositivo asistido por ordenador es utilizado tanto para marcar la córnea como para identificar de nuevo la ubicación seleccionada, el mismo dispositivo puede ser utilizado para ambos procedimientos. El mismo dispositivo puede también ser utilizado para marcar automáticamente la córnea, para realizar el procedimiento quirúrgico, o ambos. El uso de un solo dispositivo puede reducir el riesgo de infección o daño físico que podría ocurrir si el paciente se mueve. Puede también hacer todo el procedimiento más corto.

55 En una realización ejemplar, que puede ser combinada con cualquiera de las otras características descritas anteriormente, se han proporcionado un sistema y un método para una cirugía LASIK o SMILE. El sistema LASIK o SMILE como se ha ilustrado en la fig. 2 incluye una plataforma 100 sobre la que el paciente descansa durante la cirugía. Incluye además un láser 110 de femtosegundo, un láser excimer 120 (para un sistema LASIK) un dispositivo 130 de

succión corneal, que puede incluir un dispositivo de aplanamiento tal como un cono de aplanamiento, un microscopio quirúrgico digital 140, un ordenador 150, y un dispositivo de presentación 160.

5 Para llevar a cabo la cirugía LASIK o SMILE, el paciente es colocado en la plataforma 100 con el ojo del paciente bajo el microscopio quirúrgico 140. El microscopio quirúrgico digital 140 contiene una lente de aumento y un sensor que juntos producen una imagen digital ampliada del ojo sobre el dispositivo de presentación 160. El ojo del paciente ha sido previamente dilatado a una dilatación seleccionada o es dilatado entonces a la dilatación seleccionada, cualquiera de las opciones es confirmada visualmente por el cirujano. El cirujano instruye entonces al ordenador 150 para ejecutar un algoritmo para ubicar el centro de la pupila o el vértice corneal, cualquiera de ellos es la ubicación seleccionada. Una superposición visual de la ubicación seleccionada y de la ubicación de marca propuesta es presentada en la imagen del ojo en el dispositivo de presentación 160. El cirujano confirma que la ubicación seleccionada parece ser exacta. A continuación, se activa el láser 110 de femtosegundo para producir una pluralidad de, incluyendo al menos tres, sub-marcas en la ubicación de la marca. Estas sub-marcas son pequeñas incisiones en la periferia corneal aproximadamente a entre 8 mm y 11 mm del centro de la córnea. Las sub-marcas no son detectables visualmente por el cirujano, pero son detectables por el ordenador que utiliza un algoritmo que detecta los cambios en la luz reflejada desde la córnea en estas sub-marcas. A continuación el ordenador 150 ejecuta otro algoritmo sobre la imagen digital del ojo para detectar las sub-marcas, y un algoritmo para identificar de nuevo la ubicación seleccionada basándose en las sub-marcas. El ordenador 150 confirma que la ubicación seleccionada identificada de nuevo corresponde a la ubicación seleccionada. Si no lo es, el cirujano es notificado de que ha ocurrido un error mientras marcaba la marca, y el procedimiento puede ser pospuesto hasta que las sub-marcas hayan curado, o pueden hacerse nuevas sub-marcas en diferentes ubicaciones. Si la ubicación seleccionada identificada de nuevo corresponde a la ubicación seleccionada, se presenta una superposición visual de ambas sobre la imagen del ojo en el dispositivo de presentación 160 de manera que la correspondencia puede ser confirmada visualmente por el cirujano.

25 A continuación, el dispositivo 130 de succión corneal es aplicado al ojo. Este dispositivo mantiene el ojo en su sitio, pero también deforma la córnea. Típicamente causa el aplanamiento de la córnea. El ordenador 150 ejecuta un algoritmo sobre la imagen digital del ojo para detectar las sub-marcas y un algoritmo para identificar de nuevo la ubicación seleccionada basándose en las sub-marcas. Una superposición visual de la ubicación seleccionada identificada de nuevo es presentada sobre la imagen del ojo en el dispositivo de presentación 160 de modo que el cirujano pueda confirmar que parece ser exacta.

30 Si el procedimiento es un procedimiento LASIK, el cirujano dirige entonces el ordenador 150 a utilizar el láser 110 de femtosegundo para formar un colgajo en la córnea que está aproximadamente centrado sobre la ubicación seleccionada. El cirujano levanta entonces este colgajo y dirige el ordenador 150 a usar el láser 120 excimer para realizar el procedimiento quirúrgico y hacer la ablación del tejido corneal en la ubicación seleccionada. Esta ablación puede ser una ablación estándar, una ablación guiada con un sensor de frente de ondas, u otra forma de ablación asistida por ordenador. Después de la ablación, el ordenador 150 puede ejecutar otro algoritmo para detectar si la ablación ha sido realizada de manera apropiada, incluyendo si ha ocurrido en la ubicación seleccionada, lo que puede ser identificado de nuevo, si se necesita, utilizando la marca.

40 Después de cualquier lavado y confirmación de que el procedimiento ha sido realizado de manera correcta, el colgajo puede ser descendido y el dispositivo 130 de succión corneal puede ser retirado. El ordenador 150 puede entonces ejecutar otro algoritmo para identificar de nuevo la región seleccionada sobre el ojo sin deformar utilizando la marca y para confirmar que la ablación ha ocurrido en la región seleccionada.

45 Si el procedimiento es un procedimiento SMILE, el cirujano dirige entonces el ordenador 150 a utilizar el láser 110 de femtosegundo para definir un lenticulo intra-corneal que ha de ser retirado. Después de la definición del lenticulo, el ordenador 150 puede ejecutar otro algoritmo para detectar que el lenticulo ha sido formado apropiadamente, incluyendo la detección de si ha sido formado en la ubicación seleccionada, que puede ser identificado de nuevo, si se necesita, utilizando la marca. Si el lenticulo ha sido formado apropiadamente, el láser 110 de femtosegundo es entonces utilizado para formar una pequeña incisión (típicamente de 2 mm o menos) en el borde del lenticulo y el cirujano retira entonces el lenticulo de la córnea a través de la pequeña incisión. Después de la retirada del lenticulo, el ordenador 150 puede ejecutar otro algoritmo para detectar que el lenticulo ha sido retirado de manera apropiada de la ubicación adecuada, lo que puede incluir identificar de nuevo la ubicación seleccionada utilizando la marca.

50 Después de cualquier otra confirmación de que el procedimiento sido realizado correctamente, el dispositivo 130 de succión corneal puede ser retirado. El ordenador 150 puede entonces ejecutar otro algoritmo para identificar de nuevo la región seleccionada sobre el ojo sin deformar utilizando la marca y confirmar que el lenticulo ha sido retirado de la región seleccionada.

55 El ordenador 150 de cualquier otro ordenador descrito en este documento puede incluir al menos un recurso de procesamiento capaz de ejecutar los algoritmos indicados. Puede también incluir una memoria y un módulo de comunicaciones para comunicar con el detector oftálmico y, opcionalmente, otros componentes del sistema tales como el dispositivo de presentación y los láseres.

Las variaciones del procedimiento anterior, por ejemplo utilizando un inyector de colorante o un marcador anular controlado por ordenador para hacer la marca, pueden ser consideradas por un experto en la técnica utilizando las enseñanzas de este documento. Además, métodos de combinar el procedimiento anterior con una cirugía de corrección de la visión diferente, tal como cirugía de cataratas, pueden también ser considerados por un experto en la técnica utilizando las enseñanzas de este documento.

5

**REIVINDICACIONES**

- 1 Un sistema para cirugía de corrección de la visión que comprende:
- 5 un detector oftálmico que puede ser utilizado para identificar una ubicación seleccionada sobre una córnea (20) de un ojo (10), en donde la ubicación seleccionada es el vértice corneal (60) o es a lo largo de una línea virtual que conecta el vértice corneal (60) y un centro de la pupila (30a, 30b) en una dilatación dada;
- un marcador que puede ser utilizado para marcar la periferia de la córnea (20) con una marca (50a-50c) que corresponde a la ubicación seleccionada;
- un dispositivo (130) de succión o aplanamiento de la córnea que puede ser utilizado para deformar la córnea (20);
- 10 un dispositivo de procedimiento quirúrgico que puede ser utilizado para realizar un procedimiento quirúrgico de corrección de la visión en la ubicación seleccionada mientras la córnea (20) está deformada; y
- un ordenador (150) programado con al menos un algoritmo para identificar la ubicación seleccionada en la córnea sin deformar, y un algoritmo para identificar de nuevo la ubicación seleccionada sobre la córnea deformada (20) basándose en la marca (50a-50c), utilizando información proporcionada por el detector oftálmico,
- en donde el marcador y el dispositivo de procedimiento quirúrgico son el mismo dispositivo.
- 15 2. El sistema de la reivindicación 1, en el que el marcador y el dispositivo de procedimiento quirúrgico comprenden un láser (110) de femtosegundo.
3. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que la marca (50a-50c) comprende uno o más de los siguientes elementos: un círculo; una pluralidad de sub-marcas que incluyen al menos tres sub-marcas; un colorante biocompatible.
- 20 4. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 en donde el marcador está adaptado para hacer una marca (50a-50c) a entre 8 mm y 11 mm del vértice corneal (60) aproximado y/o para hacer la marca utilizando un láser (110) de femtosegundo y/o para hacer la marca utilizando un marcador anular.
5. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la algoritmo está configurado para identificar de nuevo la ubicación seleccionada ubicando la marca (50a-50c), determinando a continuación la ubicación seleccionada con respecto a la marca (50a-50c).
- 25 6. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el procedimiento quirúrgico de corrección de la visión comprende un láser adaptado para ablación de una porción de la córnea (20) en la ubicación seleccionada y/o la retirada de un lenticulo corneal en la ubicación seleccionada.

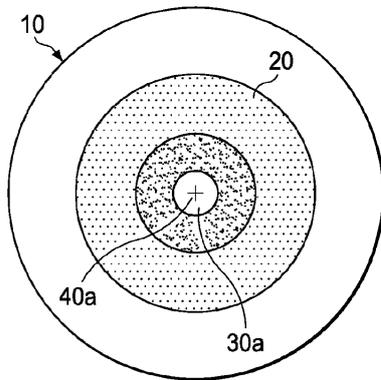


FIG. 1A

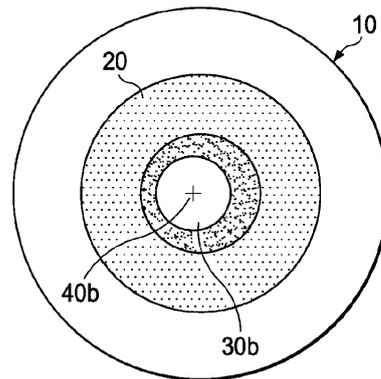


FIG. 1B

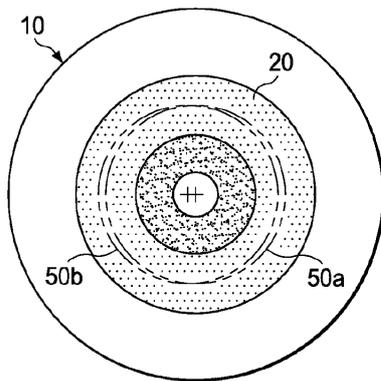


FIG. 1C

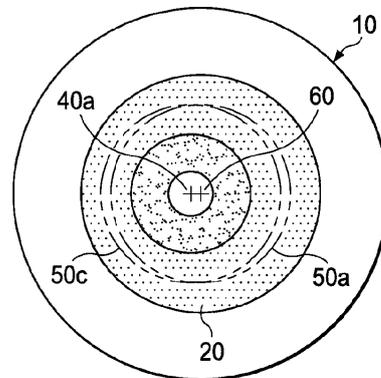


FIG. 1D

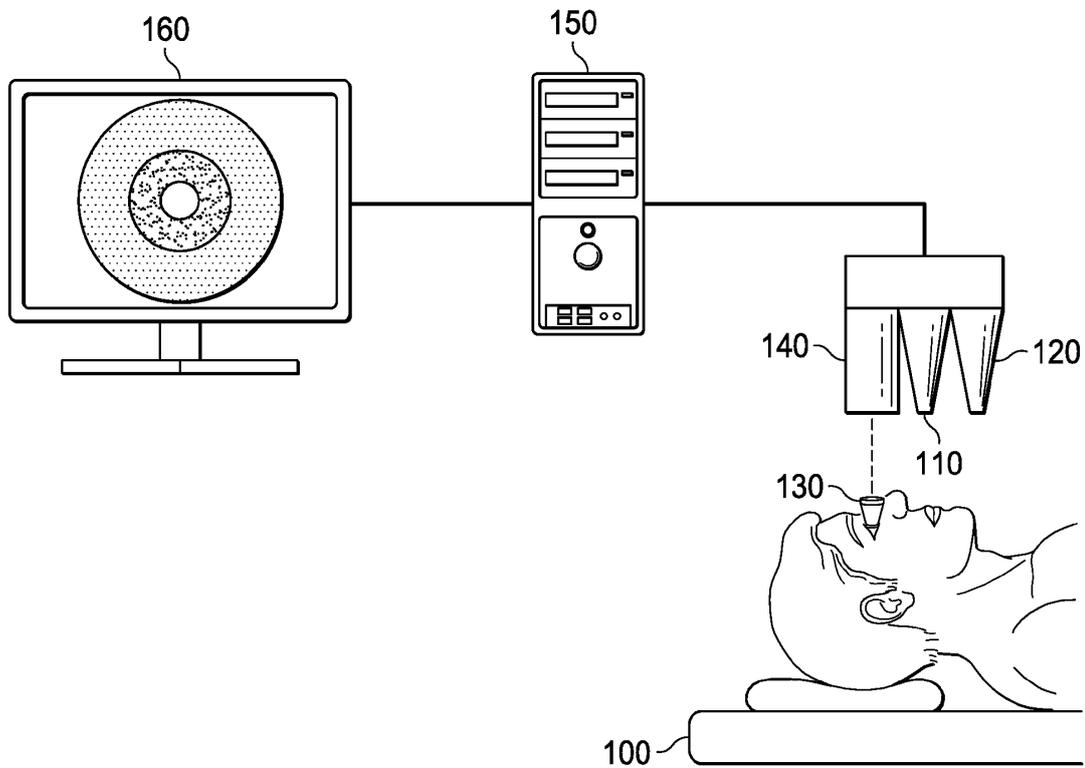


FIG. 2