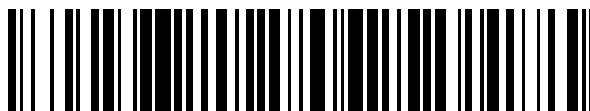


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 621 854**

51 Int. Cl.:

A61F 9/007 (2006.01)

A61F 9/008 (2006.01)

G02B 26/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.12.2010 PCT/EP2010/007532**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.06.2012 WO12076032**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.12.2010 E 10795616 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.01.2017 EP 2648666**

54 Título: **Dispositivo láser, especialmente para la cirugía oftalmológica con láser**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.07.2017

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

72 Inventor/es:
**WÖLFEL, MATHIAS;
DR. KITTELMANN, OLAF y
THUERMER, DANIEL**

74 Agente/Representante:
LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 621 854 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

Dispositivo láser, especialmente para la cirugía oftalmológica con láser

5 La invención trata de dispositivos láser y especialmente de la comprobación de una función de escáner de un dispositivo láser.

10 Los dispositivos láser que trabajan con rayos láser enfocados para tratar tejido muerto o vivo (por ejemplo tejido del ojo humano) presentan frecuentemente componentes orientables que permiten una función de escáner. Con la función de escáner el foco de radiación se puede ajustar con precisión a diferentes posiciones en un plano ortogonal a la dirección de propagación de la radiación (escaneo transversal) y/o a diferentes posiciones a lo largo de la dirección de propagación de la radiación (escaneo longitudinal). Como ejemplos de componentes que pueden servir para el escaneo de la radiación láser se pueden indicar espejos dispuestos de forma giratoria, espejos deformables, cristales electro-ópticos, lentes dispuestas de forma desplazable, lentes de capacidad refractiva variable, etc.. Cuando en el marco de esta revelación se hable de componentes de escaneo, no se piensa sólo en los componentes ópticos que influyen en la radiación láser, sino en la totalidad de componentes necesarios para el escaneo de la radiación láser e influenciados por medio de señales de control eléctricas de un sistema de control electrónico. Entre los componentes de escaneo cuentan, en el sentido de la invención, especialmente los actuadores en su caso necesarios para el accionamiento de los componentes de escaneo ópticos, que se pueden activar mediante señales de control del sistema de control. Estos actuadores pueden comprender, por ejemplo, galvanómetros, accionamientos piezoeléctricos, accionamientos por motor, fuentes de tensión y de corriente controlables, etc.. Se entiende que la enumeración que antecede de posibles componentes de escaneo ópticos y de actuadores tiene carácter puramente ejemplar y no ha de entenderse como restrictiva.

25 La invención propone un dispositivo láser previsto y diseñado para la cirugía oftalmológica con láser, que comprende una fuente de láser para la puesta a disposición de radiación láser, componentes de escáner controlables para el ajuste de una posición de enfoque de la radiación láser, componentes de medición para el registro de informaciones representativas de una posición real del foco de radiación así como un sistema de control que controla la fuente de láser y los componentes de exploración y que sirve para provocar la ejecución de una prueba de funcionamiento de al menos una parte de los componentes de exploración con la fuente de láser apagada, conforme a un modelo de escaneo de prueba predeterminado, representando el modelo de escaneo una pluralidad de posiciones de enfoque teórico discretas a las que hay que acceder sucesivamente y diseñándose el sistema de control para parar el movimiento de escaneo de los componentes de exploración y para determinar, en asignación de cada una de las posiciones de enfoque teórico, respectivamente una posición de enfoque real sobre la base de las informaciones registradas de los componentes de medición. La prueba de funcionamiento es, por decirlo así, un funcionamiento en seco en el que se puede comprobar la función de escáner del dispositivo láser sin que el dispositivo láser emita a la vez una radiación láser.

35 Un sistema como éste se conoce por el documento US2002/1093704.

40 Los síntomas de envejecimiento, una falta de uso prolongada o interrupciones de las vías de transferencia de datos pueden dar lugar a que un ajuste teórico de los componentes de exploración ordenado por el sistema de control (conforme a una determinada posición teórica del foco de radiación) no se ejecute con precisión y a que el ajuste real conseguido de hecho de los componentes de exploración difiera del ajuste teórico. Con la fuente de láser conectada la posición real del foco de radiación diferiría de la posición teórica. En el tratamiento de materia muerta esto podría ser todavía aceptable en el sentido de que el tratamiento se podría repetir con un instrumento nuevo al comprobar que el tratamiento no ha sido lo suficientemente preciso. Sin embargo, por razones comprensibles, este procedimiento no es viable con tejido vivo, como por ejemplo el tejido del ojo humano. La realización de una prueba de funcionamiento anterior de los componentes de exploración puede garantizar que en el posterior tratamiento con láser el ajuste teórico y el real sean lo suficientemente precisos o/y proporcionar información sobre el alcance de posibles diferencias entre el teórico y el real, de modo que antes del tratamiento con láser se puedan adoptar todavía medidas correctoras adecuadas (por ejemplo sustitución de al menos una parte de los componentes de exploración, determinación de factores de corrección y adaptación de los valores teóricos por medio de los factores de corrección).

50 El modelo de escaneo de prueba representa una pluralidad de posiciones de enfoque teórico discretas, a las que hay que acceder individualmente, controlándose los componentes de exploración (en general: sistema de escáner) por medio del sistema de control, de manera que el movimiento de escaneo provocado por los componentes de exploración se pare respectivamente en las posiciones de enfoque teórico, con lo que las posiciones de enfoque real se miden en parada. Preferiblemente, se espera con la medición de la posición de enfoque real respectivamente un cierto tiempo (tiempo de establecimiento) después de que los componentes de exploración hayan alcanzado una posición de enfoque teórica. Este tiempo de establecimiento puede ser, por ejemplo, del orden de uno o varios milisegundos. Al realizar la medición de las posiciones de enfoque real en parada, es posible aprovechar la máxima precisión de medición posible de los componentes de medición (sistema de medición).

60 Las posiciones de enfoque teórico se distribuyen preferiblemente de forma que queden cubiertas todas las zonas del espacio de escaneo nominalmente disponible. Así es posible una extensa comprobación previa de la precisión de posicionamiento de la función de escáner en todas las zonas alcanzables del espacio de escaneo. Mediante la

elección de un número no demasiado grande de posiciones de enfoque teórico se puede reducir a la vez el tiempo del proceso de prueba, lo que permite en especial realizar la prueba de funcionamiento antes de cada tratamiento con láser previsto, sin perder innecesariamente mucho tiempo. Puede ser suficiente, por ejemplo, fijar de antemano menos de 100, mejor menos de 50 y mejor aún menos de 20 posiciones de enfoque teórico a las que haya que acceder en el marco de la prueba.

Se entiende que la observación en relación con las posiciones de enfoque teórico y real sólo sirve para aclarar las ideas, dado que durante la prueba de funcionamiento no incide ninguna radiación láser en los componentes de exploración ni existe ningún foco de radiación. Sin embargo, con la fuente de láser conectada, el foco de radiación existente en este caso adoptaría una posición fijada por el ajuste real de los componentes de exploración.

Normalmente la zona, dentro de la cual se puede regular el foco de radiación, está limitado a causa de condiciones constructivas, físicas y/o técnicas de control. Por consiguiente, el usuario dispone de un campo de exploración máximo preestablecido que determina los límites exteriores para los movimientos de exploración del foco de radiación. En las formas de realización que sólo permiten movimientos transversales del foco, el campo de exploración disponible es, por lo tanto, una superficie transversal. En cambio, en las formas de realización que permiten movimientos transversales y longitudinales del foco, el cambio de exploración disponible es un espacio tridimensional. En dirección transversal, el campo de exploración disponible puede presentar un límite exterior circular. En el caso tridimensional el campo de exploración disponible puede tener, por ejemplo, una forma cilíndrica circular.

Al menos en algunos casos puede darse el caso de que el campo de exploración disponible se tenga que aprovechar para una aplicación hasta una zona cercana a sus límites. No sólo, pero especialmente entonces es necesario que se tenga la certeza de que los componentes de exploración también trabajen con precisión en estas zonas laterales del campo de exploración disponible y que las diferencias entre teórico/real de la posición de enfoque sólo se produzcan, en el supuesto de que lo hagan, dentro de unas medidas tolerables. Por este motivo se dispone convenientemente, en una variante de realización preferida, al menos un número parcial de posiciones de enfoque teórico por el borde de un campo de exploración máximo indicado. Resulta incluso posible que todas las posiciones de enfoque teórico se dispongan en el borde del mayor campo de exploración posible.

Las posiciones de enfoque teórico pueden comprender al menos un grupo de posiciones de enfoque repartidas en un plano transversal ortogonal respecto a la dirección de propagación de la radiación. Las posiciones de enfoque teórico pueden comprender al menos un grupo de posiciones de enfoque repartidas en el plano transversal a lo largo de una línea circular, especialmente a distancias angulares uniformes. Puede ser, por ejemplo, suficiente fijar sólo unas pocas posiciones de enfoque teórico a lo largo de la línea circular, aproximadamente una posición de enfoque teórico por cuadrante.

En caso de capacidad de exploración longitudinal de los componentes de exploración se puede repartir como mínimo una parte de las posiciones de enfoque teórico en dirección de propagación de la radiación. Sería especialmente posible que las posiciones de enfoque teórico comprendieran varios grupos de posiciones de enfoque repartidos en diferentes planos transversales ortogonales respecto a la dirección de propagación de la radiación. Un primer grupo de posiciones de enfoque teórico podría encontrarse, por ejemplo, en un primer plano transversal que limite el campo de exploración disponible longitudinalmente en una primera dirección. Un segundo grupo de posiciones de enfoque teórico se podría encontrar en un segundo plano transversal que limite el campo de exploración disponible longitudinalmente en la otra dirección. En caso de desecharlo, otras posiciones de enfoque teórico se podrían encontrar en uno o varios planos intermedios transversales situados entre los dos planos transversales extremos del primer y del segundo grupo de posiciones de enfoque teórico. Alternativa o adicionalmente, las posiciones de enfoque teórico puede comprender un grupo de posiciones de enfoque desarrolladas distribuidas a lo largo de una línea helicoidal cuyo eje se desarrolla paralelo a la dirección de propagación de la radiación.

Par obtener una medida para la precisión de posicionamiento de los componentes de exploración, el sistema de control se puede diseñar para detectar diferencias entre las posiciones de enfoque teórico y las posiciones de enfoque real y para comparar las diferencias determinadas con al menos un umbral de diferencias predeterminado. Especialmente, cuando el número de posiciones de enfoque teórico a comprobar preestablecido por el modelo de escaneo de prueba es en comparación reducido, por ejemplo en la gama baja de dos cifras, puede ser necesario que no se produzcan errores de posicionamiento, es decir, que todas las diferencias de teórico/real se encuentren dentro de los límites fijados por al menos un umbral de diferencias. En otros casos, en cambio, se puede tolerar cierto número de errores de posicionamiento. En todo caso, en una variante de realización preferida de la invención se especifica un número máximo para los casos en los que las diferencias detectadas rebasan un umbral de diferencias correspondiente. Este número máximo puede ser cero o un valor distinto a cero. Con preferencia el sistema de control se diseña para que autorice un funcionamiento del dispositivo láser con la fuente de láser conectada únicamente en el supuesto de que sólo rebase el umbral de diferencias correspondiente, como máximo, un número de diferencias detectadas establecido por el número máximo.

En caso contrario, el sistema de control bloqueará el dispositivo láser para evitar un funcionamiento con la fuente de láser conectada, con lo que no es posible ningún tratamiento con láser. Si la prueba de funcionamiento se realizara con resultado negativo, el sistema de control pasaría a un modo de bloqueo concebido, por ejemplo, de manera que

el sistema de control sólo pudiera salir del mismo después de una realización con resultado positivo de otra prueba de funcionamiento de los componentes de exploración.

Las reivindicaciones definen la invención que se describe a continuación con mayor detalle a la vista de los dibujos que se acompañan.

5 Se representan en la

Figura 1 en una representación esquemática en bloque, elementos de un dispositivo láser según un ejemplo de realización y

Figura 2 un ejemplo de un modelo de exploración de escaneo de prueba compuesto por posiciones de enfoque teórico discretas para el dispositivo láser de la figura 1.

10 El dispositivo láser de la figura 1, identificado en la misma generalmente con el número 10, sirve para el tratamiento incisivo de un objeto mostrado en el caso del ejemplo como ojo humano 12, por medio de radiación láser enfocada de impulsos ultracortos. Por impulsos ultracortos se entiende aquí una duración de impulsos del orden de femtosegundos hasta, como máximo, picosegundos de una sola cifra. El efecto aprovechado para el tratamiento incisivo consiste en un una rotura óptica inducida por el láser que conduce a una fotodisrupción dentro del material tratado (aquí tejido ocular). Mediante la disposición paralela de un a pluralidad de fotodisrupciones se pueden crear en el ojo 12 diversas figuras de incisión, generándolas especialmente en la córnea.

15 El dispositivo láser 10 comprende una fuente de láser Fs 14, que proporciona un rayo láser 16 que, después de recorrer una distancia óptica a lo largo de los distintos elementos dispuestos para guiar y formar el rayo, incide ya como láser enfocado 16' en el ojo 12. Los elementos mencionados para guiar y formar el rayo comprenden un sistema óptico de enfoque 18 formado, por ejemplo, por un objetivo F-theta así como por componentes de exploración 20 indicados aquí esquemáticamente por medio de un solo bloque.

20 Conviene destacar que la representación del sistema óptico de enfoque 18 y de los componentes de exploración 20 como bloques separados en la figura 1 sólo sirve para una mejor ilustración. También es perfectamente posible que una parte de los componentes ópticos responsables del enfoque del rayo láser 16 asuma la funcionalidad del escáner. No se excluye, por ejemplo, la posibilidad de que una o varias de las lentes dispuestas en el sistema óptico de enfoque 18 o el propio sistema de enfoque 18 se puedan regular como conjunto para el posicionamiento longitudinal del foco del rayo en dirección de propagación de la radiación. No obstante, en una variante de realización preferida los componentes ópticos que sirven para la exploración del rayo láser 16 se separan de los componentes ópticos que sirven para el enfoque del rayo láser 16 y se disponen, por consiguiente, fuera del sistema óptico de enfoque 18.

25 Los componentes para la exploración transversal del rayo láser 16 pueden comprender, por ejemplo, un par de espejos de desviación dispuestos de forma giratoria, cuyos ejes de giro se sitúan perpendiculares el uno respecto al otro, así como un accionamiento de galvanómetro controlable individualmente, en asignación a cada uno de los espejos de desviación. Estos espejos de desviación de accionamiento galvanométrico se conocen en el sector especializado, por lo que no es necesario describirlos en detalle.

30 Para la exploración longitudinal del foco del rayo, los componentes de exploración 20 pueden aprovechar, por ejemplo, una lente prevista como parte de un sistema óptico de extensión del rayo (no representado) dispuesta de forma regulable en dirección de propagación de la radiación para variar la divergencia del rayo láser 16 o ajustable en lo que se refiere a su capacidad refractaria. En este caso, un actuador correspondiente en forma de accionamiento lineal o una fuente de tensión controlable también pueden formar parte de los componentes de exploración 20.

35 Con un equipamiento mínimo del dispositivo láser 10, los componentes de exploración 20 se conciben en todo caso para la exploración transversal del rayo láser 16. En una variante de realización preferida los componentes de exploración se conciben además para la exploración longitudinal. Se sobreentiende que, además de las conformaciones indicadas a modo de ejemplo de los componentes de exploración 20, también se pueden emplear otros principios de actuación que permitan una exploración transversal y/o longitudinal, por ejemplo un sistema de desviación controlada del rayo en un cristal electro-óptico o un sistema de influenciación de la divergencia del rayo láser por deformación de un espejo óptico dispuesto en la trayectoria de propagación del rayo láser 16.

40 El dispositivo láser 10 contiene además un sistema de control 22 basado en un procesador para el control del funcionamiento del dispositivo láser. El sistema de control 22 se controla por medio de un programa; el programa de control se almacena en la memoria 24 del sistema de control 22.

45 Aunque el sistema de control 22 se represente en la figura 1 por medio de un único bloque, se entiende que sus funciones de control se pueden repartir entre diferentes módulos de control montados en distintas pletinas de control en diferentes módulos de construcción. El sistema de control 22 puede comprender, por ejemplo un módulo de control de exploración indicado a rayas en la referencia 22a, responsable del control de los componentes de exploración 20 e integrado, junto con éstos o junto con al menos una parte de los componentes de exploración 20, en un escáner premontado como componente separado. Las funciones de control restantes del sistema de control 22 se pueden agrupar, por ejemplo, en un módulo de control central 22b situado fuera de este escáner (trazado también a rayas), responsable, entre otros, de la sincronización del funcionamiento de la fuente láser 14 y del

funcionamiento de los componentes de exploración 20 y capaz de enviar los comandos de control correspondientes al módulo de control de exploración 22a para iniciar el proceso de exploración. Las operaciones de regulación concretas para el ajuste de los componentes de exploración 20 se controlan por medio del módulo de control de exploración 22a en función de datos de exploración apropiados cargados previamente en el módulo de control de exploración, que definen un modelo de escaneo a realizar.

De acuerdo con la distribución posible del sistema de control 22 entre módulos de control separados, también se puede distribuir la memoria 24 así como el programa de control mencionado entre módulos de programa separados, que a su vez se pueden almacenar en distintos módulos de memoria. Un módulo de memoria se puede integrar, por ejemplo, junto con el módulo de control de exploración 22, en el citado escáner y almacenar las partes del programa necesarias para el control de los componentes de exploración 20. Uno o varios módulos de memoria se pueden asignar, en cambio, al módulo de memoria central 22b y almacenar las demás partes del programa de control.

Al sistema de control 22 se conecta además una unidad de salida 26 en forma de un monitor, en el que se pueden reproducir los resultados de la prueba, a los que se hará referencia más adelante, obtenidos en el marco de una prueba de funcionamiento del dispositivo láser 10. Si bien no se representa en detalle en la figura 1, alternativa o adicionalmente al monitor 26 se puede conectar al sistema de control 22 una impresora para imprimir los resultados de la prueba.

En la figura 1 se indica además una cruz de coordenadas de tres ejes que, según la notación habitual, señala un plano transversal x-y ortogonal respecto a la dirección de propagación del rayo láser 16, mientras que el eje z define la dirección longitudinal de la propagación de la radiación.

El sistema de control 22 se diseña para realizar una prueba de funcionamiento con la fuente de láser 14 desconectada, en la que los componentes de exploración 20 o al menos parte de los mismos se controlan conforme a un modelo de exploración de prueba preestablecido. Este funcionamiento en seco, durante el cual la fuente de láser 14 no emite radiación láser, permite un control de la posición por medio del cual se puede garantizar que toda la zona, en la que el foco de radiación se puede ajustar nominalmente en dirección x, y, en su caso también z, sea accesible con la máxima precisión posible. El control de posición debe permitir especialmente una comprobación de posibles diferencias teórico/real de la posición del foco en toda la zona de exploración. La máxima zona de exploración, que en este caso es, suponiendo una capacidad de exploración tanto transversal como longitudinal, un espacio tridimensional, se define aquí también como campo de exploración disponible.

Los componentes de medición 30 indicados esquemáticamente como un solo bloque, se prevén para registrar mediante la técnica de medición el estado de regulación real de al menos una parte de los componentes de exploración 20 y para proporcionar los valores de medición correspondientes al sistema de control 22. Éste puede calcular, a partir de los valores de medición proporcionados, los valores para la posición real del foco de radiación. Para la detección de la posición real de un espejo de desviación giratorio dispuesto en los componentes de exploración 20, los componentes de medición 30 pueden comprender un detector de posición, como el que se muestra y describe en el documento EP 1 295 090 B1.

El sistema de control 22 puede almacenar las posiciones de enfoque real calculadas en la memoria 24, en asignación a las posiciones de enfoque teórico correspondientes. En caso de un tratamiento incisivo del ojo 12 las posiciones de enfoque teórico se especifican, por ejemplo en forma de tabla, mediante la indicación de los respectivos valores x, y, z. Una vez finalizado el tratamiento incisivo del ojo 12, el sistema de control 22 puede comparar los valores reales mientras tanto determinados de la posición de enfoque con los valores teóricos correspondientes y proporcionar a través del monitor 26 o de una impresora conectada la información correspondiente. El cirujano o un programa de evaluación de funcionamiento automático puede comprobar a la vista de los resultados de las comparaciones teórico/real, si el sistema de exploración funciona en todo el espacio de exploración disponible con la alta precisión exigida.

La prueba de funcionamiento antes mencionada resulta conveniente sobre todo (pero no únicamente) en el supuesto de que durante el proceso de exploración del dispositivo láser 10 de hecho se puedan registrar y almacenar por medio de los componentes de medición 30 valores de medición de la posición de enfoque real, pero sin que el dispositivo láser 10 estuviera preparado para evaluar y en su caso corregir las posiciones de enfoque real durante la exploración en cuanto a desviaciones respecto a las posiciones de enfoque teórico correspondientes, si éstas fueran inadmisibles. Esto puede ocurrir, por ejemplo cuando los datos teóricos y reales de la posición de enfoque no se pueden transmitir durante un proceso de exploración del módulo de control de exploración 22a al módulo de control central 22b, sino que el módulo de control central 22b sólo tiene acceso a dichos datos una vez terminado el proceso de exploración. La prueba de funcionamiento permite, por lo tanto, un control previo de la calidad de posicionamiento de los componentes de exploración 20. En función del resultado de la prueba de funcionamiento se puede comprobar que la precisión de exploración en el campo de exploración disponible es la suficiente como para proceder al tratamiento ocular previsto, o si hace falta adoptar medidas, como una sustitución de al menos una parte de los componentes de exploración, si la precisión de exploración no fuera suficiente.

La prueba de funcionamiento se puede llevar a cabo por medio del sistema de control 22, por ejemplo como reacción a un comando de control dado por parte del usuario para la realización de un tratamiento con láser (por ejemplo para un corte Flap en el marco de una intervención LASIK del ojo 12), iniciando el sistema de control el tratamiento láser sólo después de haberse realizado previamente con éxito una prueba de funcionamiento. En caso

contrario puede emitir, por ejemplo, un aviso apropiado en el monitor 26, que advierte al cirujano del resultado negativo de la prueba de funcionamiento y de la imposibilidad de llevar a cabo el tratamiento con láser previsto.

En relación con la explicación del modelo de exploración de prueba empleado en el marco de la prueba de funcionamiento se señala adicionalmente la figura 2. El modelo de exploración de prueba se compone de una pluralidad de posiciones de enfoque teórico discretas 32, cuyos calores de coordenadas x , y , z se habían cargado previamente en el sistema de control 22, especialmente en el módulo de control de exploración 22a. En el marco de la prueba de funcionamiento los componentes de exploración 20 se ajustan de manera que el acceso a las posiciones de enfoque teórico se produzca sucesivamente con rapidez. Los componentes de exploración 20 se controlan de manera continua hasta alcanzar una posición de enfoque teórico. El sistema de control de los componentes de exploración 20 se para después durante unos instantes antes de ajustar de nuevo los componentes de exploración 20 para acceder a la siguiente posición de enfoque teórico. En este sentido el proceso de ajuste de los componentes de exploración 20 es un proceso paso a paso, al contrario del recorrido continuo por una vía preestablecida.

En el ejemplo mostrado en la figura 2 las posiciones de enfoque teórico 32 se dividen en varios grupos (aquí en tres) asignados respectivamente a un plano transversal x , y . En cada plano transversal las posiciones de enfoque teórico 32 del grupo en cuestión se distribuyen a lo largo de una línea circular imaginaria 34 a distancias angulares regulares. Las líneas circulares imaginarias 34 se indican en la figura 2 de forma interrumpida. En el ejemplo de la figura 2 se prevén en total, por cada línea circular 34, cuatro posiciones de enfoque teórico 32, es decir, una posición de enfoque teórico por cuadrante. Se entiende que el número de posiciones de enfoque teórico 32 por plano transversal puede ser distinto, especialmente mayor. También se entiende que, al contrario que en el ejemplo representado, en el que el número de posiciones de enfoque teórico 32 es el mismo en cada plano transversal, este número puede variar en los distintos planos transversales.

En el ejemplo de la figura 2, las posiciones de enfoque teórico 32 se superponen longitudinalmente en los distintos planos transversales, es decir, se cubren unas a otras en dirección z . Esto tampoco es necesario; también sería posible elegir, de un plano transversal a otro, una disposición desplazada de las posiciones de enfoque teórico 32.

El orden cronológico de acceso a las distintas posiciones de enfoque teórico 32 se puede elegir discrecionalmente. Es conveniente acceder en primer lugar a todas las posiciones de enfoque teórico de un plano transversal antes de cambiar a las posiciones de enfoque teórico de otro plano transversal. Dentro de un plano transversal es posible acceder a las posiciones de enfoque teórico, por ejemplo individual y sucesivamente, a lo largo de la línea circular 34 en cuestión.

Suponiendo un campo de exploración disponible en forma de cilindro circular (es decir, un campo de exploración con un límite exterior transversal circular) las líneas circulares 34 se desarrollan, por ejemplo, por el límite exterior del campo de exploración disponible, con lo que las posiciones de enfoque teórico 32 sirven sobre todo para comprobar la precisión de exploración en los límites exteriores del campo de exploración disponible. También cabe la posibilidad de que las posiciones de enfoque teórico 32 se dispongan dentro del campo de exploración disponible a distancia de sus límites exteriores, si se desea un control de las posiciones de las zonas interiores del campo de exploración disponible.

Una vez accedido a una de las posiciones de enfoque teórico 32, y después de una breve parada de control de los componentes de exploración 20, se registra por medio de los componentes de medición 30 la posición de enfoque real, almacenándola en asignación a la correspondiente posición de enfoque teórico 32. La medición se produce, por lo tanto, con el sistema de exploración parado, es decir, durante una parada del movimiento de exploración. Para eliminar procesos de establecimiento en el resultado de medición, se espera después de alcanzar la posición de enfoque teórico durante unos instantes antes de proceder a la medición, por ejemplo durante unos milisegundos.

Después se continúa con el movimiento de exploración para acceder a la siguiente posición de enfoque teórico. Este proceso se repite para todas las posiciones de enfoque teórico 32. Puede ser suficiente considerar y almacenar para las posiciones de enfoque teórico 32 y/o las posiciones de enfoque real sólo una o dos coordenadas en lugar de las tres coordenadas del sistema de coordenadas xyz . Respecto a las posiciones de enfoque teórico 32 del modelo de exploración de prueba según la figura 2 puede ser suficiente, representar las posiciones de enfoque teórico y/o las posiciones de enfoque real, por ejemplo, sólo por medio del valor de coordenada z y de un valor de coordenada transversal, por ejemplo el valor de coordenada x . En la medida en la que el dispositivo láser 10 lo permita, también puede ser conveniente registrar, para todas las posiciones de enfoque teórico 32 y para todas las posiciones de enfoque real asignadas, los tres valores de coordenadas.

Después de ejecutar el modelo de exploración de prueba, el sistema de control 22 analiza las posiciones de enfoque real registradas con vistas a las diferencias respecto a las posiciones de enfoque teórico. En esta operación compara las diferencias detectadas con al menos uno de los umbrales preestablecidos. El sistema de control 22 puede determinar las diferencias entre las posiciones de enfoque teórico y las posiciones de enfoque real por separado y de forma individual para cada eje de coordenadas y compararlas con un umbral de diferencias asignado. El umbral de diferencias asignado puede ser el mismo para los ejes de coordenadas o distinto. Si se desea, el sistema de control 22 puede determinar además una diferencia detectada a lo largo de los distintos ejes de coordenadas, al estilo de una distancia euclidiana. La diferencia total así encontrada la puede comparar igualmente

con un umbral de diferencias asignado. Se entiende que el umbral de diferencias puede ser fijo o que el usuario lo puede elegir a través de una unidad de entrada conectada al sistema de control 22.

5 En el mejor de los casos todas las posiciones de enfoque real se encuentran dentro de los límites de diferencia fijados. Cuando al menos una de las posiciones de enfoque real difiere en una medida inadmisiblemente de la posición de enfoque teórico 32, el sistema de control 22 emite un aviso en el monitor 26. El aviso indica al usuario que la precisión de exploración es insuficiente. Como reacción, el sistema de control 22 puede pasar a un modo de bloqueo que impide un funcionamiento del dispositivo láser 10 con la fuente de láser 14 desconectada. Sólo después de la realización de otra prueba de funcionamiento con resultado positivo, en la que todas las posiciones de enfoque real se encuentran dentro de los límites de diferencia fijados, el sistema de control 22 vuelve a salir del modo de bloqueo y permite el funcionamiento del dispositivo láser 10 con la fuente de láser 14 conectada.

10 Alternativa o adicionalmente, el sistema de control 22 se puede diseñar para reproducir las posiciones de enfoque real, junto con las posiciones de enfoque teórico y/o con las diferencias de teórico/real registradas, sin más análisis, en el monitor 26 o de otra forma. En este caso será el usuario el que se encargue de la evaluación de los resultados de la prueba.

15 La prueba de funcionamiento descrita sirve para comprobar el comportamiento estático del sistema de exploración, especialmente la precisión de la localización de las posiciones y, además, para determinar si todas las vías de señales siguen funcionando correctamente, por ejemplo una conducción analógica de señales desde el circuito impreso del excitador a un escáner-servo así como a un canal de retorno desde un codificador (parte de los componentes de medición 30) al sistema de control 22.

20

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo láser, especialmente para la cirugía oftalmológica con láser, que comprende
- una fuente de láser (14) para la puesta a disposición de radiación láser,
 - componentes de exploración (20) controlables para el ajuste de una posición de enfoque de la radiación láser,
 - componentes de medición (30) para el registro de información representativa de una posición real del foco de radiación,
 - un sistema de control (22) que controla la fuente de láser (14) y los componentes de exploración (20) y que está diseñado para provocar la ejecución de una prueba de funcionamiento de al menos una parte de los componentes de exploración con la fuente de láser desconectada de acuerdo con un modelo de exploración de prueba preestablecido, representando el modelo de exploración de prueba una pluralidad de posiciones de enfoque teórico discretas (32) a las que hay que acceder sucesivamente y diseñándose el sistema de control (22) para parar en cada una de las posiciones de enfoque teórico el movimiento de exploración de los componentes de exploración (20) y para determinar, en asignación a cada una de las posiciones de enfoque teórico, respectivamente una posición de enfoque real sobre la base de las informaciones registradas por los componentes de medición (30) concibiéndose el sistema de control (22) para que determine diferencias entre las posiciones de enfoque teórico (32) y las posiciones de enfoque real, caracterizado por que el sistema de control se concibe además para comparar las diferencias encontradas con al menos un umbral de diferencias preestablecido y para autorizar el funcionamiento del dispositivo láser con la fuente de láser (14) conectada sólo si un máximo número de diferencias preestablecido de las diferencias detectadas no rebasa un umbral de diferencias correspondiente.
2. Dispositivo láser según la reivindicación 1, comprendiendo las posiciones de enfoque teórico (32) al menos un grupo de posiciones de enfoque distribuidas en un plano transversal ortogonal respecto a la dirección de propagación de la radiación.
3. Dispositivo láser según la reivindicación 2, comprendiendo las posiciones de enfoque teórico (32) al menos un grupo de posiciones de enfoque dispuestas preferiblemente a distancias angulares regulares en el plano transversal a lo largo de una línea circular (34).
4. Dispositivo láser según una de las reivindicaciones 1 a 3, distribuyéndose al menos una parte de las posiciones de enfoque teórico (32) en dirección de propagación de la radiación.
5. Dispositivo láser según la reivindicación 4, comprendiendo las posiciones de enfoque teórico (32) varios grupos de posiciones de enfoque distribuidas en diferentes planos transversales ortogonales respecto a la dirección de propagación de la radiación.
6. Dispositivo láser según una de las reivindicaciones 1 a 5, disponiéndose al menos un número parcial de las posiciones de enfoque teórico (32) y, en el supuesto de desearlo, incluso todas las posiciones de enfoque teórico, en el borde un campo de exploración máximo establecido.
7. Dispositivo láser según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, diseñándose el sistema de control (22) para autorizar el funcionamiento del dispositivo láser con la fuente de láser (14) conectada únicamente si ninguna de las diferencias detectadas rebasa el umbral de diferencias correspondiente.

FIG 1

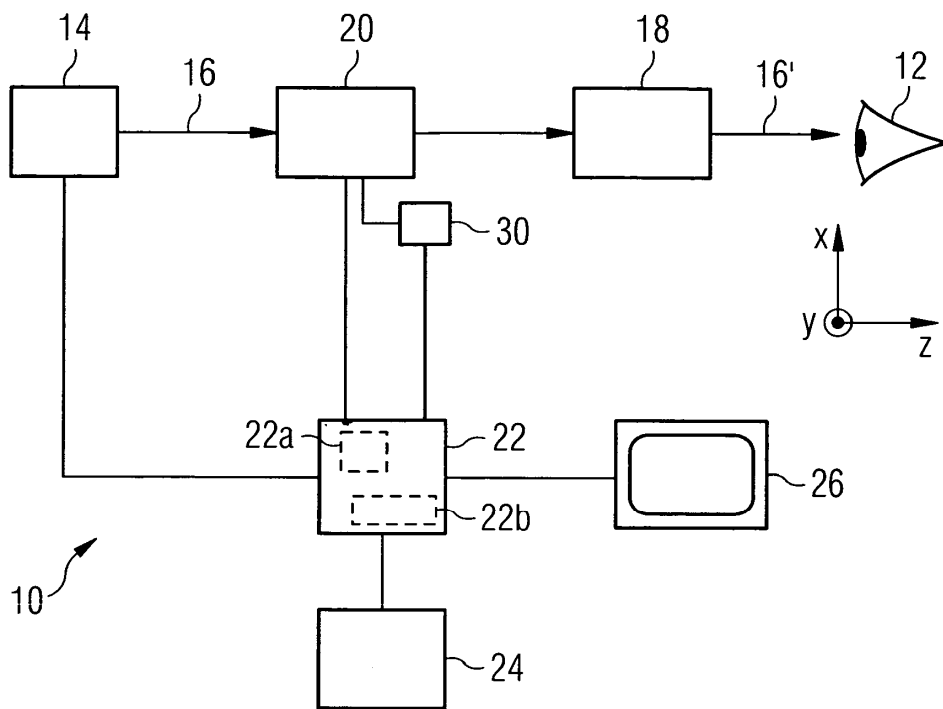


FIG 2

