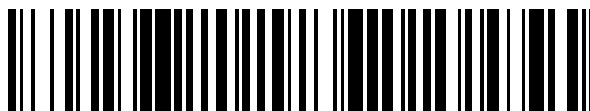


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 522 619**

51 Int. Cl.:

B23K 26/03 (2006.01)

B23K 26/36 (2014.01)

B23K 26/40 (2014.01)

A61F 9/008 (2006.01)

G01B 9/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.08.2008 E 08785759 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.09.2014 EP 2328711**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para calibrar la energía de impulso de un dispositivo láser utilizando un dispositivo de medición interferométrico de óptica de coherencia**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.11.2014

73 Titular/es:

**WAVELIGHT GMBH (100.0%)
Am Wolfsmantel 5
91058 Erlangen, DE**

72 Inventor/es:

**RIEDEL, PETER y
DONITZKY, CHRISTOF**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 522 619 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

Procedimiento y dispositivo para calibrar la energía de impulso de un dispositivo láser utilizando un dispositivo de medición interferométrico de óptica de coherencia.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para calibrar la energía de impulso de un dispositivo láser que proporciona radiación de láser de trabajo pulsada. Durante el procedimiento se llevan a cabo, mediante la radiación de láser de trabajo, varias ablaciones de prueba, en especial ablaciones de prueba de impulso múltiple, en uno o varios objetos de prueba con en cada caso una energía de impulso diferente. Se mide la profundidad de ablación de cada una de las ablaciones de prueba y se determina una energía de impulso teórica correspondiente, sobre la base de las profundidades de ablación medidas y de una profundidad de ablación teórica predeterminada. Esta energía de impulso teórica se ajusta en el dispositivo láser (ver el documento US 2004/147910 A).

15 La presente invención se refiere además a un dispositivo láser para realizar la calibración de la energía de un láser de trabajo, según el preámbulo de la reivindicación 5.

El procedimiento descrito anteriormente, así como el dispositivo láser mencionado se utilizan, entre otras cosas, en la cirugía láser refractiva oftalmológica.

20 Por cirugía láser refractiva debe entenderse aquí la modificación de las propiedades de representación de un sistema óptico "ojo" mediante radiación láser. La interacción de la radiación láser incidente con el ojo modifica las propiedades de refracción de uno o varios componentes del ojo. Dado que para las propiedades de representación del ojo la córnea es determinante, la cirugía láser del ojo incluye, en muchos casos, un tratamiento de la córnea. Mediante retirada de material (ablación de material) selectiva se da lugar al mismo tiempo a una modificación de la forma de la córnea. Por ello se habla también de una nueva conformación de la córnea.

25 Un ejemplo conocido de la cirugía oftalmológica refractiva es la LASIK (LASer-In-Situ-Keratomileusis), en la cual se retira (ablaciona) tejido de la córnea, con el fin de conformar de nuevo la córnea para la corrección de problemas de visión. Para la ablación del tejido de la córnea se utiliza, por regla general, un láser excímero en el rango del UV (típicamente 193 nm). La radiación láser se conduce, en lo que respecta al tiempo y el lugar, de tal manera sobre el ojo que en puntos elegidos de la córnea se ablaciona una cantidad determinada de tejido, Esta ablación es descrita mediante el llamado perfil de ablación, es decir que el perfil de ablación indica la ablación que hay que llevar a cabo en cada punto de la córnea.

35 El perfil de ablación se calcula, por regla general, para el ojo que hay que corregir antes de la realización de la intervención quirúrgica. La base de este cálculo es una medición del ojo en su estado real. Para esta medición del ojo se conocen diferentes técnicas por el estado de la técnica, en particular, aparatos de medición topográfica (llamados Topolyser), analizadores de frente de ondas, aparatos de Scheimpflug, paquímetros así como la determinación subjetiva de la refracción.

40 El perfil de ablación se calcula de tal manera que después de la operación la córnea tenga una forma óptima para el ojo tratado y se hayan corregido lo más ampliamente posible distorsiones ópticas de la imagen existentes con anterioridad. Para el cálculo del perfil de ablación el mundo profesional dispone, desde hace tiempo, de métodos adecuados.

45 Si se ha determinado el perfil de ablación para el ojo que hay que tratar se calcula a continuación como se puede conseguir de la mejor manera posible la retirada deseada con la radiación láser de la que se dispone. Para ello hay que encontrar y tener en cuenta una relación entre la densidad de energía del impulso láser y la retirada de material a que se da lugar con ella. Esta relación constituye la base para una calibración el láser de trabajo para un material de hay que tratar y para una retirada de material definida. Además de la densidad de energía del impulso láser influye una serie de otros parámetros sobre la magnitud de la retirada de material como, por ejemplo, las propias propiedades del material, la temperatura del material, la estructuración superficial, etc., si bien en el presente caso hay que considerar en primer lugar una variación de la energía de impulso. El programa de control para los impulsos láser se calcula con la suposición de una retirada determinada constante por impulso. Por ello es importante que se ajuste siempre en el sistema láser la energía que dé lugar exactamente a esta retirada supuesta/exigida.

En la cirugía oftalmológica se conocen métodos estructurados de forma diferente para calibrar la energía de láseres en cuanto al efecto de la luz láser pulsada con la materia que hay que tratar:

60 En un primer método se lleva a cabo, mediante el rayo láser que hay que calibrar, una ablación sobre una lámina de condensador especial. La ablación provoca un cambio de color el cual sirve entonces como medida de la energía que se ha aplicado sobre la lámina para la ablación.

65 En otro método para calibrar la energía se aplica una ablación refractiva sobre una muestra de polimetilmetacrilato (PMMA). A continuación se determina la modificación de la refracción en el punto de ablación mediante un refractómetro del ángulo vertical.

Además se desarrolló un procedimiento en el cual sobre un disco de prueba de fluencia de PMMA se lleva a cabo una ablación de prueba definida. Por fluencia se entiende aquí la energía del rayo láser por superficie. La profundidad de ablación de la ablación de prueba se mide mediante un explorador mecánico. Si la profundidad de ablación se encuentra en un margen predeterminado la energía del sistema láser está correctamente ajustada.

Los procedimientos mencionados con anterioridad y los sistemas correspondientes presentan, sin embargo, diferentes desventajas. En caso de utilización de la medición mecánica descrita anteriormente de un disco de prueba de fluencia hecho de PMMA tiene que decidir el usuario, por ejemplo, después de cada ablación y medición, si la energía ajustada debe ser reajustada o si está ya ajustada correctamente. Con el fin de alcanzar el valor teórico a que se aspira para la energía del rayo láser puede suceder que el usuario tenga que repetir varias veces este procedimiento. Esto es parcialmente complicado para el usuario dado que debe "aproximarse" paso a paso, mediante aumento o reducción de la energía de rayo, a la profundidad de ablación óptima y con ello a la energía de rayo deseada.

La presente invención se plantea el problema de proponer un procedimiento de calibración de la energía mejorado así como un dispositivo láser correspondiente, los cuales eviten las desventajas mencionadas.

Un procedimiento y un dispositivo según la invención están definidos en las reivindicaciones 1 y 5.

La determinación sin contacto de la profundidad de ablación y la capacidad de integración del procedimiento de medición permiten un planteamiento completamente nuevo de la determinación de la profundidad de ablación en el objeto de prueba. De este modo se puede, por un lado, mejorar la calibración de la energía de impulso para que, por ejemplo, justo después de la ablación de prueba se mida el objeto de prueba, sin que para ello haya que mover el objeto de prueba y conseguir, de este modo, una automatización del procedimiento de calibración. Además, se mejora la precisión de la calibración, dado que mediante el dispositivo de medición interferométrico de óptica de coherencia se puede determinar y ajustar, simultáneamente a la profundidad de ablación, la posición relativa del objeto de prueba con respecto al plano de trabajo del dispositivo láser. Esto permite una determinación mejor de la energía de impulso del láser de trabajo, debido a que está mejor adaptada a la situación de utilización posterior.

De acuerdo con una forma de realización ventajosa del procedimiento el dispositivo de medición funciona según el principio de OLCR ("OLCR = Optical Low Coherence Reflectometrie"/reflectometría óptica de baja coherencia). Este principio de medición se utiliza en la paquimetría durante la medición del grosor de la córnea. La invención enseña por consiguiente a utilizar un procedimiento de medición adecuado para medir el grosor de la córnea para medir la profundidad de ablación de una ablación de prueba en el objeto de prueba. Por consiguiente se puede determinar de forma precisa y reproducible una variación de las propiedades refractivas del objeto de prueba, originadas mediante la ablación.

Una integración del dispositivo de medición interferométrico se puede llevar a cabo de forma sencilla según la invención cuando las profundidades de ablación se miden mediante un rayo de medición que discurre con el mismo eje del dispositivo de medición. Se pueden utilizar simultáneamente dispositivos ópticos ya existentes, como p. ej. espejos, lentes, etc., los cuales sirven para la conducción y la formación del rayo láser de trabajo, para el rayo de medición del dispositivo de medición. Para la automatización del proceso de calibración de la energía se llevan a cabo, según la invención, varias ablaciones de prueba en el mismo objeto de prueba y éste se mueve entre ablaciones de prueba consecutivas con respecto al dispositivo de medición. En particular, puede estar previsto que el objeto de prueba no se movido manualmente sino mediante motor, de manera que se pueda llevar a cabo una serie de ablaciones de prueba en el objeto de prueba sin la intervención del usuario.

De acuerdo con la invención está previsto que las ablaciones parciales se dispongan a distancia radial con respecto al centro del disco de un disco de prueba utilizado como objeto de prueba y se gire, un ángulo de giro predeterminado, un plato de giro portador del disco de prueba entre ablaciones de prueba consecutivas. Las ablaciones de prueba están distribuidas, por consiguiente, de manera uniforme con una distancia máxima entre sí sobre el disco de prueba y se realiza un movimiento del objeto de prueba de una manera técnicamente sencilla. Se reduce o impide una falsificación del resultado de medición por parte de una precipitación de material de ablaciones contiguas.

En un procedimiento según la invención puede estar previsto además que en un objeto de prueba, en particular en un objeto de prueba dotado con por lo menos una ablación de prueba, se lleve a cabo una ablación de control con la energía de impulso teórica determinada y que la profundidad de ablación de la ablación de control sea medida, a continuación, con el dispositivo de medición. Esto tiene sentido, en particular, después de una serie de ablaciones de prueba en el objeto de prueba. Tras la determinación de las profundidades de ablación de las varias ablaciones de prueba se puede deducir, por ejemplo, con la suposición de una relación funcional entre la energía de impulso aplicada y la profundidad de ablación, una energía de impulso teórica correlacionada con la profundidad de ablación teórica. Llevando a cabo una ablación de control con la energía de impulso teórica se puede verificar si esta energía de impulso teórica conduce a la profundidad de ablación teórica deseada.

Para la refrigeración del objeto de prueba o de los objetos de prueba o/y para mantener limpia la zona por encima de las ablaciones de prueba es recomendable generar una corriente de aire y dirigirla, por lo menos, sobre la parte ablacionada de un objeto de prueba. Esto puede tener lugar ya durante la realización de una ablación de prueba o, por lo menos, después, para retirar por soplado eventuales productos de ablación en las nubes de ablación inevitables, para una medición óptica precisa de los cráteres de ablación.

Además del procedimiento según la invención descrito para calibrar la energía de impulso se refleja también la idea de la invención en un dispositivo láser (ver la reivindicación 5).

La invención se explica a continuación sobre la base de los dibujos adjuntos, en los que:

la Fig. 1 muestra un diagrama de flujo de un ejemplo de realización según la invención para un procedimiento para calibrar la energía de un dispositivo láser,

la Fig. 2 muestra un diagrama energía-profundidad de ablación para diferentes ablaciones de prueba realizadas,

las Figs. 3a y 3b muestran, en representación esquemática de bloques, una forma de realización según la invención de un dispositivo láser antes y después de una ablación de prueba,

las Figs. 4a y 4b muestra un módulo de posicionamiento para la sujeción de posición variable definida de un objeto de prueba en vista superior o lateral, así como

la Fig. 5 muestra un objeto de prueba dotado con puntos de ablación de prueba y un punto de ablación de control en vista superior.

En la Fig. 1 está representada una posible forma de realización de un procedimiento según la invención con los pasos S1-S8. Para calibrar la energía de impulso de un dispositivo láser que proporciona radiación de láser se ajusta, en primer lugar, en el dispositivo láser una primera energía de impulso (S1). Este primer valor de la energía de impulso puede estar o bien en las proximidades de la energía teórica deseada o estar situado en un borde de una zona que cubre la energía de impulso deseada.

Con esta primera energía de impulso ajustada se lleva a cabo una ablación de prueba en un objeto de prueba, p. ej. con varios miles de impulsos láser (S2). Al mismo tiempo se retira, en el punto de la ablación de prueba, mediante la energía de impulso del rayo láser de trabajo que incide, una determinada cantidad del material del objeto de prueba, de manera que se forma una depresión sobre el objeto de prueba.

Esta profundidad de ablación se determina mediante un paquímetro (S3). Mediante la paquimetría es posible ajustar de manera exacta la distancia del objeto de prueba con respecto al dispositivo láser y medir, de forma simultánea, el grosor del objeto de prueba. Un material adecuado para el objeto de prueba debería presentar, durante la ablación, o bien una interacción con el rayo láser de trabajo, que sea comparable con la existente más tarde entre el objeto objetivo (p. ej. la córnea) y su rayo láser de trabajo. O se utiliza un material cuya reacción a los impulsos láser incidentes sea diferente (p. ej. tenga diferente intensidad) en comparación con el material (p. ej. tejido biológico) que haya que tratar más tarde, para el cual se conozca sin embargo la relación entre la reacción del material de prueba y la reacción del material que hay que tratar, por lo menos en una aproximación basta, por ejemplo mediante datos empíricos. El material del objeto de prueba debe ser además accesible a una paquimetría. A este respecto ha resultado ser especialmente adecuado el material polimetilmetacrilato (PMMA) en forma de plaquitas delgadas. Tras la determinación de la profundidad de punto de ablación existe un primer par de valores profundidad de ablación-energía de impulso.

Partiendo de este valor de medición se varía la energía de impulso para una ablación de prueba posterior (S4). Con este propósito se aumenta/disminuye, partiendo de la primera energía de impulso, la siguiente energía de impulso un paso. De forma alternativa a esta exploración paso a paso de una zona de energía son imaginables también otros procedimientos. Por ejemplo, se podría determinar el valor de energía teórico también mediante un procedimiento iterativo de encaje de intervalos.

El procedimiento se prosigue con la nueva realización de los pasos S2-S4, hasta que o bien se ha recorrido la zona de energía de impulso determinada con anterioridad o el objeto de prueba está dotado con el número máximo de ablaciones de prueba.

A continuación se determina (S5) una relación entre las profundidades de ablación medidas y las correspondientes energías de impulso. Para ello se puede partir, por ejemplo, de la relación lineal de la profundidad de ablación con respecto a la energía de impulso y adaptar a los pares de valores energía de impulso-profundidad de ablación una recta de compensación ("ajuste lineal"). En su caso se pueden llevar a cabo análisis de regresión de orden alto o adaptaciones según otros modelos.

A partir de la relación funcional determinada de esta forma se puede calcular la energía teórica necesaria a partir de

la profundidad de ablación teórica (S6).

El valor de energía teórico es ajustado y se lleva a cabo una ablación de control con la energía teórica determinada (S7). La profundidad de ablación de la ablación de control, determinada de acuerdo con ello, debería corresponder ahora a la profundidad de ablación teórica deseada, lo que se verifica (S8) mediante una comparación de la profundidad de ablación de control con la profundidad de ablación teórica.

De este modo el láser de trabajo está calibrado, tras la realización del procedimiento según la invención, de forma sencilla y exacta en lo que a su efecto de ablación se refiere y está preparado, por ejemplo, para la realización de una cirugía láser oftalmológica.

La Fig. 2 muestra un ejemplo de un procedimiento de calibración de este tipo de acuerdo con el procedimiento según la invención. En el diagrama está indicada sobre la abscisa la energía de un impulso láser en mJ, está indicada una zona de 1,58-1,76 mJ. Se llevaron a cabo ablaciones de prueba con los valores de energía 1,60 mJ, 1,65 mJ, 1,70 mJ y 1,75 mJ. Las profundidades de ablación determinadas mediante paquimetría están recogidas en el eje de ordenadas en μm , en una zona de 35-75 μm . Las profundidades de ablación asignadas a los valores de energía de impulso son 55 μm , 60 μm , 65 μm y 70 μm . A estos cuatro pares de valores medidos A-D se puede adaptar la siguiente recta de compensación:

$$\gamma = 100x - 105$$

Aquí el parámetro γ representa la profundidad de ablación en μm y el parámetro x representa la energía del impulso láser en mJ. Si, por ejemplo, la profundidad de ablación teórica es de 63,5 μm , lo que está indicado en el diagrama mediante el símbolo E_y , resulta para la energía teórica propuesta 1,658 mJ. Este valor está designado en el diagrama mediante el símbolo E_x .

Evidentemente, la utilización de una regresión lineal es únicamente una de muchas posibilidades para determinar, a partir de los pares de valores medidos, la energía teórica deseada para la profundidad de ablación predeterminada.

El dispositivo láser 100 representado en las Figuras 3a y 3b está concebido, por ejemplo, para la cirugía láser oftalmológica y comprende como fuente de radiación láser un láser de trabajo 110, adecuado para ablaciones de córnea, el cual emite radiación pulsada, un Eyetracker 120, el cual sirve para el seguimiento de los movimientos del ojo durante el tratamiento de la córnea, así como una luz de fijación 140, que debe ser fijada por el paciente durante el tratamiento de la córnea, con el fin de mantener los movimientos del ojo lo más pequeños posible. En el dispositivo láser 100 está integrado, además, un paquímetro 130, el cual es adecuado para el registro del grosor de la córnea mediante OLCR ("Optical Low Coherence Reflectometrie"/reflectometría óptica de baja coherencia). Todos los componentes 110-140 mencionados funcionan sobre un eje óptico X común, el cual se realiza mediante diferentes componentes ópticos tales como espejos, lentes, etc. Estos componentes ópticos están indicados en las Figuras 3a y 3b únicamente de forma esquemática como espejos 160. Además de los componentes mencionados y en sí conocidos con anterioridad, el dispositivo láser según la invención presenta un módulo de posicionamiento 170 así como un ordenador 150. El módulo de posicionamiento 170 está representado únicamente de forma esquemática como bloque, una descripción detallada del mismo se encuentra en relación con las Figuras 4a y 4b. Dispuesto de forma intercambiable sobre el módulo de posicionamiento está un llamado disco de prueba de fluencia 180 hecho de polimetilmetacrilato (PMMA). Tanto los componentes 110-140 como también el módulo de posicionamiento 170 están conectados mediante conducciones de control 190 con el ordenador 150. El ordenador presenta un programa de control 200, el cual está concebido para el control de los componentes 110-140 así como del módulo de posicionamiento 170.

Para la determinación de una energía de impulso teórica del dispositivo láser 100 se determinan tanto la distancia del disco de prueba de fluencia 180 con respecto al dispositivo láser 100, en particular con respecto al paquímetro 130, representado mediante una flecha doble 210, así como también el grosor del disco de prueba de fluencia 180, representado por otra flecha doble 220. Partiendo de estos datos de medición se disponen el láser de trabajo 110 y el módulo de posicionamiento 170 de tal manera que pueden llevar a cabo varias ablaciones de prueba sobre distintos puntos del disco de prueba de fluencia 180. En la Fig. 3b está indicada, de forma esquemática, una ablación de prueba 230 de este tipo. Directamente después de la realización de una ablación de prueba se mide el punto de ablación de prueba 230 mediante un paquímetro 130, de manera que se determina la profundidad de ablación resultante. Esto está indicado en la Fig. 3b de forma esquemática en el signo de referencia 240. Tras la realización de una serie de ablaciones de prueba para diferentes energías de impulso, como se ha descrito ya con anterioridad en relación con las Figuras 1 y 2, se puede determinar la energía de impulso deseada para una profundidad de ablación objetivo.

En las Figuras 4a y 4b está representado con mayor detalle el módulo de posicionamiento 170, mencionado ya en relación con las Figuras 3a y 3b. La Fig. 4a muestra una vista superior esquemática, mientras que la Fig. 4b muestra una vista lateral esquemática del módulo de posicionamiento. El módulo de posicionamiento 170 presenta una carcasa 171. En su lado superior está prevista una placa de alojamiento 172 para el alojamiento del disco de prueba de fluencia 180, estando dispuesta la placa de alojamiento 172 en un dispositivo de alojamiento 173, el cual está

conectado de forma fija con la carcasa 171. En el dispositivo de alojamiento 173 está integrada una abertura de salida de aire 174.

5 El disco de prueba de fluencia 180 es sujetado por la placa de alojamiento 172. Si se lleva a cabo una serie de ablaciones de prueba se distribuyen los puntos de ablación de prueba 230 de manera uniforme en un ángulo de 90° sobre el disco de prueba de fluencia 180, gracias a que el disco de prueba de fluencia es girado 90°, entre las
10 ablaciones de prueba individuales, por ejemplo en sentido antihorario, p. ej. mediante un accionamiento a motor controlado por el ordenador. Esto está indicado en la Fig. 4a mediante la flecha 175. Para garantizar resultados de medición reproducibles se orienta, sobre el lado superior del disco de prueba de fluencia, una corriente de aire, la
15 cual sale por la abertura 174 y pasa por encima de la superficie del disco de prueba de fluencia 180. La corriente de aire puede servir para retirar un eventual calor. Un soplador para generar la corriente de aire así como un servomotor para el accionamiento de giro de la placa de alojamiento 172 (ambos no representados) pueden estar alojados, por ejemplo, en la carcasa 171. La corriente de aire está orientada, de forma adecuada, de tal manera que puede retirar productos de ablación en la nube de ablación que se forma sobre el disco de prueba y mantener de este modo la zona situada por encima del disco limpia y libre de partículas perturbadoras.

La Fig. 5 representa una vista ampliada de un disco de prueba de fluencia 180. Un disco de prueba de fluencia circular de este tipo puede estar hecho, por ejemplo, de polimetilmetacrilato (PMMA), tener un radio de 30 mm y tener un grosor de aproximadamente 4 mm. Evidentemente se puede fabricar un disco de prueba de fluencia con
20 formas discretivas (por ejemplo, cuadrado, en forma de tira, etc.) así como con diferentes dimensiones, las cuales se diferencian de las anteriores. El disco de prueba de fluencia 180 presenta cuatro puntos de ablación 230-233 periféricos los cuales están dispuestos aquí, a distancias iguales entre sí, lo más cercanos posible al borde. El propósito y el objetivo de esta disposición es evitar un ensuciamiento de las superficies que hay que utilizar todavía para la ablación sobre el disco por parte de productos de ablación de una ablación de prueba anterior, asegurando
25 una distancia lo mayor posible de los puntos de test de ablación 230-233 entre sí.

En posición central del disco de prueba de fluencia está dispuesto un punto ablación de prueba de control 234, el cual es ablacionado con un energía de impulso, la cual corresponde a la energía teórica determinada, tras la
30 medición de la profundidad de ablación de las ablaciones de prueba en los puntos de ablación 230-233 y la evaluación de las profundidades de ablación. El punto de ablación de control 234 puede ser medido asimismo con el paquímetro 130, en caso de proporcionarse una mecánica de movimiento adecuada. De forma alternativa a ello puede utilizarse también un método de medición mecánico como, por ejemplo, la medición mediante un explorador de medición de la profundidad. Mediante la utilización de dos métodos de medición independientes se alcanza una
35 menor probabilidad de error.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para calibrar la energía de impulso de un dispositivo láser que proporciona una radiación láser de trabajo pulsada, llevándose a cabo durante el procedimiento, mediante la radiación de láser de trabajo, varias ablaciones de prueba, en particular ablaciones de prueba de impulso múltiple, en uno o varios objetos de prueba con una energía de impulso diferente V, midiéndose además la profundidad de ablación de cada una de las ablaciones de prueba y determinándose, a continuación, una energía de impulso teórica correspondiente, sobre la base de las profundidades de ablación medidas y de una profundidad de ablación teórica predeterminada, y ajustándose en el dispositivo láser
- caracterizado por que, las profundidades de ablación se miden mediante un dispositivo de medición interferométrico de óptica de coherencia, por que las profundidades de ablación se miden mediante un rayo de medición del dispositivo de medición que discurre a lo largo de la dirección de la radiación de láser de trabajo y por que se llevan a cabo varias ablaciones de prueba en el mismo objeto de prueba y éste es movido, entre las ablaciones de prueba consecutivas, con respecto al dispositivo de medición, siendo dispuestas las ablaciones de prueba a una distancia radial del centro del disco de un disco de prueba utilizado como objeto de prueba y siendo girado el disco de prueba según un ángulo de giro predeterminado entre las ablaciones de prueba consecutivas,.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el dispositivo de medición funciona de acuerdo con el principio de la OLCR.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en un objeto de prueba, en particular, un objeto de prueba provisto de por lo menos una de las ablaciones de prueba, se lleva a cabo una ablación de control con la energía de impulso teórica determinada y a continuación, se mide la profundidad de ablación de la ablación de control con el dispositivo de medición.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se genera una corriente de aire y se orienta por lo menos sobre la parte ablacionada del objeto de prueba.
5. Dispositivo láser, en particular para realizar el procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende:
- una fuente de radiación láser (110), la cual proporciona radiación láser de trabajo pulsada para el tratamiento de un objeto, caracterizada por que comprende:
 - un dispositivo de medición (130) interferométrico de óptica de coherencia para medir, por lo menos, una medida de longitud mediante la utilización de un rayo de medición que discurre a lo largo de la dirección de la radiación láser de trabajo,
 - un módulo de posicionamiento (170) controlable para posicionar un objeto de prueba (180) en varias posiciones definidas con respecto a la fuente de radiación láser (110), presentando el módulo de posicionamiento una placa de alojamiento para alojar un disco de prueba que se utiliza como objeto de prueba así como un servomotor para el accionamiento de giro de la placa de alojamiento,
 - un ordenador que controla la fuente de radiación láser (110), el dispositivo de medición (130) y el módulo de posicionamiento (170), el cual está concebido para llevar a cabo, bajo el control de un programa de control (200), las siguientes acciones para calibrar la fuente de radiación láser (110):
 - la realización de varias ablaciones de prueba, en particular, ablaciones de prueba de impulso múltiple, en el mismo objeto de prueba mediante la radiación láser de trabajo con una energía de impulso diferente en cada caso, estando dispuestas las ablaciones de prueba a una distancia radial del centro del disco del disco utilizado como objeto de prueba,
 - el control del módulo de posicionamiento, para mover el disco de prueba, entre las ablaciones de prueba consecutivas, mediante giro con un ángulo de giro predeterminado a diferentes posiciones relativas con respecto a la fuente de radiación láser,
 - la medición de la profundidad de ablación de cada una de las ablaciones de prueba mediante el dispositivo de medición (130),
 - la determinación de una energía de impulso teórica sobre la base de las profundidades de ablación medidas y de una profundidad de ablación teórica predeterminada y, en su caso, el ajuste de la energía de impulso teórica determinada para la radiación láser de trabajo.

Fig. 1

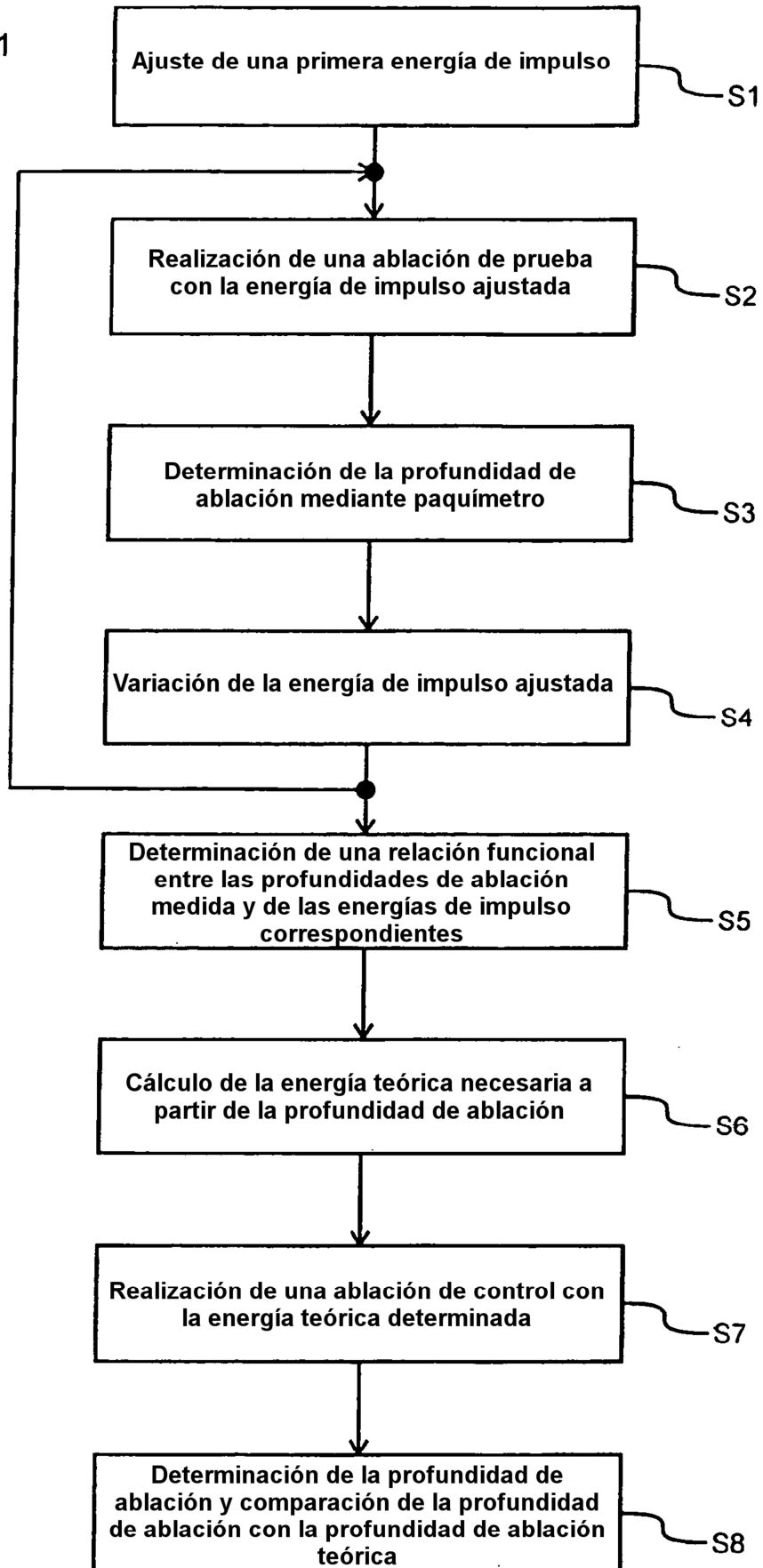


Fig. 3a

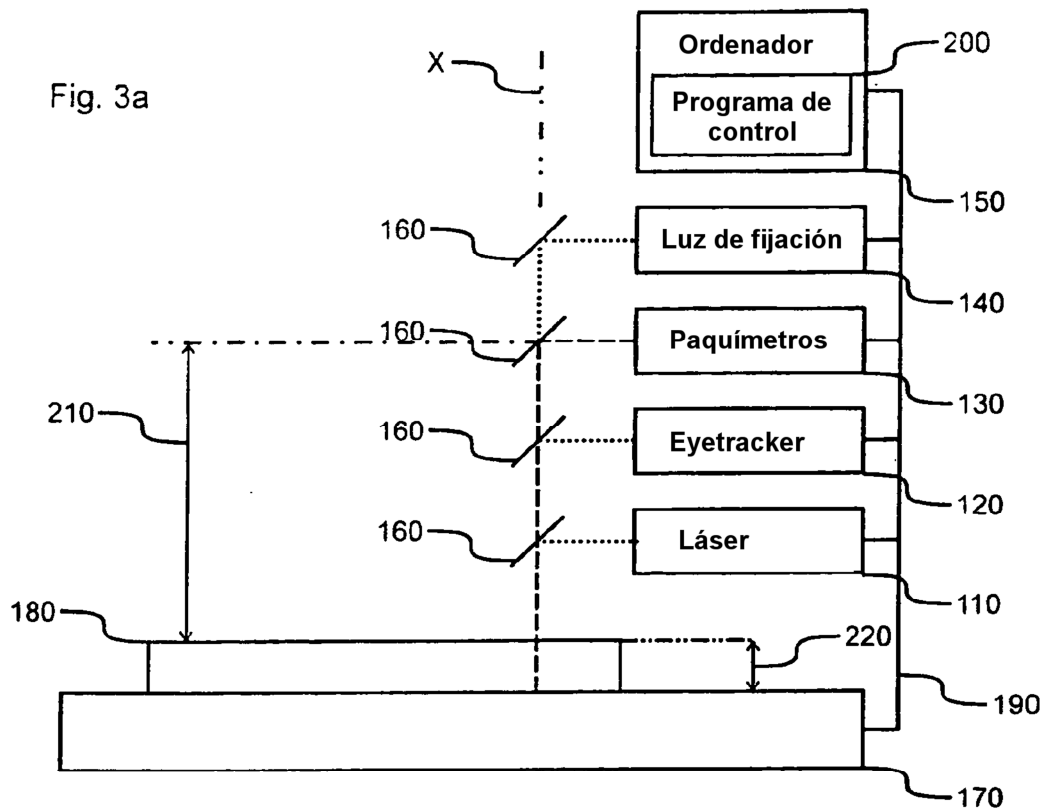
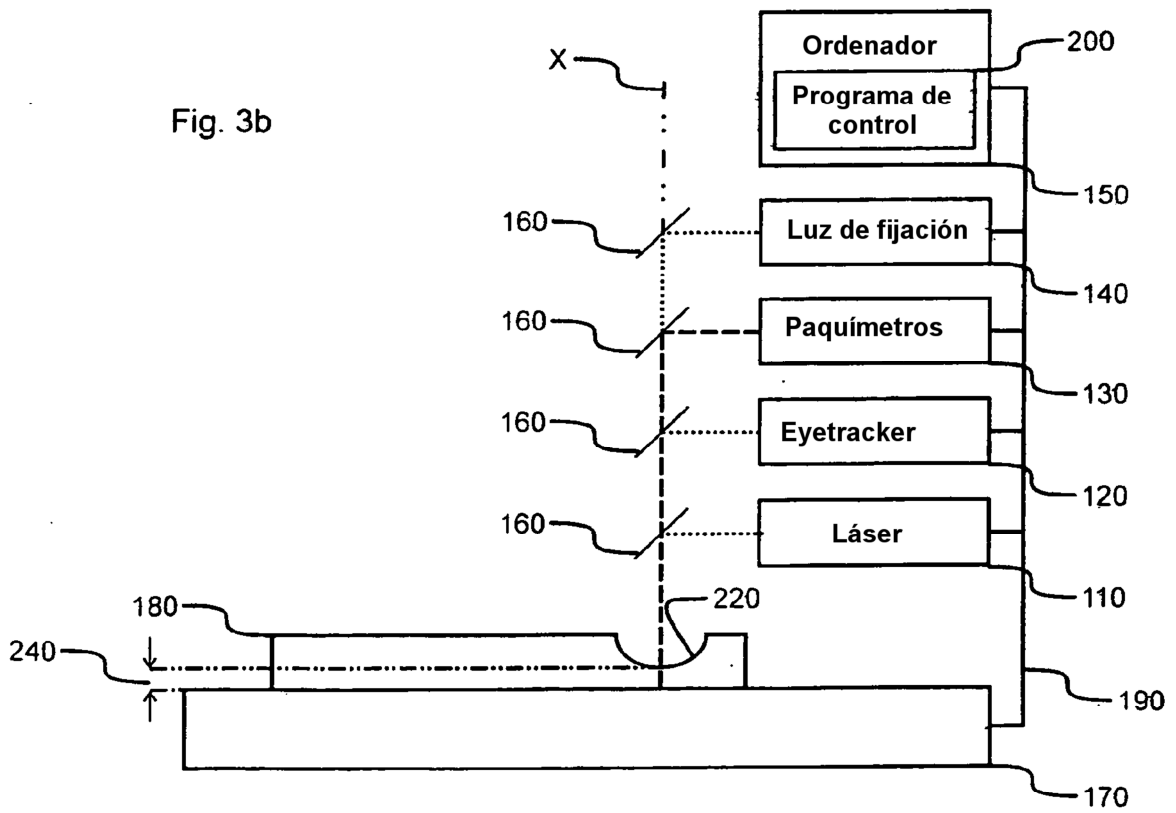


Fig. 3b



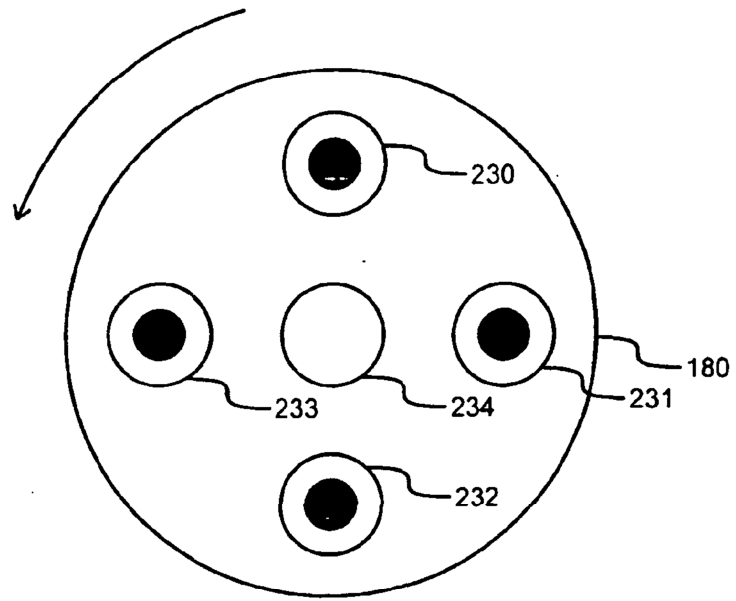


Fig 5

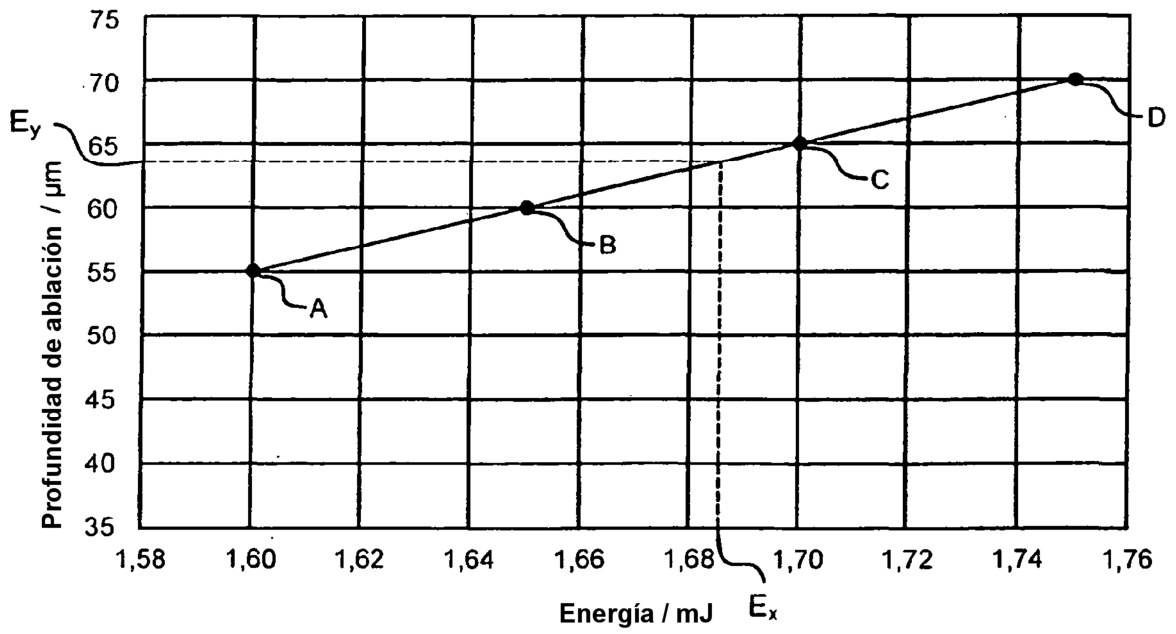


Fig. 2

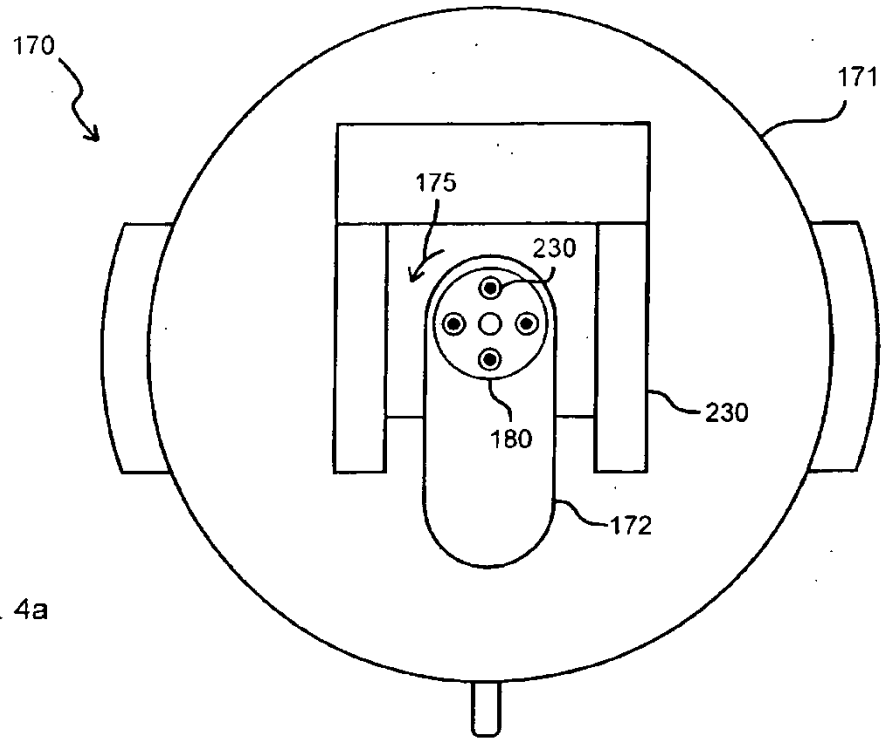


Fig. 4a

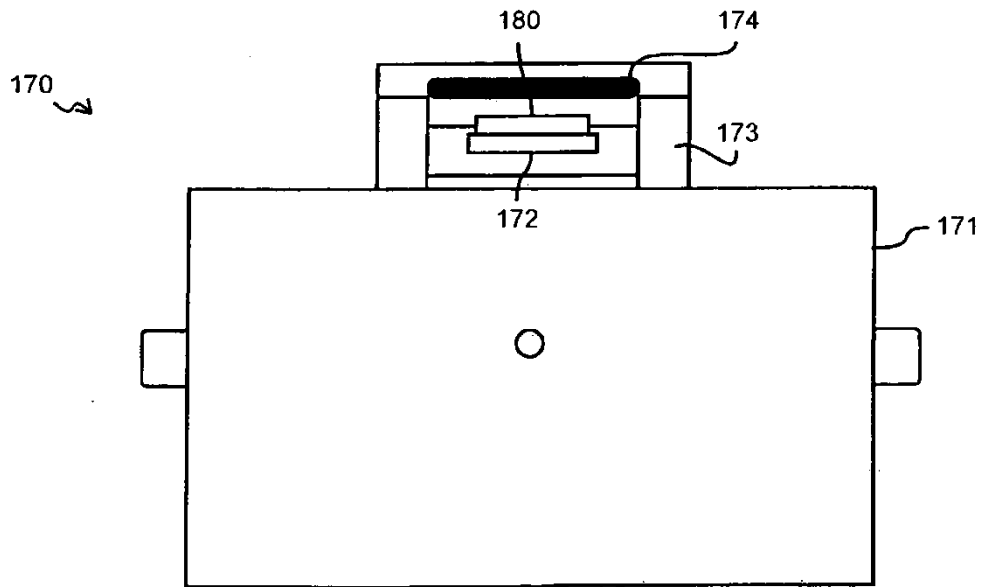


Fig. 4b