

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 569 257**

51 Int. Cl.:

A61F 9/008 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.11.2012 E 12855412 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.03.2016 EP 2768416**

54 Título: **Dispositivos y procedimientos para exploración de múltiples puntos reconfigurable**

30 Prioridad:

09.12.2011 US 201161568695 P

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

09.05.2016

73 Titular/es:

**ALCON RESEARCH, LTD. (100.0%)
6201 South Freeway, Mail Code TB4-8
Fort Worth, TX 76134, US**

72 Inventor/es:

**SMITH, RONALD T. y
DACQUAY, BRUNO**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 569 257 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

Dispositivos y procedimientos para exploración de múltiples puntos reconfigurable.

5 Campo

La presente solicitud se refiere a una sonda para su utilización en procedimientos oftálmicos y más particularmente, a una sonda láser de múltiples puntos para su utilización en fotocoagulación.

10 Antecedentes

La terapia de fotocoagulación con láser aborda estados oculares tales como desprendimientos y desgarros de retina así como retinopatía proliferativa que resulta de enfermedades tales como diabetes. La glucemia anómalamente alta en una persona diabética estimula que los vasos retinianos liberen factores de crecimiento, que a su vez estimulan una proliferación indeseada de vasos sanguíneos y capilares sobre la superficie de la retina. Estos vasos sanguíneos proliferados son muy delicados y sangrarían fácilmente en el humor vítreo. El organismo responde a los vasos dañados produciendo tejido cicatricial, lo que puede hacer que la retina se desprenda produciendo ceguera en última instancia.

En la fotocoagulación con láser, se utiliza una sonda láser para cauterizar los vasos sanguíneos en diversos puntos de quemadura con láser a través de la retina. Puesto que el láser también dañará los conos y bastones que están presentes en la retina para permitir la visión, resultará afectado el sentido de la vista, así como los vasos sanguíneos. Dado que la visión es más aguda en la mácula central de la retina, el cirujano dispone los puntos de quemadura con láser resultantes en las zonas periféricas de la retina. De esta forma, parte de la visión periférica se sacrifica para preservar la visión central. Durante el procedimiento, el cirujano dirige la sonda con un haz guía que no quema de manera que se ilumina la zona de la retina que va a someterse a fotocoagulación. Debido a la disponibilidad de diodos láser rojos de baja potencia, el haz guía es generalmente una luz láser roja de baja potencia. Una vez que el cirujano ha colocado la sonda láser para iluminar un punto deseado de la retina, el cirujano activa el láser a través de un pedal u otro medio para fotocoagular entonces la zona iluminada. Una vez quemado un punto de la retina, el cirujano vuelve a colocar la sonda para iluminar un nuevo punto con la luz guía, activa el láser, vuelve a colocar la sonda, y así sucesivamente hasta que una red apropiada de puntos de quemadura por láser distribuidos a través de la retina.

El número de fotocoagulaciones láser requeridas para cualquier tratamiento de la retina es grande (por ejemplo, se queman comúnmente de 1.000 a 1.500 puntos). Por tanto, puede apreciarse fácilmente que si la sonda láser fuera una sonda de múltiples puntos que permitiera el quemado de numerosos puntos en cada posición de la sonda, el procedimiento de fotocoagulación sería más rápido (suponiendo que la potencia de la fuente láser fuera suficiente). Las sondas de múltiples puntos existentes pueden resultar inadecuadas en algunos aspectos y, por tanto, existe una necesidad en la técnica de sondas láser de múltiples puntos mejoradas.

El documento US 2007/0265602 A1 enseña un sistema de sonda láser oftálmica sin adaptador que presenta superficies de reflexión móviles en el mismo.

Sumario

Otros aspectos, formas, formas de realización, objetivos, características, beneficios y ventajas de la presente invención resultarán evidentes a partir de las descripciones y los dibujos detallados proporcionados en la presente memoria.

En una realización, un sistema de sonda láser oftálmica comprende una red de guías de ondas ópticas y un adaptador que puede hacerse funcionar para conectarse con una fuente láser. El sistema de sonda láser incluye además una primera superficie reflectante en el adaptador. La primera superficie reflectante puede moverse alrededor de un primer eje. El sistema de sonda láser también incluye una segunda superficie reflectante dentro del adaptador. La segunda superficie reflectante puede moverse alrededor de un segundo eje, ortogonal al primer eje. La primera superficie reflectante está configurada para recibir un haz láser emitido desde la fuente láser y redirigir el haz láser hacia la segunda superficie reflectante.

También se da a conocer un procedimiento de fotocoagulación con láser que comprende proporcionar un adaptador para conectar una fuente láser a la red de guías de ondas ópticas y dirigir el haz láser desde la fuente láser hacia una primera superficie reflectante dispuesta en una primera configuración. El procedimiento también incluye recibir el haz láser reflejado desde la primera superficie reflectante en una segunda superficie reflectante y dirigir el haz láser desde la segunda superficie reflectante hacia una primera guía de ondas óptica en la red de guías de ondas ópticas.

Todavía en otra forma de realización, un adaptador de sonda láser comprende una primera parte de conector dimensionada y configurada para su conexión a un conector subminiatura versión A (SMA) en una fuente láser. El adaptador incluye además una segunda parte de conector dimensionada y configurada para su conexión a una red

de guías de ondas ópticas. El adaptador incluye además una primera superficie reflectante que puede moverse alrededor de un primer eje y una segunda superficie reflectante que puede moverse alrededor de un segundo eje ortogonal al primer eje. La primera superficie reflectante está configurada para recibir un haz láser emitido desde la fuente láser y redirigir el haz láser hacia la segunda superficie reflectante.

5

Breve descripción de los dibujos

Los aspectos de la presente divulgación se comprenden mejor a partir de la siguiente descripción detallada cuando se lee junto con las figuras adjuntas. Se hace hincapié en que, según la práctica convencional en la industria, diversas características no están dibujadas a escala. De hecho, las dimensiones de diversas características pueden haberse aumentado o reducido arbitrariamente para una mayor claridad de descripción. Además, la presente divulgación puede repetir números y/o letras de referencia en diversos ejemplos. Esta repetición es en favor de la simplicidad y la claridad y no impone en sí misma una relación entre las diversas formas de realización y/o configuraciones descritas.

15

La figura 1 es una vista en sección transversal longitudinal de un adaptador acoplado entre una fuente láser y un conector óptico, según una primera forma de realización de esta divulgación.

20

La figura 2 es una vista en perspectiva parcialmente en despiece ordenado de un adaptador y un conector óptico, según otra forma de realización de esta divulgación.

La figura 3 es una vista en perspectiva montada del adaptador y el conector óptico de la figura 2.

25

La figura 4 es una vista lateral de un conjunto óptico según una forma de realización de la presente divulgación.

La figura 5 es una vista desde abajo del conjunto óptico en la forma de realización de la figura 4.

30

La figura 6 es una vista en sección transversal radial de una lente de gradiente de índice (GRIN) secundaria en el conjunto óptico de la forma de realización de la figura 4.

La figura 7 es una vista lateral de un conjunto óptico de la figura 4 en una primera configuración.

35

La figura 8 es una vista desde abajo del conjunto óptico de la figura 4 en la primera configuración.

La figura 9 es una vista en sección transversal radial de una lente GRIN secundaria en el conjunto óptico de la figura 4 en la primera configuración.

40

Las figuras 10a, 10b, 10c y 10d son vistas en sección transversal radial de un red de múltiples fibras con un conjunto óptico en cuatro configuraciones diferentes según una forma de realización de la presente divulgación.

La figura 11 es una vista de un punto de haz láser en un plano de imagen según una forma de realización de la presente divulgación.

45

Las figuras 12a, 12b, 12c, 12d son diferentes configuraciones de múltiples puntos de haz láser en un plano de imagen según la forma de realización de la figura 11.

La figura 13 es una vista de un punto de haz láser en un plano de imagen según otra forma de realización de la presente divulgación.

50

Las figuras 14a, 14b, 14c, 14d, 14e y 14f son diferentes configuraciones de múltiples puntos de haz láser en un plano de imagen según la forma de realización de la figura 13.

55

La figura 15 es un procedimiento para hacer funcionar una sonda láser según una forma de realización de esta divulgación.

Descripción detallada de las formas de realización

Con el fin de favorecer una comprensión de la invención, ahora se hará referencia a las formas de realización, o ejemplos, ilustrados en los dibujos y se utilizará vocabulario específico para describir los mismos. No obstante, se entenderá que no se pretende de ese modo limitar el alcance de la invención.

60

La figura 1 es una vista en sección transversal longitudinal de un conjunto de sonda láser 100 que incluye un adaptador 102, según una forma de realización de esta divulgación, acoplado entre una fuente 104 láser y un conector óptico 106. El conjunto 100 puede utilizarse para tratamientos intraoculares, incluyendo por ejemplo, fotocoagulación oftálmica. La fuente 104 láser genera un haz láser 105 e incluye una interconexión 108 normalizada común que podría ser un adaptador subminiatura versión A (SMA). Aunque la interconexión 108 se representa como

65

un adaptador SMA hembra, se apreciará que puede utilizarse cualquier interconexión óptica normalizada convencional siempre que la interconexión de la fuente láser presente un punto de haz enfocado tal como un estrechamiento 110 del haz láser hacia el extremo proximal del adaptador 102. Una fuente 104 láser adecuada puede ser un láser Purepoint® proporcionado por Alcon Laboratories, Inc. de Ft. Worth, Texas. En un ejemplo, el haz láser 105 incluye un haz láser de tratamiento verde, que se propaga con una longitud de onda de aproximadamente 532 nanómetros (nm). Un haz guía, tal como un haz rojo, puede transmitirse antes, después o con el haz láser de tratamiento para ayudar al cirujano oftálmico en el direccionamiento del haz láser de tratamiento.

El adaptador 102 incluye un cuerpo de adaptador 111 en el que se extiende una perforación 112. En esta forma de realización, el cuerpo de adaptador 111 incluye un conector macho proximal 114 y un conector hembra distal 116. El conector macho 114 puede estar dimensionado y conformado para conectarse con la interconexión 108, y por tanto puede ser, por ejemplo, un conector SMA macho. El conector hembra 116 puede estar dimensionado y conformado para interconectarse con el conector óptico 106. Se entiende que las configuraciones macho y hembra de los conectores de adaptador son meramente ejemplos y que pueden ser adecuados otros tipos de formaciones de interconexión conocidas. En esta forma de realización, un conector de anillo 107 se conecta de manera roscada con la interconexión 108 para fijar firmemente el adaptador 102 a la fuente 104 láser. Un anillo de retención 109 retiene el conector de anillo 107, impidiendo que se resbale distalmente del alojamiento 111 de adaptador.

El adaptador 102 incluye además un conjunto óptico 117 que incluye una lente de colimación 118, tal como una lente GRIN, dispuesta en la perforación 112 para recibir y colimar el haz láser 105. El adaptador 102 también incluye un dispositivo de reflexión móvil 120 para redirigir el haz láser colimado 105. El adaptador 102 también incluye un dispositivo de reflexión móvil 122 para redirigir el haz láser colimado 105. Cada uno de los dispositivos de reflexión 120, 122 puede ser, por ejemplo, un espejo microelectromecánico que puede pivotar entre una o más posiciones. El adaptador 102 también incluye una lente de enfoque 124, tal como una lente GRIN, que recibe y enfoca el haz láser 105. El movimiento de los dispositivos de reflexión 120, 122 permite que el haz láser 105 enfocado se mueva en dos dimensiones sobre un plano de imagen, tal como se comentará en mayor detalle a continuación.

Un sistema de accionamiento 123 hace funcionar los dispositivos de reflexión móviles 120, 122. El sistema de accionamiento 123 incluye cables eléctricos para suministrar energía eléctrica a motores que hacen funcionar los dispositivos 120, 122. Partes del sistema de accionamiento 123 pueden estar ubicadas en el adaptador 102. El sistema de accionamiento 123 está controlado por un sistema de control 125. El sistema de control 125, tal como un ordenador portátil que ejecuta software de control, también está conectado a la fuente 104 láser. El sistema de control 125 puede utilizarse para sincronizar el láser con el movimiento de los dispositivos 120, 122 de reflexión. Por ejemplo, el láser 104 puede bloquearse cuando los dispositivos 120, 122 de reflexión están en movimiento y desbloquearse cuando los dispositivos de reflexión se detienen. Alternativamente, el laser 104 puede pulsarse cuando los dispositivos de reflexión 120, 122 se detienen y no pulsarse cuando los dispositivos de reflexión están en movimiento. Pueden utilizarse otras técnicas para generar un patrón de encendido/apagado para el láser, tal como se conoce en la técnica, para sincronizar el láser con la exploración de los dispositivos de reflexión.

El conector óptico 106 presenta un extremo 126 proximal insertado en el conector hembra 116 del adaptador 102. El conector óptico 106 puede ser, por ejemplo, un conector de punta recta (ST) para permitir la alineación rotacional entre el adaptador 102 y una red de guías de ondas en el conector óptico 106. El extremo 126 proximal del conector óptico 106 está separado del extremo distal de la lente GRIN 124 mediante un intersticio adecuado tal como un intersticio de 220 micrómetros (mm). El conector óptico 106 incluye una férula 127 insertada en un cuerpo de conector 128. La férula 127 y el cuerpo de conector 128 pueden estar formados de un material relativamente rígido tal como acero inoxidable. La férula 127 incluye un conducto 129 de sección decreciente a través del cual se extiende una red 132 de guías de ondas ópticas. La red 132 de guías de ondas ópticas se extiende desde la férula 127 a través del cuerpo de conector 128 y hacia una pieza de mano y una cánula, tal como se conoce en la técnica de sondas láser. Opcionalmente, un manguito 130 cilíndrico encierra la red 132 de guías de ondas ópticas. El manguito 130 cilíndrico puede estar formado de un material relativamente flexible, tal como un material de polímero. En esta forma de realización, la pluralidad de guías de ondas ópticas están en una red de cuatro fibras ópticas. En formas de realización alternativas, pueden utilizarse redes de diferentes tamaños o diferentes estructuras de transmisión de ondas. En una forma de realización, la red de fibras ópticas puede comprender cuatro fibras de vidrio de alma de 75 μm , cada una con una apertura numérica (NA) de 0,22. Las guías de ondas ópticas, la cánula y/o la pieza de mano pueden desconectarse del adaptador y desecharse tras una única utilización, permitiendo que el adaptador se reutilice para procedimientos posteriores. Durante los procedimientos que utilizan el conjunto de sonda láser 100, el adaptador 106 puede ubicarse dentro de o fuera del campo estéril. Si el adaptador se ubica dentro del campo estéril puede permanecer esterilizado a través de múltiples procedimientos o, alternativamente, puede esterilizarse tras cada procedimiento.

Las figuras 2 y 3 representan, respectivamente, vistas en perspectiva parcialmente en despiece ordenado y montada del adaptador 102 y un conector óptico 106. Tal como se muestra, el extremo 126 proximal del conector óptico 106 está insertado en el conector hembra 116 del adaptador 102. Pueden utilizarse características de alineación, tales como la rendija 134 y la chaveta 136 mostradas para la alineación rotacional o angular (*clocking*) del conector óptico 106 con el adaptador 102.

La figura 4 es una vista lateral y la figura 5 es una vista desde abajo del conjunto óptico 117 con los dispositivos de reflexión 120, 122 configurados para suministrar el haz láser 105 hacia una ubicación central. El haz láser 105 se propaga a través de la lente GRIN 118 a lo largo de un eje 140 hacia el dispositivo de reflexión 120. En esta forma de realización, el dispositivo de reflexión 120 puede pivotar alrededor de un eje 142, normal al plano de la figura 4. El dispositivo de reflexión 120 redirige el haz láser 105 hacia el dispositivo de reflexión 122 a lo largo de una trayectoria 143. En esta forma de realización, el dispositivo de reflexión 122 pivota alrededor de un eje 144, que es ortogonal al eje 142. El dispositivo de reflexión 122 redirige el haz láser 105 hacia la lente GRIN 124 a lo largo de un eje 146. El haz láser colimado 105 incide sobre la lente GRIN 124 con un ángulo incidente normal, y la lente GRIN enfoca el haz láser hacia un punto diminuto a lo largo del eje 146. En esta configuración de los dispositivos de reflexión 120, 122, el haz láser 105 está alineado centralmente con el eje 146 e impacta con un plano de acoplamiento 148 en una ubicación central. La figura 6 es una vista en sección transversal radial de la lente GRIN 124 según se observa mirando hacia atrás desde el plano de acoplamiento 148 hacia la lente GRIN 124, estando los dispositivos de reflexión 120, 122 en la configuración de las figuras 4 y 5.

La figura 7 es una vista lateral y la figura 8 es una vista desde abajo del conjunto óptico 117 estando configurados los dispositivos de reflexión 120, 122 para suministrar el haz láser 105 hacia una ubicación desplazada hacia arriba y hacia la derecha con respecto a la ubicación central en las figuras 4 a 6 (según se observa mirando hacia atrás desde el plano de acoplamiento 148 hacia la lente GRIN 124). El haz láser 105 se propaga a través de la lente GRIN 118 a lo largo de un eje 140 hacia el dispositivo de reflexión 120. En esta forma de realización, el dispositivo de reflexión 120 se hace pivotar en sentido horario alrededor del eje 142. La posición pivotada del dispositivo de reflexión 120 redirige el haz láser 105 hacia el dispositivo de reflexión 122 a lo largo de una trayectoria desplazada hacia arriba desde la trayectoria 143. En esta forma de realización, el dispositivo de reflexión 122 se hace pivotar en sentido horario alrededor del eje 144 (tal como se observa en la figura 8). La posición pivotada del dispositivo de reflexión 122 redirige el haz láser 105 hacia la lente GRIN 124 a lo largo de una trayectoria 150 desplazada hacia la derecha con respecto al eje 146. En esta configuración de los dispositivos de reflexión 120, 122, el haz láser 105 impacta con un plano de acoplamiento 148 en una ubicación desplazada por encima y hacia la derecha con respecto a la ubicación central en las figuras 4 a 6 (según se observa mirando hacia atrás desde el plano de acoplamiento 148 hacia la lente GRIN 124). La figura 9 es una vista en sección transversal radial de la lente GRIN 124 según se observa mirando hacia atrás desde el plano de acoplamiento 148 hacia la lente GRIN 124, estando los dispositivos de reflexión 120, 122 en la configuración de las figuras 7 y 8. Tal como se muestra, el haz 105 está colocado en un cuadrante superior derecho de la lente 124.

El conjunto óptico 117, tal como se describe, proporciona un mecanismo predecible para dirigir luz láser en dos dimensiones utilizando dos dispositivos de reflexión 120, 122 que se ajustan angularmente alrededor de ejes que son ortogonales entre sí. En formas de realización alternativas, puede utilizarse un único dispositivo de reflexión que puede pivotar alrededor de uno o más ejes para generar una red de puntos de haz láser. Todavía en otra forma de realización alternativa, pueden utilizarse más de dos dispositivos de reflexión que pueden pivotar alrededor de uno o más ejes para generar una red de puntos de haz láser. Todavía en otra forma de realización, uno o más de los dispositivos de reflexión pueden estar fijos mientras que otros dispositivos de reflexión pueden ser móviles. Todavía en otra forma de realización, puede hacerse rotar un único dispositivo de reflexión aproximadamente 45° con respecto al haz que sale de la primera lente GRIN, dirigiendo el haz al interior de una segunda lente GRIN colocada sustancialmente ortogonal a la primera lente GRIN. En este caso, la red de fibras sería ortogonal al eje inicial del haz.

Las figuras 10a, 10b, 10c y 10d son vistas en sección transversal radial de la red 132 de fibras mirando hacia atrás hacia la lente GRIN 124. Estas figuras representan la red 132 de fibras con un conjunto óptico 117 en cuatro configuraciones diferentes. La red 132 de fibras incluye fibras ópticas 160, 162, 164, 166. En la figura 10a, los dispositivos de reflexión 120, 122, en la configuración de las figuras 7 a 9 desplazan el haz láser 105 y un haz guía 168 de modo que los haces se acoplan con la fibra óptica derecha superior 162. En la figura 10b, el dispositivo de reflexión 120 se mantiene en la misma posición que en las figuras 7 a 9, pero el dispositivo de reflexión 122 se hace pivotar en sentido antihorario para dirigir los haces 105, 168 hacia la izquierda. Con los dispositivos de reflexión 120, 122 en esta configuración, los haces 105, 168 se acoplan con la fibra óptica izquierda superior 160. En la figura 10c, el dispositivo de reflexión 122 se mantiene en la misma posición que en las figuras 7 a 9, pero el dispositivo de reflexión 120 se hace pivotar en sentido antihorario para dirigir los haces 105, 168 hacia abajo. Con los dispositivos de reflexión 120, 122 en esta configuración, los haces 105, 168 se acoplan con la fibra óptica derecha inferior 166. En la figura 10d, el dispositivo de reflexión 120 se mantiene en la misma posición que en las figuras 10c, pero el dispositivo de reflexión 122 se hace pivotar en sentido antihorario para dirigir los haces 105, 168 hacia la izquierda. Con los dispositivos de reflexión 120, 122 en esta configuración, los haces 105, 168 se acoplan con la fibra óptica izquierda inferior 164. Con cada configuración del conjunto óptico 117, tanto el haz láser 105 como el haz guía 168 pueden ubicarse espacialmente en los centros de las almas de cada una de las fibras ópticas 160, 162, 164, 166. Cada una de las fibras ópticas 160, 162, 164, 166 incluye un alma 169a, un revestimiento 169b que rodea el alma y una camisa 169c que rodea el alma. Los haces 105, 168 se transmiten a través del alma 169a. El alma, el revestimiento y la camisa representados no están a escala, y cada uno puede estar formado con un diámetro adecuado tal como se conoce en la técnica.

Por tanto, tal como se demuestra en las figuras 10a a 10d, el dispositivo de reflexión 120 controla la posición vertical

del haz láser y el dispositivo de reflexión 122 controla la posición horizontal del haz láser. La figura 11 es una vista de un punto láser 170 generado por el haz láser 105 sobre un plano de imagen 171, que puede corresponder a la retina. El punto láser 170 se genera mediante el conjunto óptico 117 con los dispositivos de reflexión 120, 122 en la configuración de las figuras 7, 8 y 9. Cada dispositivo de reflexión presenta un intervalo de desplazamiento angular con paradas forzosas en los extremos del intervalo. El intervalo de movimiento 172 del dispositivo de reflexión 122 presenta posiciones de parada en $\pm\theta_{m\acute{a}x}$. El intervalo de movimiento 174 del dispositivo de reflexión 120 presenta posiciones de parada en $\pm\theta_{m\acute{a}x}$. Estas posiciones de parada pueden ser posiciones altamente repetibles. Accionar cada uno de los dispositivos de reflexión 120, 122 para moverse desde $+\theta_{m\acute{a}x}$ hasta $-\theta_{m\acute{a}x}$ permite que se generen cuatro puntos de láser en el plano de imagen 171 en cualquiera de cuatro ubicaciones 176 en una red de 2x2. La fuente 104 láser está sincronizada con el movimiento de los dispositivos de reflexión 120, 122 de modo que el haz láser puede bloquearse durante los tránsitos entre puntos y puede desbloquearse durante los tiempos de permanencia en cada ubicación 176. Los dispositivos de reflexión 120, 122 pueden controlarse de modo que el haz láser de exploración 105 realiza el ciclo rápidamente entre los puntos 176 y permanece en cada punto durante un tiempo de permanencia prescrito para crear un patrón de puntos. Pueden realizarse muchos ciclos de exploración de haz en un segundo, permitiendo por tanto que se trate una retina con un patrón de puntos de quemadura rápidamente. Por ejemplo, un ciclo de cuatro exploraciones, presentado cada ciclo una duración de aproximadamente 50 milisegundos (ms), puede dar como resultado un tiempo de quemadura total de aproximadamente 200 ms. El conjunto óptico 117 permite por tanto que un cirujano óptico suministre múltiples quemaduras sin mover la sonda láser.

Tal como se muestra en las figuras 12a a d, pueden crearse diferentes patrones de quemadura con los dispositivos de reflexión 120, 122 en las paradas forzosas $+\theta_{m\acute{a}x}$ o $-\theta_{m\acute{a}x}$. La figura 12a representa un patrón de 2x2 en el plano de imagen. La figura 12b representa un patrón de 2x1 horizontal en el plano de imagen. La figura 12c representa un patrón de 1x2 vertical en el plano de imagen. La figura 12d representa un patrón triangular en el plano de imagen. Por tanto, el conjunto óptico 117 permite posiciones de haz láser reconfigurables y patrones de quemadura resultantes. La reconfiguración del patrón de quemadura puede realizarse, en tiempo real, mediante el sistema de control 125. Tal como se entenderá, pueden generarse otros patrones reduciendo uno o más puntos en el patrón de 2x2. Además, el tiempo de permanencia para cada punto en un patrón de quemadura puede reconfigurarse para dar exposiciones espacialmente no uniformes. Tales exposiciones no uniformes pueden utilizarse, por ejemplo, para compensar el hecho de que los puntos que se desplazan más rápido hacia el sitio tisular o una sonda láser inclinada fuera del eje son más grandes, y por tanto presentan menos irradiancia que los puntos cercanos.

En una forma de realización alternativa, los dispositivos de reflexión 120, 122 pueden controlarse para que se paren en una o más posiciones de inclinación angular a lo largo de la continuidad entre $\pm\theta_{m\acute{a}x}$. Por ejemplo, tal como se muestra en la figura 13, el conjunto óptico 117 puede controlarse para hacer pivotar de manera precisa cada uno de los dispositivos de reflexión 120, 122 hasta una ubicación intermedia 0, a medio camino entre $+\theta_{m\acute{a}x}$ y $-\theta_{m\acute{a}x}$. En esta forma de realización, una red de 3x3 de fibras ópticas está alineada espacialmente para acoplarse con cada una de las nueve trayectorias posibles del haz láser. La figura 13 muestra un plano de imagen 180 con un punto láser 182 generado por el haz láser 105. Cada dispositivo de reflexión 120, 122 presenta un intervalo de desplazamiento angular con dos posiciones de parada forzosa en cada extremo del intervalo y una posición de parada intermedia ubicada entre las posiciones de parada forzosa. El intervalo de movimiento 184 del dispositivo de reflexión 122 presenta posiciones de parada en $+\theta_{m\acute{a}x}$, 0 y $-\theta_{m\acute{a}x}$. El intervalo de movimiento 186 del dispositivo de reflexión 120 presenta posiciones de parada en $+\theta_{m\acute{a}x}$, 0 y $-\theta_{m\acute{a}x}$. Estas posiciones de parada son posiciones altamente repetibles, aunque puede requerirse un mayor control para repetir con precisión la posición 0 en comparación con las posiciones de parada forzosa en el extremo del intervalo angular. Accionar cada uno de los dispositivos de reflexión 120, 122 para moverse entre las posiciones de parada $+\theta_{m\acute{a}x}$, 0 y $-\theta_{m\acute{a}x}$, permite que se generen nueve puntos de láser 188 en el plano de imagen 180. La fuente 104 láser está sincronizada con el movimiento de los dispositivos de reflexión 120, 122 de modo que el haz láser puede bloquearse durante el tránsito entre puntos y puede desbloquearse durante los tiempos de permanencia en cada ubicación 188. Los dispositivos de reflexión 120, 122 pueden controlarse de modo que el haz láser de exploración 105 realiza el ciclo rápidamente entre los puntos 188 y permanece en cada punto durante un tiempo de permanencia prescrito para crear un patrón de puntos.

Tal como se muestra en las figuras 14a a f, pueden crearse diferentes patrones de quemadura con los dispositivos de reflexión 120, 122 en las posiciones de parada $+\theta_{m\acute{a}x}$, 0 y $-\theta_{m\acute{a}x}$. La figura 14a representa un patrón de 3x3 en el plano de imagen. La figura 14b representa un patrón de 3x3 de caja abierta en el plano de imagen. La figura 14c representa un patrón en X en el plano de imagen. La figura 14d representa un patrón en + en el plano de imagen. La figura 14e representa un patrón de 3x2 en el plano de imagen. La figura 14f representa un patrón de 2x3 en el plano de imagen. Por tanto, el conjunto óptico 117 permite posiciones de haz láser reconfigurables y patrones de quemadura resultantes. Tal como se entenderá, también pueden generarse otros patrones reduciendo uno o más puntos en el patrón de 3x3.

En referencia ahora a la figura 15, un procedimiento para hacer funcionar el conjunto de sonda láser 100 incluye la etapa 202 de accionar el dispositivo de reflexión 120 para que se mueva hacia la posición de parada $+\theta_{m\acute{a}x}$ mientras que el dispositivo de reflexión 122 se coloca en la posición de parada $-\theta_{m\acute{a}x}$. En la etapa 204, el haz láser 105 se transmite a través del conjunto óptico 117 desbloqueando un haz láser continuo o pulsando un haz láser. En la etapa

206, el haz láser 105 se acopla a la fibra óptica 162 para suministrar a una ubicación tisular 170. En la etapa 208, cesa la transmisión del haz láser 105, por ejemplo, bloqueando el haz láser o apagándolo. En la etapa 210, el dispositivo de reflexión 120 se acciona para que se mueva hacia la posición de parada $-\theta_{\text{máx}}$ mientras que el dispositivo de reflexión 122 permanece colocado en la posición de parada $-\theta_{\text{máx}}$. En la etapa 212, el haz láser 105 se transmite a través del conjunto óptico 117. En la etapa 214, el haz láser 105 se acopla a la fibra óptica 166 para suministrar a una ubicación por debajo de la ubicación 170. En la etapa 216, se cesa la transmisión del haz láser 105, por ejemplo, bloqueando el haz láser o apagándolo. En la etapa 218, el dispositivo de reflexión 120 se mantiene en la posición de parada $-\theta_{\text{máx}}$ y se acciona el dispositivo de reflexión 122 para que se mueva hacia la posición de parada $+\theta_{\text{máx}}$. En la etapa 220, el haz láser 105 se transmite a través del conjunto óptico 117. En la etapa 222, el haz láser 105 se acopla a la fibra óptica 164 para suministrar a una tercera ubicación tisular. Para generar otros patrones, puede variarse el orden de movimiento de los dispositivos de reflexión. Pueden moverse ambos dispositivos de reflexión o solo un dispositivo de reflexión entre un pulso láser.

En comparación con los sistemas de sonda láser que producen sólo un único haz láser, las formas de realización de esta divulgación pueden aumentar el número de ubicaciones en un sitio tisular diana que puede tratarse, a la vez que se disminuye el tiempo para tratar las múltiples ubicaciones. Además, pueden generarse patrones de exploración más complicados. Las formas de realización descritas permiten la reconfiguración del patrón de exploración en tiempo real. En comparación con las sondas láser de múltiples puntos de división de haz basadas en difracción que pueden suministrar el 70% o menos del haz láser a las fibras ópticas y luego dividir el haz entre las múltiples fibras ópticas, las formas de realización de la presente divulgación son más eficaces y suministran más potencia al sitio tisular con cada exploración de la sonda láser. Las formas de realización de esta divulgación pueden presentar una eficacia de casi el 100%. En una forma de realización, con un láser de 2 vatios (W) con una eficacia de casi el 100%, pueden suministrarse aproximadamente 250 milivatios (mW) a cada punto en un patrón de nueve puntos, suficiente para producir quemaduras adecuadas para algunas aplicaciones. Por ejemplo, un láser calibrado para suministrar 2 vatios (2000 milivatios) fuera del extremo distal de una sonda de transmitancia óptica convencional del 90% puede proporcionar un haz de entrada 105 de 2222 milivatios (es decir, $2000/0,9$) para compensar la pérdida óptica en la sonda. Puesto que en algunas formas de realización, la transmitancia óptica del conjunto de sonda láser 100 puede estar próxima al 100%, el mismo haz láser de entrada 105 (2222 milivatios) puede proporcionar una potencia promedio en cada punto de un patrón de nueve puntos de aproximadamente $2222/9 = 246,9$ milivatios. En otras palabras, mientras que el haz láser que conduce al conjunto de sonda 100 se dirige a un punto particular en el patrón, la potencia instantánea en el punto puede ser de 2222 milivatios (en este ejemplo), pero la potencia promedio en cada punto de haz puede calcularse como la energía aplicada a un punto particular dividida entre el tiempo total que lleva obtener el patrón (que, en este ejemplo, da como resultado una potencia promedio de aproximadamente 246,9 milivatios por punto). En comparación adicionalmente con las sondas láser de múltiples puntos basadas en difracción, el acoplamiento tanto de un haz guía rojo como de un haz de tratamiento verde, que difractan en ángulos diferentes, a una fibra óptica común se simplifica utilizando las formas de realización según se dan a conocer.

En diversas formas de realización, un adaptador de sonda láser puede incluir una primera parte de conector dimensionada y configurada para su conexión a un conector subminiatura versión A (SMA) en una fuente láser, una segunda parte de conector dimensionada y configurada para su conexión a una red de guías de ondas ópticas, una primera superficie reflectante que puede moverse alrededor de un primer eje y una segunda superficie reflectante que puede moverse alrededor de un segundo eje sustancialmente ortogonal al primer eje (la primera superficie reflectante puede estar configurada para recibir un haz láser emitido desde la fuente láser y redirigir el haz láser hacia la segunda superficie reflectante). En algunas formas de realización, el adaptador de sonda láser puede incluir además un espejo microelectromecánico que incluye la primera superficie reflectante. En algunas formas de realización, el adaptador de sonda láser puede incluir además una lente de gradiente de índice configurada para recibir el haz láser emitido desde la fuente láser y dirigir el haz láser hacia la primera superficie reflectante. En algunas formas de realización, el adaptador de sonda láser puede incluir además una lente de gradiente de índice configurada para recibir el haz láser reflejado desde la segunda superficie reflectante. En algunas formas de realización, la primera superficie reflectante puede presentar una primera configuración para dirigir el haz láser hacia una primera guía de ondas óptica en la red de guías de ondas ópticas. En algunas formas de realización, la primera superficie reflectante puede presentar una segunda configuración para dirigir el haz láser hacia una segunda guía de ondas óptica en la red de guía de ondas óptica. En algunas formas de realización, la primera superficie reflectante puede presentar una tercera configuración para dirigir el haz láser hacia una tercera guía de ondas óptica en la red de guía de ondas óptica.

En diversas formas de realización, un sistema de sonda láser oftálmica puede incluir una red de guía de ondas óptica, un adaptador que puede hacerse funcionar para conectarse con una fuente láser, una primera lente de gradiente de índice dentro del adaptador, una segunda lente de gradiente de índice dentro del adaptador colocada sustancialmente ortogonal a la primera lente de gradiente de índice, una primera superficie reflectante dentro del adaptador, dispuesta a lo largo de una trayectoria óptica entre las lentes de gradiente primera y segunda y configurada para dirigir un haz láser recibido desde la primera lente de gradiente de índice hacia la segunda lente de gradiente de índice.

El término “tal como”, tal como se utiliza en la presente memoria, pretende proporcionar una lista no limitativa de

posibilidades a modo de ejemplo. El término "aproximadamente", tal como se utiliza en la presente memoria, debe entenderse en general que se refiere a ambos números en un intervalo de números. Además, debe entenderse que todos los intervalos numéricos en la presente memoria incluyen cada número entero y décimas de un número entero dentro del intervalo. Se entiende que todas las referencias espaciales, tales como "superior", "inferior", "arriba" y "abajo" son para fines ilustrativos únicamente y pueden variarse dentro del alcance de la divulgación.

5 Aunque anteriormente se han descrito diversas formas de realización de la invención, debe entenderse que se han presentado únicamente a modo de ejemplo, y no de limitación.

10

REIVINDICACIONES

1. Sistema de sonda láser oftálmica, que comprende:

- 5 una red (132) de guías de ondas ópticas;
un adaptador (102) que puede funcionar para conectarse con una fuente (104) láser;
una primera superficie reflectante (120) dentro del adaptador, pudiendo la primera superficie reflectante moverse
10 alrededor de un primer eje; y
una segunda superficie reflectante (122) dentro del adaptador, pudiendo la segunda superficie reflectante
moverse alrededor de un segundo eje sustancialmente ortogonal al primer eje, estando la primera superficie
reflectante (120) configurada para recibir un haz láser (105) emitido desde la fuente láser y redirigir el haz láser
15 hacia la segunda superficie reflectante (122).

2. Sistema de sonda láser según la reivindicación 1, que además incluye un espejo microelectromecánico que incluye la primera superficie reflectante (120).

20 3. Sistema de sonda láser según la reivindicación 1, que además comprende una lente de gradiente de índice (118) dentro del adaptador (102), estando la lente de gradiente de índice configurada para recibir el haz láser (105) emitido desde la fuente láser y dirigir el haz láser hacia la primera superficie reflectante (120).

25 4. Sistema de sonda láser según la reivindicación 1, que además comprende una lente de gradiente de índice (124) dentro del adaptador (102), estando la lente de gradiente de índice configurada para recibir el haz láser (105) reflejado desde la segunda superficie reflectante (122).

30 5. Sistema de sonda láser según la reivindicación 1, en el que la primera superficie reflectante (120) presenta una primera configuración para dirigir el haz láser (105) hacia una primera guía de ondas óptica (160) en la red (132) de guías de ondas ópticas.

35 6. Sistema de sonda láser según la reivindicación 5, en el que la primera superficie reflectante (120) presenta una segunda configuración para dirigir el haz láser (105) hacia una segunda guía de ondas óptica (162) en la red (132) de guías de ondas ópticas.

7. Sistema de sonda láser según la reivindicación 6, en el que la primera superficie reflectante (120) presenta una tercera configuración para dirigir el haz láser (105) hacia una tercera guía de ondas óptica (164) en la red (132) de guías de ondas ópticas.

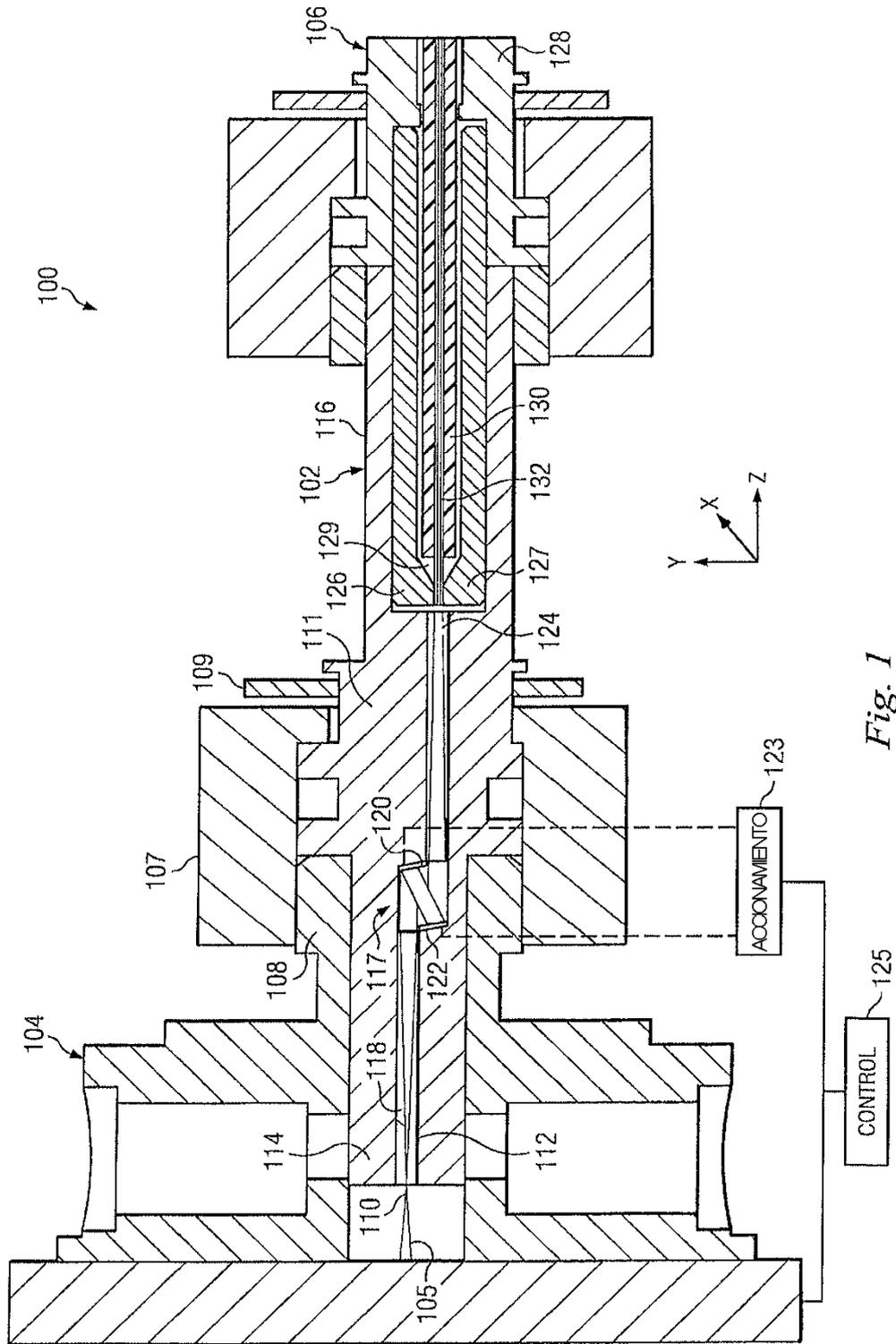


Fig. 1

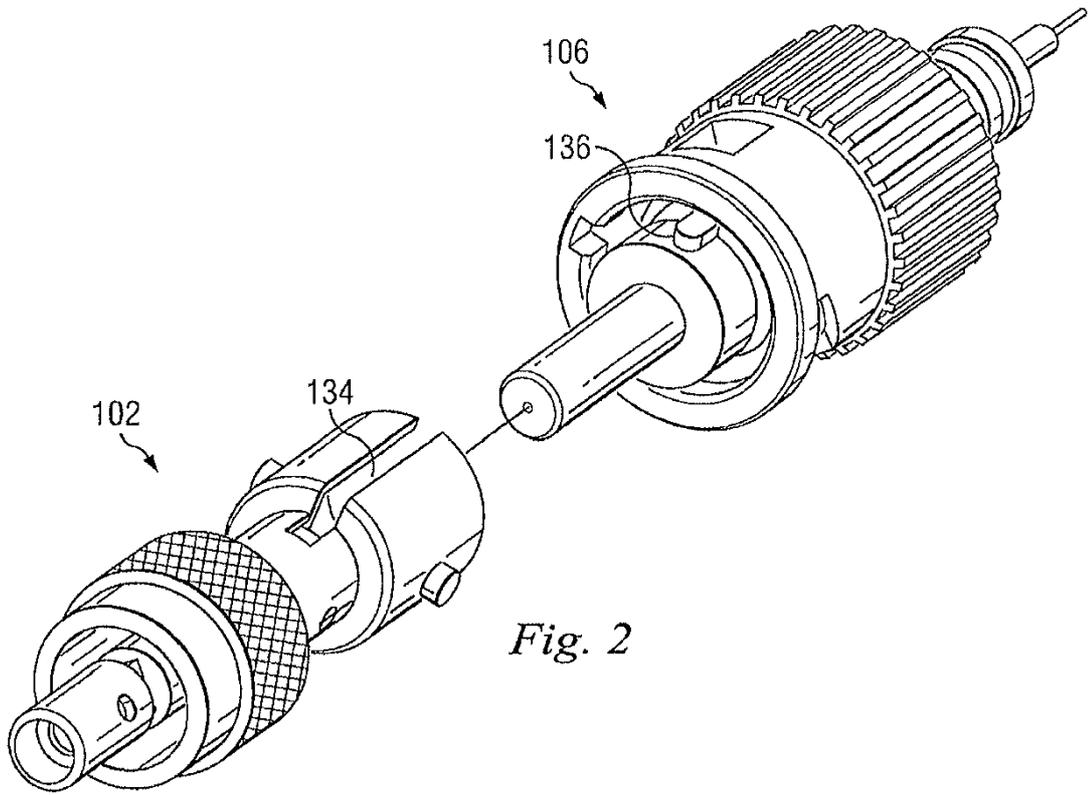


Fig. 2

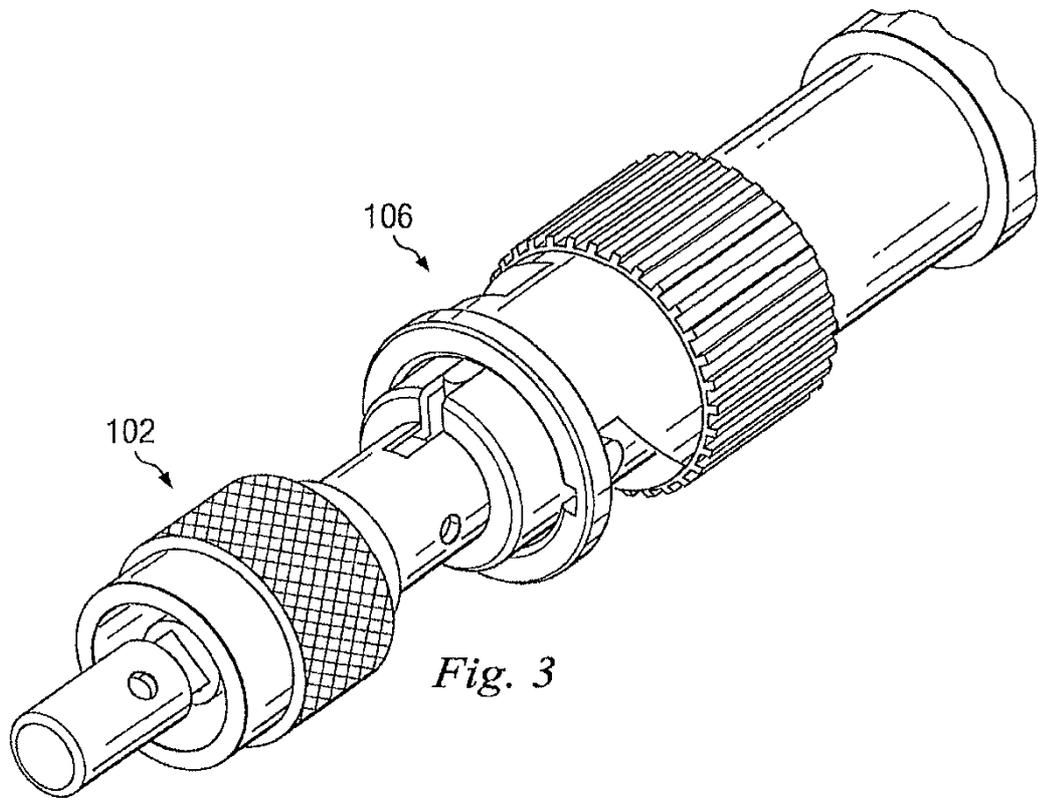


Fig. 3

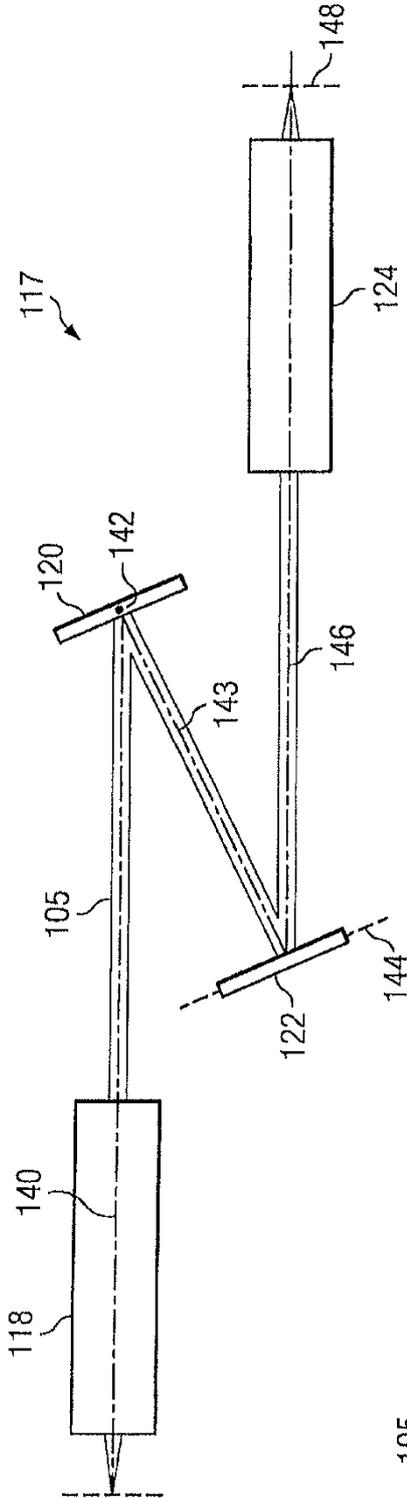


Fig. 4

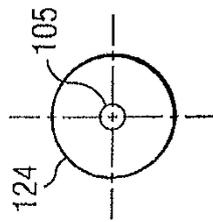


Fig. 6

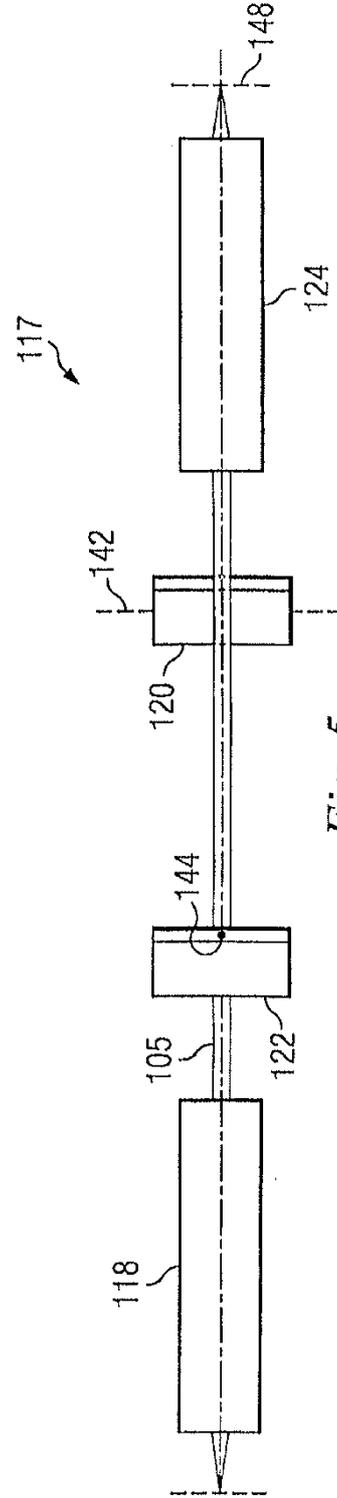


Fig. 5

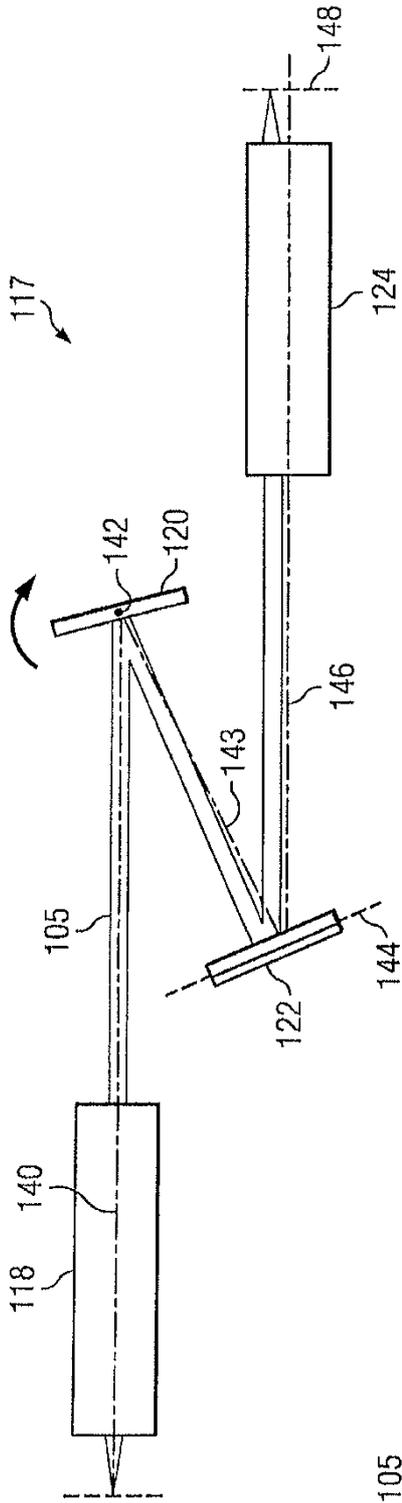


Fig. 7

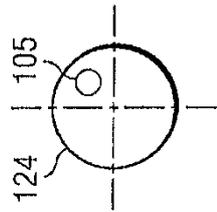


Fig. 9

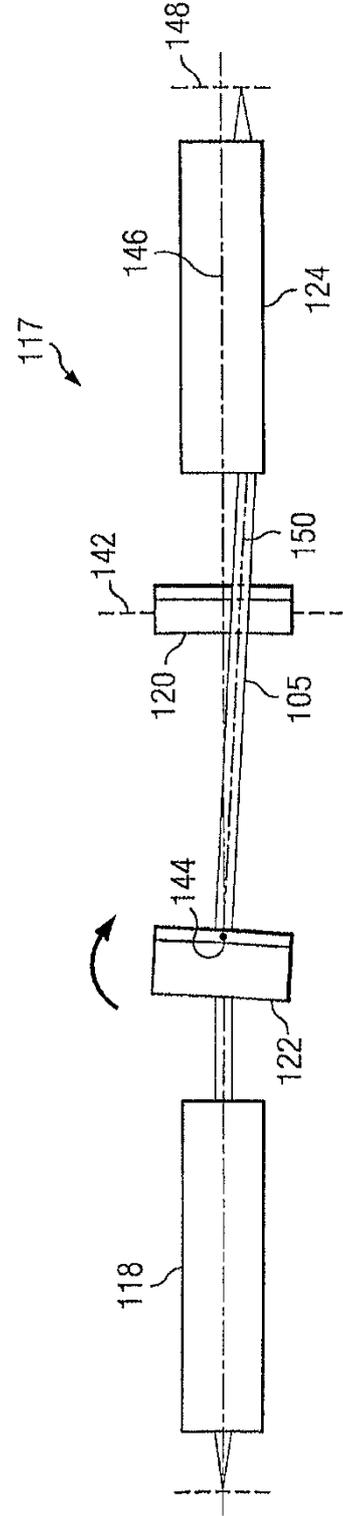


Fig. 8

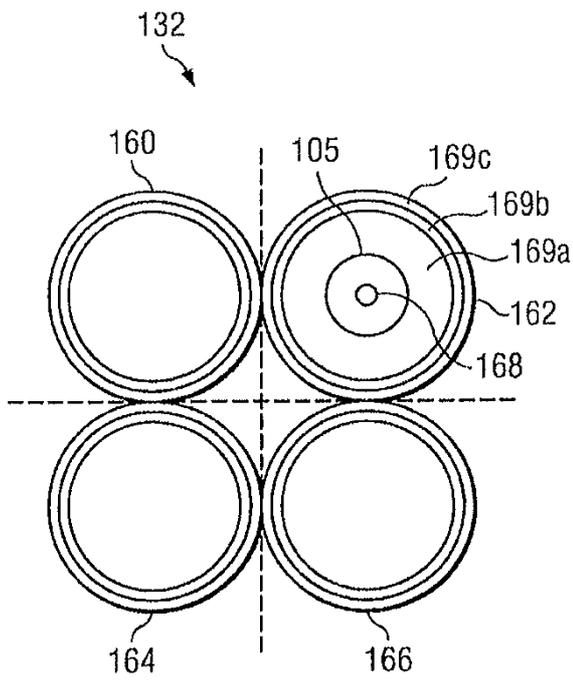


Fig. 10a

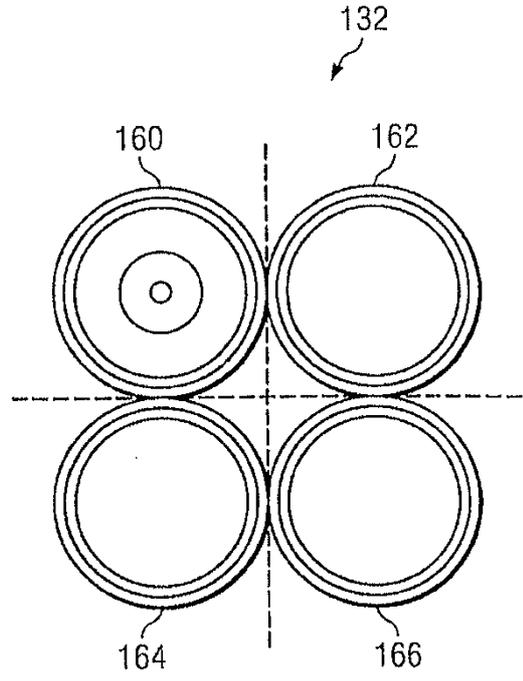


Fig. 10b

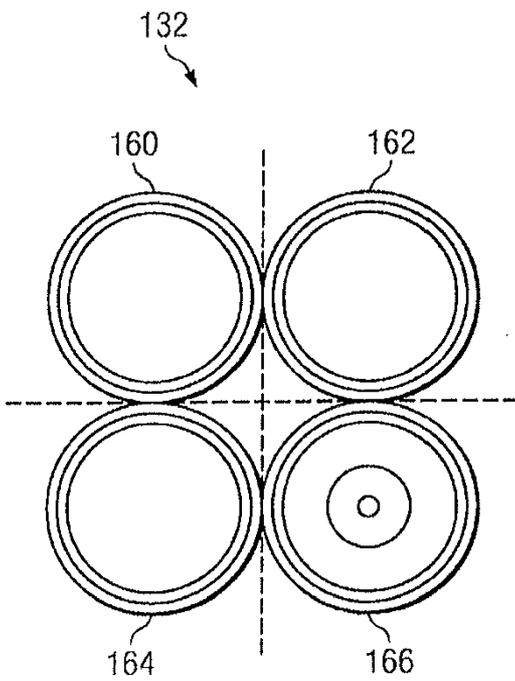


Fig. 10c

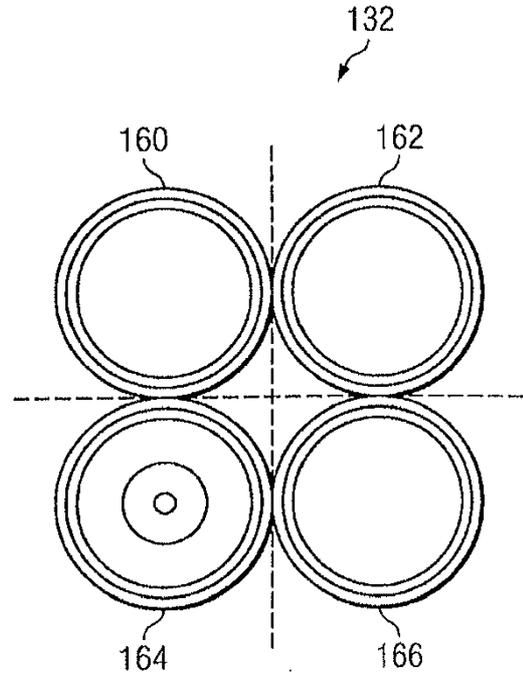


Fig. 10d

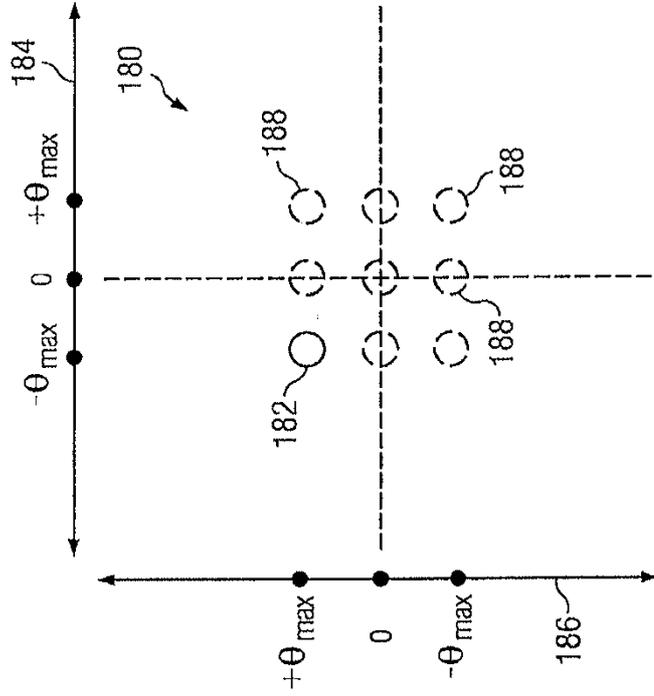


Fig. 11

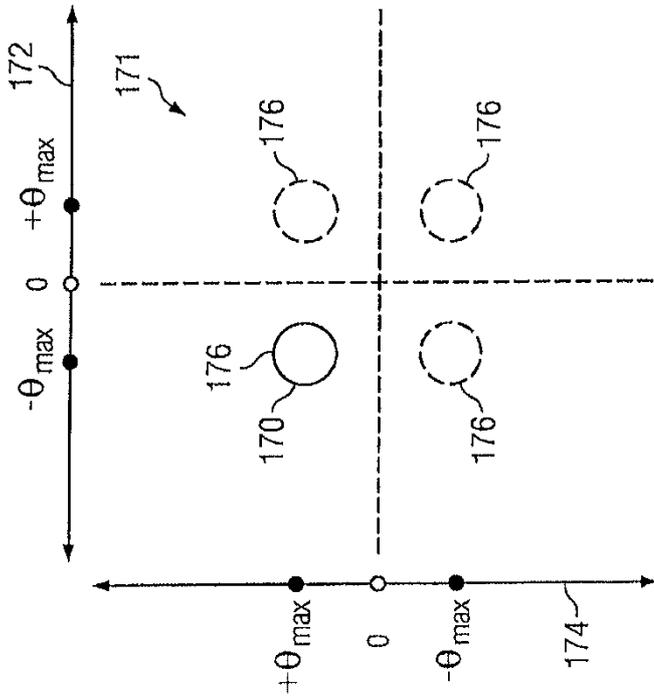


Fig. 12

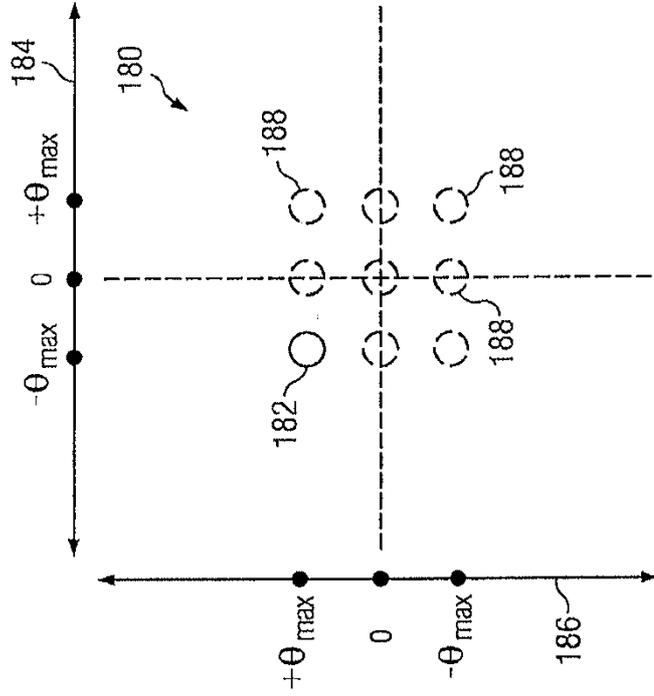


Fig. 13

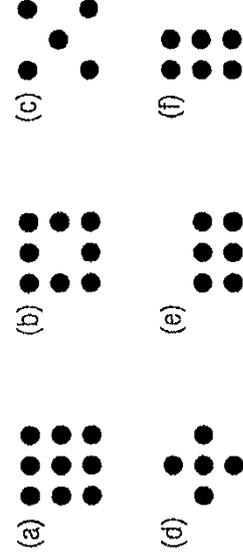
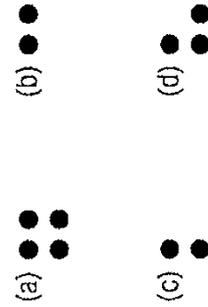


Fig. 14



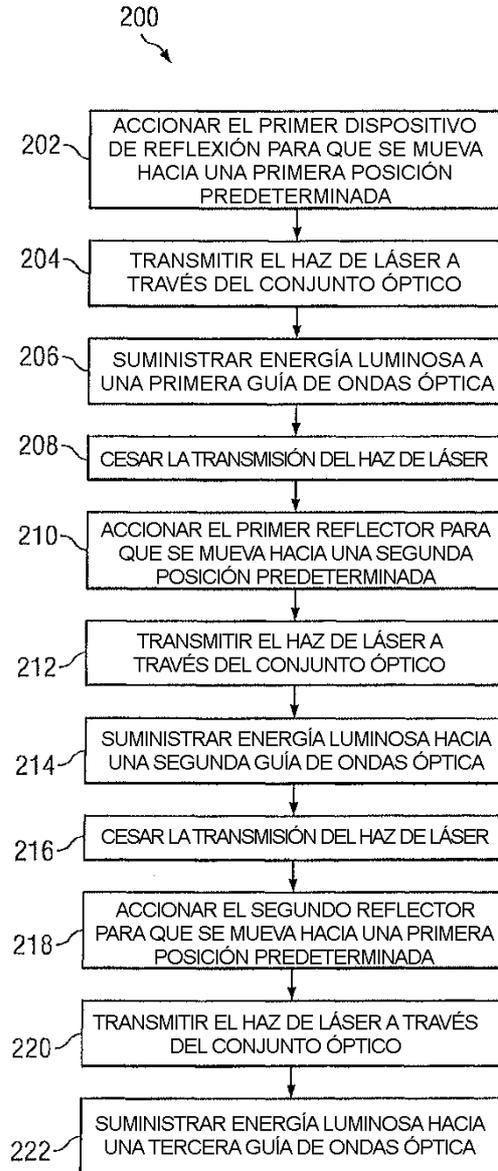


Fig. 15