

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 801 782**

51 Int. Cl.:

A61F 9/009 (2006.01)

A61F 9/008 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.04.2013** **PCT/IB2013/000681**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.10.2013** **WO13156834**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2013** **E 13724867 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2020** **EP 2838481**

54 Título: **Unidad láser quirúrgica con modos de operación variables**

30 Prioridad:

18.04.2012 US 201213450180

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

13.01.2021

73 Titular/es:

TECHNOLAS PERFECT VISION GMBH (100.0%)
Messerschmittstrasse 1+3
80992 München, DE

72 Inventor/es:

MOSEDALE, GWILLEM;
DAMBACHER, FLORIAN;
HAILMANN, MARKUS y
LOESEL, FRIEDER

74 Agente/Representante:

FERNÁNDEZ POU, Felipe

ES 2 801 782 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

Unidad láser quirúrgica con modos de operación variables

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere en general a sistemas láser para llevar a cabo cirugías oftálmicas con láser. Más particularmente, la presente invención se refiere a sistemas láser que se pueden personalizar para llevar a cabo un procedimiento láser quirúrgico particular en un tejido oftálmico específicamente identificado. La presente invención es particularmente, pero no exclusivamente, útil como un sistema y método para la personalización de un mismo sistema láser para realizar selectivamente cirugías oftálmicas diferentes mediante la indicación de una configuración del rayo láser, el establecimiento de un punto de referencia base para el sistema, y la identificación de un modo de escaneo para cada procedimiento quirúrgico particular.

15 Antecedentes de la invención

Cualquier procedimiento quirúrgico oftálmico con láser requiere una combinación de precisión, exactitud y eficacia que se debe mantener dentro del intervalo de las capacidades operativas del sistema láser que se usa. Por lo tanto, el sistema en sí mismo, o un subcomponente particular del sistema, puede ser un factor limitante para un procedimiento quirúrgico. Además, existen muchos requerimientos operativos diferentes, y muchos factores operativos diferentes que son únicos para cada procedimiento oftálmico con láser. Dicho de otra manera, los requerimientos quirúrgicos para un sistema láser cambiarán en dependencia del procedimiento particular que se debe seguir y de la parte específica del ojo donde se va a realizar la cirugía. Una consecuencia de todo esto es la necesidad de un sistema láser versátil.

Con las mejoras recientes en los denominados sistemas láser de "femtosegundo", así como también en las técnicas de formación de imágenes tales como la Tomografía de Coherencia Óptica (OCT), ahora es posible realizar procedimientos quirúrgicos con láser profundamente en el ojo. Ya no es la córnea el único tejido oftálmico de interés para la cirugía con láser. Específicamente, los procedimientos quirúrgicos con láser que implican el lente cristalino, la malla trabecular, la esclerótica, el vítreo y la retina ahora se están considerando para la cirugía con láser. No sorprendentemente, cada uno de estos diferentes tejidos en el ojo tiene su propio conjunto único de problemáticas operativas y anatómicas.

Como se conoce bien, la ruptura óptica inducida por láser (LIOB) del tejido oftálmico se puede emplear eficazmente mediante el uso de un rayo láser de femtosegundo pulsado en muchos procedimientos quirúrgicos diferentes. Las interacciones de los tejidos alternativos con los efectos relacionados pueden usar pulsos láser de nanosegundos o picosegundos. Estos procedimientos incluyen colgajo LASIK, cirugía corneal (por ejemplo, queratoplastia), correcciones refractivas, cirugías relacionadas con las cataratas, incisiones de relajación del tejido, cirugía para el glaucoma, y cirugías posterior/de retina. Como se indicó anteriormente, cada caso para LIOB es único y cada procedimiento tiene sus propios requerimientos particulares. En consecuencia, aunque se puedan requerir consideraciones similares para el empleo de LIOB en cada uno de estos diferentes casos/procedimientos, inevitablemente conducirán a diferentes conclusiones operativas. Principalmente, las consideraciones requeridas incluyen: puntos de referencia, interfaz del paciente del láser, configuración del rayo láser, colocación del punto focal, y escaneo del punto focal. Significativamente, estas consideraciones están interrelacionadas y se deben evaluar en el contexto de otras consideraciones.

Con lo anterior en mente, la descripción para una configuración del rayo láser implica la selección de intervalos de valores para parámetros operativos que lograrán mejor a la alteración requerida de un tejido objetivo seleccionado. En particular, con base en las características anatómicas específicas que se involucrarán, la selección de los parámetros operativos incluye típicamente: 1) elegir una longitud de onda adecuada para el rayo láser; 2) determinar la "fluencia" (densidad de la energía) en localizaciones específicas a lo largo de la trayectoria del rayo; 3) seleccionar una energía del pulso; 4) establecer una frecuencia de repetición del pulso; 5) configurar una duración del pulso; 6) seleccionar una interfaz del paciente adecuada; y 7) configurar un medio de enfoque.

A medida que se involucra la colocación del punto focal, además de las consideraciones anatómicas para el tipo de tejido que se trata, puede ser necesario considerar la proximidad del tejido objetivo a un tipo diferente de tejido (es decir, la ubicación de una interfaz de tejido). En el caso, dentro de la restricción de costos permisibles, la colocación de un punto focal será preferentemente llevada a cabo con la mayor precisión posible. En todos los casos esto significa que es necesario establecer un punto de referencia base adecuado y económico. Y, el punto focal del rayo láser se debe ubicar de manera precisa con relación al punto de referencia base. Para las cirugías oftálmicas, tal punto de referencia base puede ser un punto, una línea (por ejemplo, un eje), o una superficie. Además, la precisión requerida para establecer el punto de referencia puede necesitar la implicación del uso de cálculos matemáticos de alto nivel (por ejemplo, series de expansión), y/o técnicas sofisticadas de formación de imágenes, como OCT.

Además de la configuración del rayo láser y la colocación del punto focal, todas las cirugías oftálmicas con láser requieren la selección de una operación de escaneo adecuada. Específicamente, esta selección implicará

generalmente la identificación de una trayectoria del punto focal, junto con las determinaciones de la velocidad de los movimientos del punto focal y la separación entre los puntos focales adyacentes. Esto puede implicar, además, requerimientos de calibración para toda la unidad de generación del rayo láser.

Como consideración adicional para personalizar un sistema láser adecuado para llevar a cabo una cirugía oftálmica, es necesario evaluar la interfaz del paciente particular que se usará. En particular, es necesario considerar cualquier distorsión del ojo que se pueda provocar cuando se estabiliza el ojo con una interfaz del paciente (es decir, un lente de contacto). En algunos casos los posibles efectos adversos pueden ser mínimos y, por lo tanto, generalmente admisibles. Por otra parte, tales distorsiones pueden degradar las características ópticas del rayo láser hasta el punto en que el rayo láser se vuelva ineficaz. Suficiente para decir que la interfaz del paciente puede ser un factor crítico para la consideración en la creación de un sistema láser quirúrgico eficaz.

En vista de lo anterior, es un objetivo de la presente invención proporcionar un sistema y método para llevar a cabo una cirugía oftálmica con láser en un tejido seleccionado en un ojo que permita personalizar el sistema con base en las consideraciones de los requerimientos específicos de un procedimiento quirúrgico particular. Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema y método para llevar a cabo un procedimiento quirúrgico oftálmico con láser con una interfaz del paciente específica que permite a un usuario especificar selectivamente una configuración del rayo láser, en combinación con un punto de referencia base establecido selectivamente, y un modo de escaneo identificado selectivamente. Otro objetivo más de la presente invención es proporcionar un sistema para llevar a cabo un procedimiento quirúrgico oftálmico con láser que sea fácil de usar, simple de establecer y económico. Los sistemas de la técnica anterior se describen en el documento US 2012/078240.

Resumen de la invención

La invención se define mediante el conjunto de reivindicaciones anexas. Los ejemplos o métodos que no caen dentro del alcance de las reivindicaciones solo se describen con fines ilustrativos. De acuerdo con la presente invención, un sistema láser operable multimodal se puede personalizar para llevar a cabo una cirugía oftálmica con láser en el tejido seleccionado dentro de un ojo. Estructuralmente, el sistema incluye una unidad láser para generar un rayo láser y para enfocar el rayo láser en un punto focal. Preferentemente, el rayo láser es un rayo láser de femtosegundo pulsado que se puede configurar para llevar a cabo un procedimiento de ruptura óptica inducida por láser (LIOB) en el tejido objetivo seleccionado.

Un selector del modo se conecta operativamente con la unidad láser para establecer y definir un modo operativo para el sistema. Esto se realiza mediante la selección de las funcionalidades del sistema, con base en las consideraciones de compatibilidad que son más adecuadas para llevar a cabo el procedimiento quirúrgico requerido en el tejido objetivo seleccionado. En detalle, el modo operativo incluye:

- 1) una descripción de los parámetros de configuración que se van a usar para el rayo láser, para incluir la longitud de onda del rayo láser, las mediciones de fluencia a lo largo del rayo láser, la energía del pulso, la frecuencia de repetición del pulso y la duración del pulso;
- 2) un proceso para establecer un punto de referencia base en el ojo que usa selección de puntos, selección de ejes, series de expansión y/o técnicas de formación de imágenes o de detector en tiempo real; y
- 3) un plan para mover el punto focal del rayo láser de acuerdo con un procedimiento de escaneo definido, en donde el procedimiento de escaneo se basa en las consideraciones de la velocidad del movimiento de la mancha focal, la separación entre los puntos focales, la descripción del patrón (por ejemplo, cuadrícula o espiral) y los puntos de calibración.

Además de la unidad láser y del selector del modo, el sistema de la presente invención incluye, además, un ordenador para controlar la unidad láser. Más específicamente, el ordenador se conecta tanto a la unidad láser como al selector del modo. Con estas conexiones, la computadora responde al selector del modo para controlar la unidad láser con el propósito de implementar el modo operativo.

Una característica adicional del sistema implica las consideraciones para la incorporación de una interfaz del paciente. Siempre que se usa tal interfaz, su propósito es estabilizar el ojo de un paciente durante la cirugía oftálmica. Sin embargo, puede suceder que el uso de una interfaz pueda introducir distorsiones ópticas en el ojo. Como una aproximación práctica, las interfaces del paciente pueden tener diferentes niveles de efecto en diferentes áreas del ojo en dependencia de si son un lente de contacto plano, un lente de contacto curvo, un lente de contacto adaptable (por ejemplo, lleno de agua), o sin contacto. En el caso, estos pueden afectar otros aspectos funcionales de un sistema láser personalizado y, por lo tanto, se deben considerar y tener en cuenta en la configuración del sistema y las operaciones posteriores.

Debido a la gran cantidad de posibilidades de configuración para diferentes modos operativos, y debido a la distinta posibilidad de que un modo operativo particular pueda ser satisfactorio para una secuencia de procedimientos quirúrgicos en pacientes diferentes, la presente invención proporciona un denominado modo operativo predeterminado. En consecuencia, las funcionalidades que constituyen el modo operativo están preseleccionadas. En detalle, los parámetros de configuración para el rayo láser se preconfiguran, el proceso para establecer el punto de

referencia base se preconfigura, y el plan para escanear el punto focal del rayo láser también se preconfigura. La flexibilidad para el sistema, sin embargo, se proporciona al permitir que el usuario del sistema se mueva del estado predeterminado de cualquier funcionalidad, según lo desee.

Con la descripción anterior en mente, se apreciará que la presente invención prevé una operación del sistema que incluye cambiar entre dos modos operativos diferentes. Por ejemplo, considera una operación integrada que requiera tanto una cirugía de cataratas como incisiones corneales. En tal operación integrada, el procedimiento particular que será más profundo en el ojo (es decir, la cirugía de cataratas) probablemente se realizará primero. En cualquier caso, la configuración para ambos modos de operación se puede realizar antes de comenzar la operación integrada.

De conformidad con la descripción anterior, cada procedimiento (cirugía de cataratas e incisiones corneales) se logrará de manera separada, y puede requerir diferentes modos operativos. En este caso, la configuración del sistema requiere inicialmente que se realicen consideraciones de compatibilidad para un modo operativo para realizar la cirugía de cataratas (es decir un primer modo operativo). Esto implica determinar los parámetros operativos apropiados para el rayo láser (por ejemplo, la fluencia y el tamaño de la mancha), establecer un punto de referencia base, prescribir patrones de exploración, y emplear una interfaz del paciente (por ejemplo, presión en el ojo) para una cirugía de cataratas (por ejemplo, capsulotomía y fragmentación del cristalino).

Después del establecimiento del primer modo de operación (por ejemplo, cirugía de cataratas) se establece un segundo modo de operación (por ejemplo, incisiones corneales) mediante la repetición esencialmente de las mismas consideraciones de compatibilidad hechas para el primer modo. Esto requiere de evaluaciones adicionales y ajustes apropiados de los parámetros operativos y los patrones de escaneo del rayo láser, posiblemente la selección de un nuevo punto de referencia base, y una posible modulación de la interfaz del paciente. Más específicamente, en la medida en que la interfaz del paciente es correspondiente, es probable que pueda ocurrir que solo se necesite ejercer muy poca presión en el ojo durante la porción de cirugía de cataratas de la operación integrada. Esta presión mínima es generalmente preferible para minimizar las deformaciones posteriores y otras deformaciones de la córnea que podrían, de cualquier otra manera, introducir distorsiones no deseadas del rayo láser. Por otra parte, es probable que se requieran presiones mayores durante la porción de las incisiones corneales de la operación integrada. Esto es así debido a la necesidad de estabilizar la córnea durante las incisiones corneales, y al hecho de que, en esta porción de la operación integrada, las deformaciones posteriores y otras deformaciones de la córnea tendrán un efecto mínimo en el procedimiento.

Breve descripción de las figuras

Las características novedosas de esta invención, así como también la invención en sí misma, tanto en su estructura como en su operación, se entenderán mejor a partir de los dibujos acompañantes, tomados junto con la descripción acompañante, en los cuales los caracteres de referencia similares se refieren a partes similares, y en los cuales:

la Figura 1 es un esquema de los componentes operativos de la presente invención;

la Figura 2 es una vista en sección transversal de un ojo que identifica posibles localizaciones para llevar a cabo los procedimientos quirúrgicos previstos para la presente invención; la Figura 3 es un diagrama de flujo funcional que muestra la secuencia de consideraciones para las diversas funcionalidades relacionadas con una configuración personalizada del sistema láser de acuerdo con la presente invención; y

la Figura 4 es un diagrama de flujo operativo que se implementa por un ordenador para la configuración de un sistema láser de acuerdo con la presente invención.

Descripción de las modalidades preferidas

Con referencia inicialmente a la Figura 1, se muestra un sistema multimodal para llevar a cabo una cirugía oftálmica con láser de acuerdo con la presente invención y se designa generalmente con el 10. Como se muestra, el sistema 10 incluye esencialmente una unidad láser 12 y una consola de control 14. Más específicamente, la consola de control 14 incluye un ordenador 16, una unidad de formación de imágenes (detector) 18 y un selector del modo 20. Como se pretende en la presente invención, la consola de control 14 se usa para primero configurar y después controlar la operación de la unidad láser 12. En particular, tanto la configuración como el control se dirigen al rayo láser 22 que se genera mediante la unidad láser 12. El objetivo aquí es usar de manera efectiva el rayo láser 22 para llevar a cabo una cirugía oftálmica con láser en un paciente 24, mientras que el ojo 26 se estabiliza mediante una interfaz del paciente 28 o un oculómetro (no se muestra).

Para los propósitos de la presente invención, la unidad láser 12 generará un denominado láser de femtosegundo que es capaz de llevar a cabo la ruptura óptica inducida por láser (LIOB) en los tejidos seleccionados dentro del ojo 26 del paciente 24. Además, la unidad de formación de imágenes 18 es preferentemente de un tipo que es capaz de crear imágenes tridimensionales de diferentes tejidos dentro del ojo 26 (por ejemplo, un dispositivo de Tomografía de Coherencia Óptica (OCT)). Como se prevé para el sistema 10, la computadora 16 usará la entrada de la unidad de formación de imágenes 18 en su control de la unidad láser 12 durante las cirugías oftálmicas con láser en el ojo 26.

En la Figura 2, se apreciará la medida en la que se pueden llevar a cabo las cirugías oftálmicas mediante el sistema 10

dentro del ojo 26. En particular, se apreciará que el sistema 10 prevé el uso de un rayo láser 22 para llevar a cabo la LIOB en el tejido en la córnea 30. Además, en el ojo 26, se prevé que el sistema 10 pueda llevar a cabo procedimientos quirúrgicos oftálmicos en/sobre el lente cristalino 32 y/o su bolsa capsular 34. Aún más en el ojo 26, el sistema 10 se puede configurar y controlar para llevar a cabo procedimientos quirúrgicos oftálmicos en el vítreo 36 del ojo 26 y en/sobre la retina 38. Además, se pueden establecer varias referencias en el control del rayo láser 22. Por ejemplo, un punto de referencia base puede ser un punto conocido en el ojo 26 (no especificado), un eje definido del ojo 26 (no especificado), o una superficie de referencia que se identifica mediante la unidad de formación de imágenes 18. En este último caso, los ejemplos de superficies que se usan para un punto de referencia base incluyen la superficie anterior de la córnea 30, la superficie de interconexión 40 entre el lente cristalino 32 y la bolsa de capsular 34, la superficie posterior de la interfaz del paciente 28 y la superficie de interconexión 42 entre el vítreo 36 y la retina 38. Además, con relación al rayo láser 22' en la Figura 2, también se debe apreciar que el sistema 10 prevé llevar a cabo procedimientos quirúrgicos LIOB dentro de la esclerótica 44, dentro de la malla trabecular 46 y en el tejido del iris 48.

El experto en la técnica apreciará que todos los tejidos en el ojo 26, y que incluyen específicamente los tejidos mencionados anteriormente, tendrán su propia respuesta única a la LIOB. Además, en dependencia de la ubicación del tejido particular en el ojo 26 (es decir, la profundidad posterior del tejido en el ojo 26), el rayo láser 22 se puede afectar de manera operativa. Además, los requerimientos operativos para procedimientos quirúrgicos particulares diferirán de un procedimiento a otro. Con esto en mente, es claro que existe la necesidad de personalizar el sistema 10 de una manera que tome en cuenta todos los requerimientos operativos (funcionalidades) cada vez que se va a usar el sistema 10.

La Figura 3 es un diagrama de flujo funcional que presenta esencialmente las consideraciones de compatibilidad operativa que se deben abordar para establecer un modo operativo durante una configuración del sistema 10. El bloque de acción 50 muestra que la primera consideración para la configuración es identificar el procedimiento quirúrgico particular que se va a llevar a cabo. Como quedó implícito anteriormente, el procedimiento puede ser cualquiera de la gran cantidad de procedimientos que son apropiados para un procedimiento quirúrgico con láser en un ojo 26. Una vez que se ha identificado el procedimiento, la siguiente consideración es identificar la interfaz del paciente 28 que se va a usar (ver el bloque de acción 52). Como se indicó anteriormente, la selección de la interfaz del paciente 28 dependerá de cómo el ojo 26 se pueda estabilizar mejor para el procedimiento, sin introducir distorsiones ópticas no deseadas en el rayo láser 22. En este punto, el bloque de consulta 54 indica que el sistema 10 determinará si se va a usar un estado predeterminado para la configuración del rayo láser 22. De lo contrario, el bloque de configuración 56 solicita que el usuario/operador especifique los intervalos de valores para los parámetros de configuración del rayo láser 22. De manera específica, estos parámetros incluirán la longitud de onda del rayo láser 22 y su fluencia (es decir densidad de energía) en las localizaciones a lo largo de la trayectoria del rayo del rayo láser 22, así como también la potencia, la frecuencia de repetición del pulso y la duración del pulso de los pulsos de femtosegundos en el rayo láser 22. Una vez que la configuración del rayo se ha determinado, ya sea por defecto o configurada, la siguiente consideración se refiere a si se va a usar un estado predeterminado para el punto de referencia base.

El bloque de consulta 58 en la Figura 3 indica que, si no se va a usar un estado predeterminado para un punto de referencia base, el usuario/operador se dirige mediante el bloque de configuración 60 para establecer un algoritmo para tal punto. Esencialmente esto en los implica seleccionar una técnica que proporcionará el uso de un punto (no se especifica aquí), un eje (no se especifica aquí), una línea (no se especifica aquí), una curva (no se especifica aquí), una superficie de interfaz (no se especifica aquí), o una superficie de tres dimensiones (no se especifica aquí) como un punto de referencia. Como se conoce bien, esto se puede lograr de varias maneras, tal como mediante el uso de una serie de expansiones matemáticas. Preferentemente, sin embargo, la presente invención prevé el uso de una unidad de formación de imágenes 18 que empleará técnicas de formación de imágenes de Tomografía de Coherencia Óptica (OCT), Scheimpflug, confocal o de dos fotones. No obstante, independientemente de la técnica que se usa, el bloque de configuración 62 solicita la selección de un punto de referencia (por ejemplo, un punto, un eje o una superficie) que se puede usar posteriormente para el control del rayo láser 22.

Como una consideración final para la configuración de un modo operativo para el sistema 10, el bloque de consulta 64 solicita un procedimiento de escaneo particular para el punto focal del rayo láser 22. En esencia, este procedimiento de escaneo establecerá una trayectoria para el punto focal del rayo láser 22, y define cómo se mueve a lo largo de esta trayectoria. Si un procedimiento de escaneo preconfigurado no se va a usar como predeterminado, el bloque de configuración 66 solicita que la configuración se realice para la velocidad del movimiento del punto focal, y la separación del punto focal en la trayectoria del punto focal. Adicionalmente, se puede prestar atención a los requerimientos de calibración.

Para una verificación final en la configuración del sistema 10, el bloque de acción 68 solicita una verificación del modo operativo antes de que el procedimiento quirúrgico particular se vaya a realizar (ver el bloque de acción 70). Como una cuestión práctica, esta verificación requiere confirmación de si se va a usar el estado predeterminado. Si no se va a usar el estado predeterminado, el usuario/operador tiene la oportunidad en este momento de volver a comprobar y verificar que el sistema 10 se ha personalizado apropiadamente para el procedimiento quirúrgico particular.

De acuerdo con la presente invención, el sistema 10 será controlado de manera efectiva por el producto de programa

informático 16 durante un procedimiento quirúrgico. No obstante, el producto de programa informático 16 ayudará al usuario/operador durante la configuración de un modo operativo, como se discutió anteriormente con referencia a la Figura 3. Para hacer esto, la Figura 4 muestra un diagrama de flujo simplificado de las tareas que se van a realizar mediante un producto de programa informático, generalmente designado con el 72. Específicamente, la Figura 4 indica que el primer requerimiento del producto de programa informático 72 es seleccionar el procedimiento quirúrgico (bloque de acción 74). A continuación, el producto de programa informático 72 determina si se ha aprobado una interfaz del paciente 28 adecuada (bloque de consulta 76). Si no, el bloque de acción 78 requiere que esto se haga. El bloque de consulta 80 determina entonces si se usará un estado predeterminado preconfigurado para el procedimiento quirúrgico seleccionado. Si es así, el bloque de acción 82 indica que el procedimiento quirúrgico se va a realizar de acuerdo con el modo operativo predeterminado que se ha preconfigurado en el ordenador 16.

En el caso de que no se vaya a seguir un modo operativo predeterminado por el sistema 10, el bloque de acción 84 del programa informático 72 solicita que se especifique una configuración para el rayo láser 22. Una vez que el rayo láser 22 se ha configurado apropiadamente (bloque de consulta 86), el programa informático 72 solicita entonces que se establezca un punto de referencia base (bloque de acción 88 y bloque de consulta 90). A continuación, se identifica un plan de escaneo (bloque de acción 92). Después de todo esto, el bloque de consulta 94 entonces determina de manera efectiva si se ha establecido un modo operativo para el programa informático 72. Si es así, el programa informático 72 se mueve al bloque de acción 82 y, a partir de ahí, el ordenador 16 controla la unidad láser 12 en su modo operativo personalizado para llevar a cabo el procedimiento quirúrgico seleccionado.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un producto de programa informático 72 para llevar a cabo una cirugía oftálmica con láser en un tejido seleccionado en un ojo 26, en donde el producto de programa informático 72 comprende secciones de programa para respectivamente: incorporar una unidad láser 12 para generar un rayo láser 22; definir un modo operativo para el sistema 10; especificar intervalos de valores para los parámetros de configuración para el rayo láser 22 para la implementación del modo operativo; establecer un punto de referencia base en el ojo 26 para la implementación del modo operativo; identificar un procedimiento de escaneo para el punto focal del rayo láser 22 para la implementación del modo operativo; y enfocar el rayo láser 22 en un punto focal para implementar el modo operativo al llevar a cabo una ruptura óptica inducida por láser (LIOB) en el tejido seleccionado. Adicionalmente, el producto de programa informático 72 puede incluir secciones de programa para: elegir un procedimiento quirúrgico; y seleccionar una interfaz del paciente 28 de un grupo que comprende un lente de contacto plano, un lente de contacto curvo, un lente de contacto adaptable, una interfaz de fluido, un elemento de succión, o aire (sin interfaz del paciente).

Mientras que la Unidad Láser Quirúrgica particular con los Modos de Operación Variables como se muestran y se describen en la presente descripción en detalle es totalmente capaz de obtener los objetivos y proporcionar las ventajas antes indicadas en la presente descripción, se debe entender que es simplemente ilustrativa de las modalidades de la invención preferidas de la presente, y que no se pretenden limitaciones a los detalles de construcción o de diseño mostrados en la presente descripción que no sean los que se describen en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema multimodal (10) para llevar a cabo una cirugía oftálmica con láser en un tejido seleccionado en un ojo (26) que comprende:
5 una unidad láser (12) para generar un rayo láser pulsado (22), y para enfocar el rayo láser (22) en un punto focal, para llevar a cabo un procedimiento de ruptura óptica inducida por láser (LIOB) en el tejido seleccionado; un selector del modo (20) para seleccionar las funcionalidades del sistema para definir un modo operativo para el sistema (10), en donde el modo operativo se basa en consideraciones de compatibilidad para los intervalos de valores de los parámetros de configuración para el rayo láser (22), un proceso para establecer al menos un
10 punto de referencia base en el ojo (26), y un plan para escanear el punto focal del rayo láser (22) a través del tejido seleccionado con relación a un punto de referencia base seleccionado; y un ordenador (16) conectado a la unidad láser (12), en donde el ordenador (16) responde al selector del modo (20) para la operación de la unidad láser (12) para implementar el modo operativo, caracterizado porque el modo operativo incluye un intervalo de valores para la presión ejercida por una interfaz
15 del paciente (28) contra el ojo (26), y el sistema (10) incluye un interruptor para manipular la interfaz del paciente (28) para cambiar selectivamente entre un valor de baja presión en un primer modo de operación y un valor de alta presión en un segundo modo de operación.
2. Un sistema (10) como se mencionó en la reivindicación 1 en donde el rayo láser pulsado (22) se selecciona de
20 un grupo que comprende un nanosegundo, un picosegundo y una fuente de femtoláser, y los intervalos de valores de los parámetros de configuración para el rayo láser (22) se determinan mediante las características del tejido que se va a modificar mediante la LIOB.
3. Un sistema (10) como se mencionó en la reivindicación 2 en donde los intervalos de valores de los parámetros
25 de configuración se seleccionan de un grupo que incluye la longitud de onda del rayo láser (22), las propiedades de fluencia a lo largo del rayo láser (22), la energía del pulso, la frecuencia de repetición del pulso, la duración del pulso, el enfoque del rayo láser (22), la abertura numérica de la unidad láser (12), y el perfil de rayo del rayo láser (22).
- 30 4. Un sistema (10) como se mencionó en la reivindicación 1 en donde el punto de referencia base se establece mediante una unidad de detector, y en donde la unidad de detector se selecciona de un grupo que comprende dispositivos de formación de imágenes de Tomografía de Coherencia Óptica (OCT), Scheimpflug, de formación de imágenes confocales, telémetro óptico, de ultrasonido, y de dos fotones.
- 35 5. Un sistema (10) como se mencionó en la reivindicación 1 en donde el procedimiento de escaneo se identifica mediante el uso de consideraciones seleccionadas de un grupo que comprende la velocidad del movimiento de la mancha focal, la separación de las manchas focales, la descripción del patrón y puntos de calibración.
- 40 6. Un producto de programa informático para llevar a cabo la cirugía oftálmica con láser en un tejido seleccionado en un ojo (26) en donde el producto de programa informático comprende secciones de programa para respectivamente: definir un modo operativo para el sistema (10); especificar los intervalos de valores para los parámetros de configuración para el rayo láser (22) para la implementación del modo operativo; establecer un
45 punto de referencia base en el ojo (26) para la implementación del modo operativo; identificar un procedimiento de escaneo para el punto focal del rayo láser (22) para la implementación del modo operativo; y enfocar el rayo láser (22) a un punto focal para implementar el modo operativo al llevar a cabo una ruptura óptica inducida por láser (LIOB) en el tejido seleccionado, en donde el modo operativo incluye un intervalo de valores para la presión ejercida mediante una interfaz del
50 paciente (28) contra el ojo (26) para cambiar selectivamente entre un primer modo de operación con un valor de baja presión y un segundo modo de operación con un valor de alta presión mediante un interruptor para manipular la interfaz del paciente (28) cuando se ejecuta en un sistema de acuerdo con la reivindicación 1.
7. Un producto de programa informático como se mencionó en la reivindicación 6 que comprende además secciones de programa para: elegir un procedimiento quirúrgico; y seleccionar una interfaz del paciente (28) de
55 un grupo que comprende un lente de contacto plano, un lente de contacto curvo, un lente de contacto adaptable, una interfaz de fluido, y un anillo de succión.
8. Un producto de programa informático como se mencionó en la reivindicación 7 en donde el procedimiento de
60 escaneo se identifica mediante el uso de consideraciones seleccionadas de un grupo que comprende la velocidad del movimiento de la mancha focal y la separación, la descripción del patrón y los puntos de calibración.

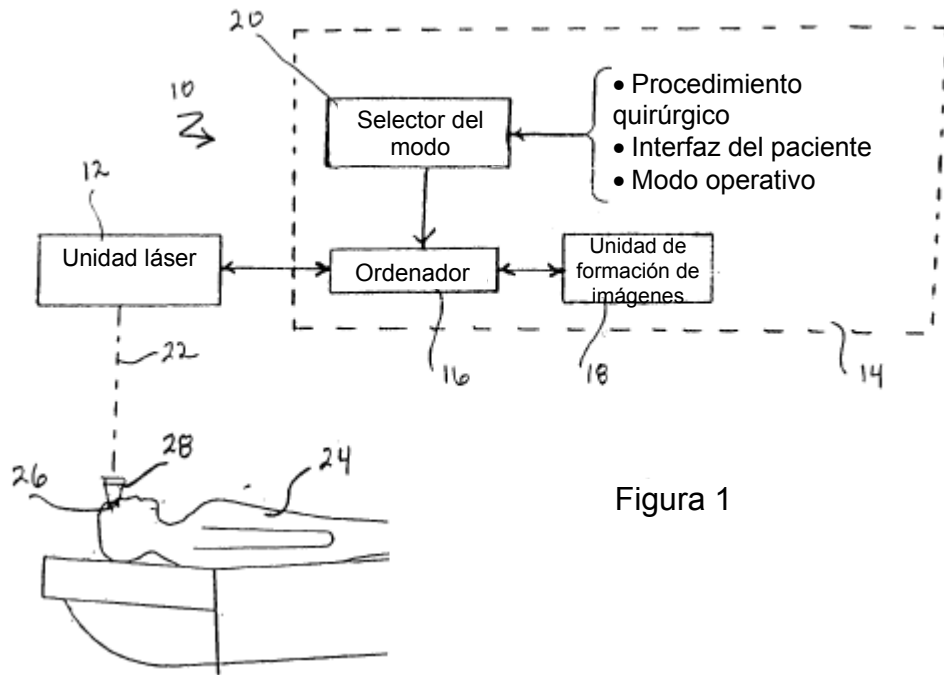


Figura 1

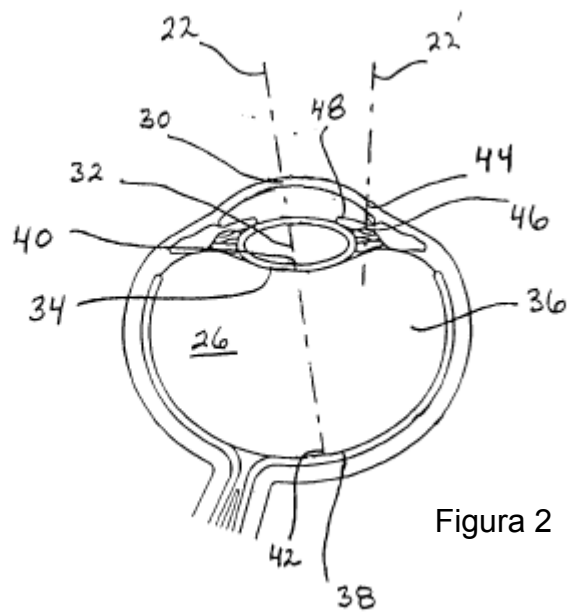


Figura 2

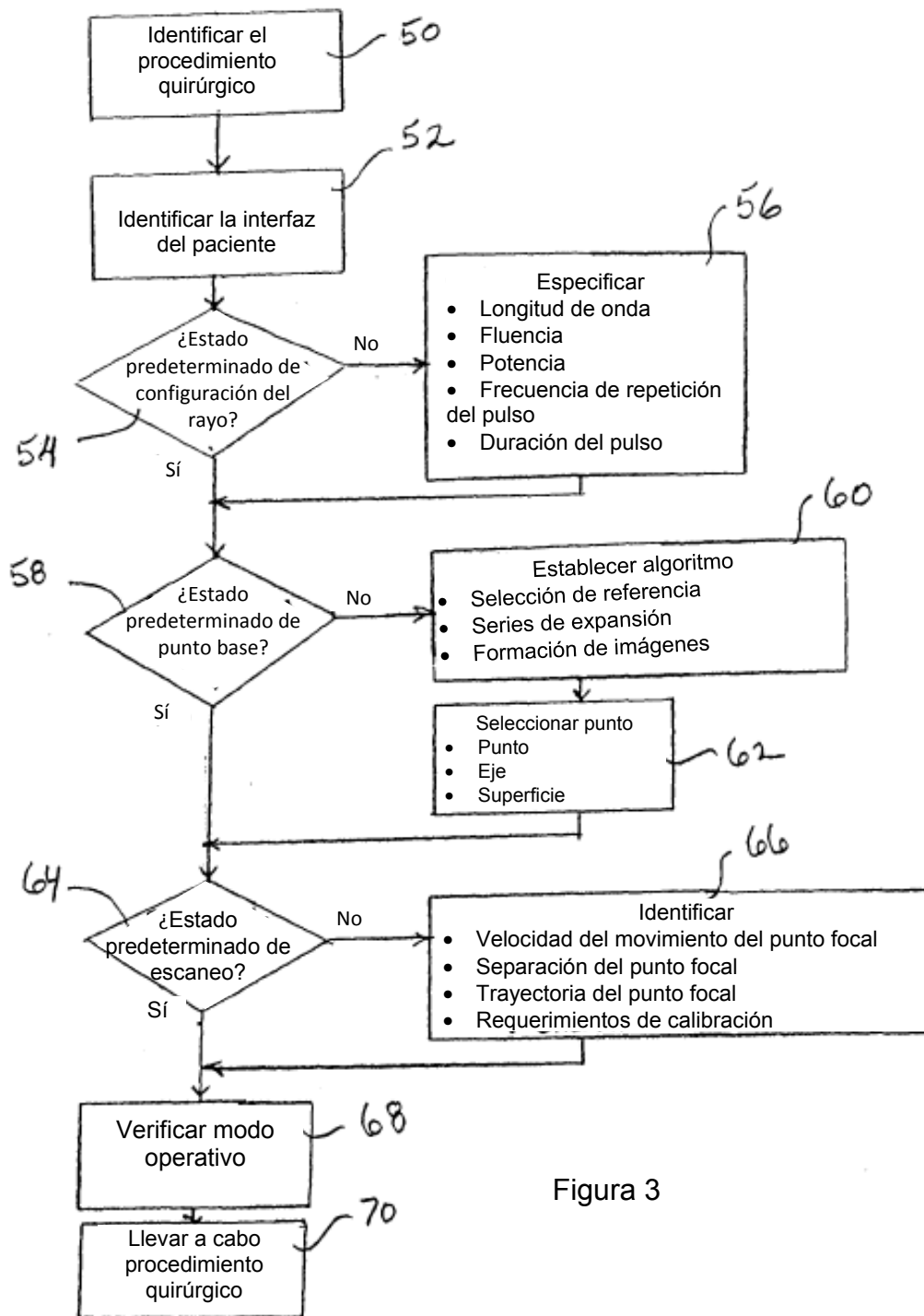


Figura 3

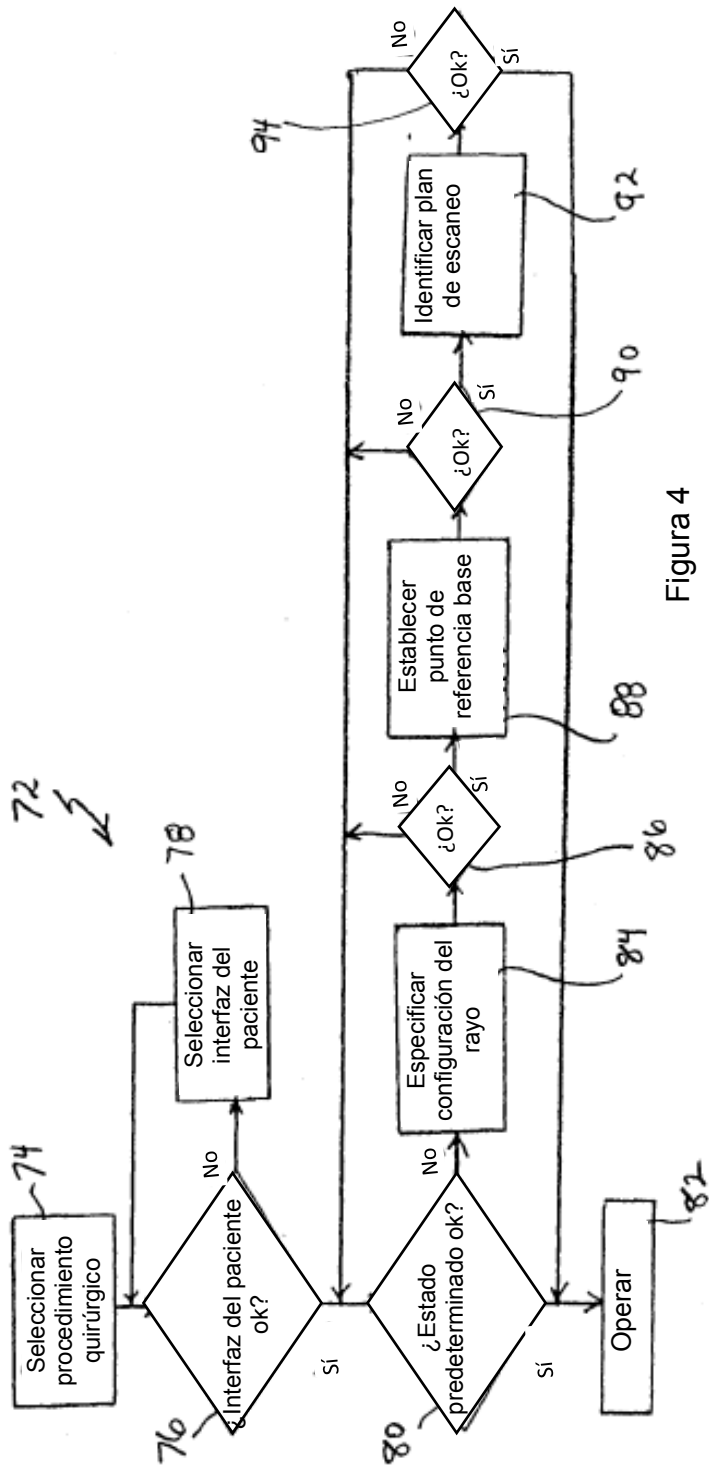


Figura 4