

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 570 384**

51 Int. Cl.:

**G02F 1/29** (2006.01)

**G02F 1/13** (2006.01)

**G02F 1/1334** (2006.01)

**A61F 9/008** (2006.01)

**H01S 3/101** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.11.2012 E 12853393 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.03.2016 EP 2769254**

54 Título: **Sonda láser multipunto eléctricamente conmutable**

30 Prioridad:

**01.12.2011 US 201113308875**

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

**18.05.2016**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SMITH, RONALD T.**

74 Agente/Representante:

**CURELL AGUILÁ, Mireia**

**ES 2 570 384 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

Sonda láser multipunto eléctricamente conmutable.

### 5 **Campo técnico**

La presente revelación se refiere en general a sondas láser y, más particularmente, a una sonda láser multipunto eléctricamente conmutable.

### 10 **Antecedentes**

15 Pueden utilizarse sondas láser para una variedad de diferentes finalidades. En fotocoagulación por láser se puede utilizar una sonda láser para cauterizar vasos sanguíneos en puntos quemados por láser en toda la retina. Ciertos tipos de sondas láser queman múltiples puntos de una vez, lo que puede dar como resultado una fotocoagulación más rápida y eficiente. Algunas de estas sondas láser multipunto dividen un único haz láser en múltiples haces láser que tienen un patrón de puntos de láser y suministran los haces a una agrupación ordenada de fibras ópticas que tienen un patrón de fibras correspondiente. Las fibras ópticas transmiten los haces para producir un patrón de puntos en la diana. Sin embargo, en ciertas situaciones, estas sondas láser no son tan eficientes como se desea.

20 El documento WO 02/19018 A1 describe un dispositivo de guiado de haz analógico que utiliza una capa de cristales líquidos dispersos en polímero con electrodos de tipo tira individualmente direccionables. Las gotitas de cristal líquido son suficientemente pequeñas para cambiar meramente el índice de refracción efectivo de la capa de cristales líquidos dispersos en polímero mientras se provoca una dispersión de luz sólo despreciable. Direccionando individualmente las tiras de electrodo se introduce un gradiente de índice de refracción variable en toda la capa de  
25 cristales líquidos dispersos en polímero para permitir el guiado del haz, por ejemplo, desde una fibra óptica de entrada hasta una agrupación ordenada lineal de fibras ópticas de salida.

El documento US nº 5.151.814 A describe una agrupación ordenada en fases para guiado de haz óptico bidimensional que incluye dos células de cristal líquido, cada una de ellas con electrodos de tipo tira individualmente  
30 direccionables, extendiéndose las tiras de electrodo de las células ortogonalmente una con respecto a otra. Una de las células de exploración está dispuesta para mover un haz de luz a lo largo de un primer eje de coordenadas y la otra de las células de exploración está dispuesta para mover el haz de luz a lo largo de un segundo eje de coordenadas ortogonal al primer eje de coordenadas para permitir el guiado de haz bidimensional. En cada célula se aplica un voltaje diferente a cada uno de los electrodos de tipo tira para producir un gradiente de voltaje en toda la  
35 capa de cristales líquidos, lo que se traduce en una distribución de fase lineal en toda la célula de cristal líquido en cada célula.

El documento US 2007/265602 A1 describe una sonda de endofotocoagulación de fibra óptica multipunto. Un espejo montado en un dispositivo de deflexión (por ejemplo, un motor, galvo, etc.) se utiliza aquí a fin de guiar  
40 bidimensionalmente un haz láser en forma de un patrón de puntos de láser que coincide con un patrón de fibras de un mazo de fibras ópticas de salida. Una configuración alternativa descrita en el documento US2007/265602 A1 utiliza un interruptor de fibra óptica activo para acoplar secuencialmente el haz láser con el patrón de fibras del mazo de fibras ópticas de salida.

45 El documento US 2009/015923 A1 describe una sonda láser oftálmica multipunto en la que se utiliza una rejilla de difracción pasiva para difractar un haz láser en forma de un patrón de puntos de láser que coincide con un patrón de fibras de un mazo de fibras ópticas de salida. Un alojamiento cilíndrico comparte los elementos ópticos estructurales de la sonda de láser multipunto en la región interior de la misma.

### 50 **Breve resumen**

Las formas de realización de la presente invención proporcionan una sonda láser multipunto eléctricamente conmutable para su utilización en cirugía oftálmica según la reivindicación independiente adjunta 1, y un procedimiento de hacer funcionar dicha sonda de acuerdo con la reivindicación independiente adjunta 7. Las formas  
55 de realización preferidas se definen por las reivindicaciones dependientes adjuntas.

### **Breve descripción de los dibujos**

60 Ejemplos de realización de la presente divulgación se describirán ahora a modo de ejemplo con mayor detalle haciendo referencia a las figuras adjuntas, en las que:

la figura 1 ilustra un ejemplo de un sistema de sonda láser multipunto eléctricamente conmutable según ciertas formas de realización;

65 las figuras 2A y 2B ilustran un ejemplo de un material electroóptico (EO) según ciertas formas de realización;

las figuras 3 y 4 ilustran una célula de exploración de un sistema de sonda según ciertas formas de realización;

las figuras 5A a 5D ilustran un ejemplo de tensiones aplicadas a una célula de exploración según las formas de realización de la presente invención;

5 la figura 6 ilustra un ejemplo de un patrón de ángulos de diversión que puede producir un patrón de puntos unidimensional no conforme con la invención;

10 la figura 7 ilustra un ejemplo de un patrón de 2 x 2 puntos que puede formarse por células de exploración según ciertas formas de realización; y

la figura 8 ilustra un ejemplo de un patrón de 3 x 3 puntos que puede formarse por células de exploración según ciertas formas de realización.

### 15 Descripción detallada de ejemplos de realización

Haciendo referencia ahora a la descripción y los dibujos se muestran en detalle ejemplos de realización de los aparatos, sistemas y procedimientos descritos. La descripción y los dibujos no están destinados a ser exhaustivos o a limitar o restringir de otra forma las reivindicaciones a las formas de realización específicas mostradas en los dibujos y descritas en la descripción. Aunque los dibujos representan posibles formas de realización, los dibujos no están necesariamente a escala y ciertas características pueden haberse exagerado, eliminado o seccionado parcialmente para ilustrar mejor las formas de realización.

20 La figura 1 ilustra un ejemplo de un sistema de sonda láser multipunto eléctricamente conmutable 10 según ciertas formas de realización. En el ejemplo ilustrado, el sistema 10 incluye un láser 20, un puerto de láser 24, un adaptador 30, un conector de fibra óptica 34, un aliviador de tensión 66 y dispositivos de acoplamiento 35 acoplados como se ilustra. El adaptador 30 incluye un adaptador proximal 31 y un adaptador distal 32. Dispuestos dentro del adaptador 30 hay una lente 40, un sistema de exploración 42 y una lente 44. El conector de fibra óptica 34 puede incluir un casquillo 50 acoplado a un cuerpo de conector 51. Un inserto cilíndrico 52 puede disponerse dentro del conector de fibra óptica 34, y un mazo de fibras ópticas 56 puede disponerse dentro del inserto cilíndrico 52. El adaptador 30, la lente 44 y el conector de fibra óptica 34 pueden formar un intersticio de aire 46. Los dispositivos de acoplamiento 35 incluyen un cilindro roscado 26, un anillo de retención 28, un resorte 60, una tuerca de acoplamiento 62 y una pinza en C 64.

35 En un ejemplo de funcionamiento, el láser 20 emite un haz láser que se enfoca hacia la lente 40, que colima el haz láser. El sistema de exploración 42 y un controlador (no mostrado) exploran y conectan y desconectan (conectan/desconectan) el haz para producir un patrón de puntos de láser que coincide con un patrón de fibras del mazo de fibras ópticas 56. La lente 44 reenfoca el haz sobre las fibras ópticas 56. Las fibras ópticas 56 transmiten el haz a través de cualquier dispositivo adecuado, por ejemplo una sonda láser. El haz puede desplazarse a través de la sonda láser hasta cualquier diana adecuada, tal como la región siguiente de un ojo, tal como un ojo humano. El haz forma un patrón en la diana que coincide con los patrones de puntos de láser y de fibras. El haz puede utilizarse para cualquier finalidad adecuada, tal como para realizar una fotocoagulación en la retina del ojo.

40 En ciertas formas de realización, el láser 20 puede ser cualquier fuente de luz adecuada que pueda generar un haz láser. El láser 20 puede tener un obturador de láser que puede conectar/desconectar el haz. El puerto de láser 24 puede ser cualquier estructura adecuada que soporte ciertos componentes del sistema 10, de tal manera que el láser 20 puede dirigir un haz láser hacia la lente 40.

50 El adaptador 30 es un ejemplo de un alojamiento con una forma sustancialmente cilíndrica y una región interior sustancialmente cilíndrica. La región interior puede tener cualquier tamaño y forma adecuados para alojar las lentes 40 y 44 y el sistema de exploración 42. El adaptador 30 puede tener cualquier tamaño adecuado, por ejemplo una longitud entre 1 y 3 centímetros (cm) y un diámetro interior entre 200 y 300 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ). El adaptador 30 puede comprender cualquier material adecuado, tal como un metal.

55 Una lente 40 puede ser cualquier lente adecuada que pueda colimar un haz láser. Por ejemplo, la lente 40 puede ser una lente de índice de gradiente (GRIN). El sistema de exploración 42 dirige el haz láser en diferentes direcciones, es decir, explora el haz. Un controlador (no mostrado) instruye al sistema de exploración 42 para que explore y al láser 20 para que conecte/desconecte el haz de una manera coordinada para producir un haz de puntos de láser. El sistema de exploración 42 incluye células de exploración que comprenden un material electroóptico (EO) que cambia su índice de refracción en respuesta a un campo eléctrico aplicado. Un ejemplo de un material EO se describe sigüientemente con más detalle con referencia a las figuras 2A y 2B. En consecuencia, el sistema de exploración 42 puede cambiar la dirección de un haz de luz en respuesta a un voltaje aplicado. El sistema de exploración 42 se describe sigüientemente con más detalle con referencia a las figuras 3 a 5. La lente 44 puede ser cualquier lente adecuada que pueda reenfoque un haz multipunto sobre el plano focal definido por las caras extremas proximales de las fibras 56. Por ejemplo, la lente 44 puede ser una lente GRIN.

5 El conector de fibra óptica 34 acopla las fibras ópticas 56 al adaptador 30 para permitir que las fibras ópticas 56 reciban el haz láser del adaptador 30. Las fibras ópticas 56 pueden disponerse en una abertura del conector de fibra óptica 34 de tal manera que los extremos de las fibras 56 formen un patrón de fibras que coincide con el patrón de puntos de láser. Un patrón de puntos de láser coincide con un patrón de fibras si cada punto de haz choca o choca sustancialmente con una fibra óptica 56 para permitir que las fibras 56 reciban óptimamente el haz. Pueden utilizarse cualesquiera patrones de puntos de haz y fibras bidimensionales adecuados. Ejemplos de patrones de puntos de láser bidimensionales se describen con referencia a las figuras 7 y 8.

10 El cuerpo de conector 51 acopla el conector de fibra óptica 34 al adaptador 30 y/o a dispositivos conectados a una sonda. El cuerpo de conector 51 puede tener cualquier forma adecuada, por ejemplo una forma cilíndrica, dentro de la cual puedan disponerse las fibras ópticas 56. Una fibra óptica 56 es un guíaondas óptico que puede transmitir luz. Una fibra óptica 56 tiene un núcleo transparente rodeado por un revestimiento transparente. La fibra óptica 56 puede comprender cualquier material transparente adecuado, por ejemplo vidrio. La fibra óptica 56 puede tener cualquier tamaño apropiado. Por ejemplo, el núcleo 65 puede tener un diámetro en el rango de 50 a 100  $\mu\text{m}$ , tal como 15 aproximadamente 75  $\mu\text{m}$ , y el revestimiento puede tener un diámetro exterior en el rango de 80 a 150  $\mu\text{m}$ , tal como 90  $\mu\text{m}$ .

20 Los dispositivos de acoplamiento 35 acoplan conjuntamente ciertos componentes del sistema 10. Por ejemplo, el cilindro roscado 26 y el anillo de retención 28 acoplan el adaptador 30 y el puerto de láser 24 uno a otro. El resorte 60, la tuerca de acoplamiento 62 y la pinza en C 64 acoplan el conector de fibra óptica 34 y el adaptador 30 uno a otro.

25 Las figuras 2A y 2B ilustran un ejemplo de un material electroóptico (EO) según ciertas formas de realización. En el ejemplo, un material EO 80 está dispuesto entre unos electrodos 82 (82a-b). El material EO 80 puede ser un material de cristal líquido (LC) tal como un material de cristal líquido disperso en polímero (PDLC). En el material PDLC unas pequeñas gotitas LC 90 circulares o casi circulares con moléculas LC 94 están sumergidas dentro de un medio de polímero endurecido 92. Las gotitas 90 están inmovilizadas dentro del polímero 92, pero las moléculas LC 94 dentro de las gotitas 90 son libres de rotar. En ausencia de un campo eléctrico, las orientaciones de las moléculas LC 94 tienden a ser aleatorias, y el índice de refracción efectivo resultante de la gotita LC 90 es  $n_{LC}(V=0) = n_{LC0}$  (figura 2A).

30 Cuando se aplica un voltaje creciente al material PDLC, las moléculas LC 94 tienden a guiarse cada vez más a lo largo de la dirección del campo eléctrico, y el índice de refracción de la gotita 90 cambia de  $n_{LC0}$  a  $n_{LC}(V)$ . A un voltaje máximo  $V_{max}$ , las moléculas LC 94 se han alineado con el campo eléctrico, y el índice de refracción de la gotita LC 90 es  $n_{LC}(V_{max})$  (figura 2B).

35 Las gotitas LC 90 pueden ser del orden de una longitud de onda de luz láser o más pequeñas para evitar que se disperse luz del haz incidente hacia fuera de las gotitas LC 90. El material PDLC iluminado por el haz láser aparece como un medio efectivo con un índice de refracción efectivo  $n_{ef}$  que depende del índice de refracción de polímero constante  $n_{polímero}$  y del índice de refracción efectivo  $n_{LC}$  de las gotitas LC dependiente del voltaje. Por tanto, el índice efectivo  $n_{ef}$  depende también del voltaje y varía desde  $n_{ef0}$  a 0 voltios hasta  $n_{ef-max}$  a  $V_{max}$ .

40 La figura 3 ilustra un sistema 100 dentro del sistema de sonda 10, y la figura 4 ilustra una célula de exploración 110 del sistema 100. En el ejemplo ilustrado, el sistema 100 está acoplado a un controlador 112 y al láser 20. El sistema 100 incluye un alojamiento (tal como el adaptador 30), una o más lentes 40 y/o 44, un sistema de exploración 42 y los electrodos 114 (114a-d) acoplados como se muestra. Los electrodos 114 están dispuestos dentro del alojamiento. En ciertas formas de realización, los electrodos 114 pueden disponerse dentro de un cilindro interior 115 que está dispuesto dentro del alojamiento. El cilindro interior 115 aísla eléctricamente los electrodos 114 y puede comprender cualquier material adecuado, por ejemplo cerámica.

45 El sistema de exploración 42 comprende unas células de exploración 110 (110a-b), en donde cada célula de exploración 110 comprende un material electroóptico (EO). El sistema de exploración 42 realiza lo siguiente para producir un patrón de puntos: recibir voltajes y guiar eléctricamente el haz de luz con el material EO desde una dirección actual hasta una dirección siguiente en respuesta a los voltajes. El haz puede ser guiado hasta un ángulo de diversión  $\theta$  con respecto a un eje cilíndrico del alojamiento. El ángulo de diversión  $\theta$  puede tener cualquier valor 50 adecuado, tal como un valor en el rango de 0 a 90 grados.

55 El controlador 112 guía la luz aplicando diferentes voltajes a través de porciones diferentes de cada célula de exploración 110. En el ejemplo, cada célula de exploración 110 incluye una placa de cubierta 142, una capa de electrodos 144 dispuesta hacia fuera de la placa de cubierta 142, un elemento EO 146 dispuesto hacia fuera de la capa de electrodos 144, una capa de electrodos 150 (con electrodos de tipo tira 152) dispuesta hacia fuera del elemento EO 146 y una placa de cubierta 156.

60 Las placas de cubierta 142 y 156 pueden comprender cualquier material transparente adecuado, tal como vidrio, y pueden tener cualquier forma y tamaño adecuados, tal como una forma planar llana con un espesor en el rango de 65 10 a 200 micrones. Las capas de electrodos 144 y 150 aplican diferentes voltajes a través del elemento EO 146.

Las capas de electrodos 144 pueden comprender cualquier material conductor adecuado, tal como óxido de indio y estaño (ITO). En formas de realización de la presente invención, la capa de electrodos 150 comprende electrodos de tipo tira 152, en donde al menos dos electrodos de tipo tira 152 aplican diferentes voltajes. Un electrodo de tipo tira 152 puede comprender cualquier material conductor, tal como ITO. En formas de realización de la presente invención, los electrodos de tipo tira 152 son individualmente direccionables para producir un patrón de voltaje monotónicamente cambiante en función de la posición.

El elemento EO 146 cambia su índice de refracción en respuesta a un campo eléctrico aplicado. En consecuencia, el elemento EO 146 puede cambiar la dirección de un haz de luz en respuesta a un voltaje aplicado. El elemento EO 146 puede comprender cualquier material EO adecuado.

El controlador 112 aplica voltaje a cada célula de exploración 110 para guiar un haz láser. En ciertas formas de realización, el controlador 112 puede cambiar los voltajes para cambiar la dirección de un haz de luz a fin de producir el patrón de puntos de láser bidimensional. El controlador 112 puede enviar también instrucciones al láser 20 para que se conecte cuando el haz se dirija a una localización en la que deberá estar un punto y para que se desconecte cuando el haz no sea apuntado a una localización de punto (por ejemplo, cuando el haz se está moviendo desde una localización de punto a otra localización de punto).

Puede formarse un punto en cada localización de punto de un patrón de puntos durante un ciclo de exploración. (En ciertos casos, puede visitarse una localización de punto más de una vez durante un ciclo de exploración.) Los ciclos de exploración pueden tener lugar a cualquier tasa adecuada. En ciertas formas de realización, la tasa de exploración puede determinarse con respecto a un tiempo de combustión. En algunos casos, la tasa de exploración puede seleccionarse de tal manera que múltiples ciclos de exploración (tal como 2, 3, 4 o más ciclos) tengan lugar durante el tiempo de combustión. Por ejemplo, si el tiempo de combustión es de 200 milisegundos (ms), entonces el ciclo de exploración puede ser de 50 ms.

El controlador 112 puede formar cualquier patrón de puntos de láser bidimensional adecuado constituido por varios puntos. Por ejemplo, un patrón  $m \times n$  tiene  $m$  filas y  $n$  columnas, en donde  $m = n$  o  $m > n$ , y  $m, n = 2, 3, \dots$ . Como otro ejemplo, un patrón en cruz tiene filas de puntos que irradian desde un centro y que pueden o no tener un punto. Ejemplos de patrones de puntos de láser bidimensionales se describen con más detalle con referencia a las figuras 6 a 8. Además, un usuario puede instruir al controlador 112 para que forme un patrón diferente en tiempo real.

En formas de realización de la presente invención, el sistema 100 incluye dos células de exploración ortogonales 110 que dirigen un haz en dos dimensiones para producir un patrón de puntos bidimensional. Por tanto, en formas de realización de la presente invención, dos células de exploración 110 (110a-b) se posicionan ortogonalmente de tal manera que la célula 110a mueva el haz a lo largo de un primer eje de coordenadas y la célula 110b mueva el haz a lo largo de un segundo eje de coordenadas ortogonal al primer eje de coordenadas para permitir un guiado de haz bidimensional.

Las figuras 5A a 5D ilustran un ejemplo de voltajes aplicados a cada célula de exploración 110 según ciertas formas de realización. Las figuras muestran la manera en que pueden aplicarse voltajes a cada célula de exploración 110 para producir un patrón de índice de refracción monotónicamente cambiante en función de la posición.

La figura 5A ilustra un ejemplo de una célula de exploración 110 con electrodos de tipo tira 152 y lados A y B. Los diferentes electrodos de tipo tira 152 aplican diferentes voltajes para producir un patrón de voltaje en función de la posición. Puede aplicarse cualquier voltaje adecuado. En el ejemplo de la figura 5B, los voltajes cambian monotónicamente con respecto a la posición del lado A al lado B, por ejemplo de un voltaje en un rango de 10 a 250 voltios en el lado A a un voltaje en un rango de 0 a 5 voltios en el lado B. El patrón de voltaje en función de la posición produce un patrón de índice de refracción en función de la posición. En el ejemplo de la figura 5C, el índice de refracción cambia monotónicamente con respecto a la posición del lado A al lado B, por ejemplo de un índice de refracción en un rango de 1,5 a 1,8 en el lado A a un índice de refracción en un rango de 1,4 a 1,6 en el lado B. En consecuencia, cada célula de exploración 110 puede funcionar análogamente a un prisma en forma de cuña de la figura 5D.

El tiempo para que un haz pase a través de un elemento óptico depende inversamente de su espesor óptico, que es producto del índice de refracción y el espesor de la célula 110 en la que se está desplazando el haz. En el ejemplo ilustrado, el espesor de célula es constante a través de toda de la célula 110 y el índice de refracción varía en toda la célula 110, de modo que el espesor óptico y así el tiempo de tránsito del haz varían monotónicamente en toda la célula. El índice de refracción es más bajo en el lado B de la célula que en el lado A, de modo que el haz pasa a través del lado B de la célula más rápidamente que en el lado A.

En ciertas situaciones, se coliman haces incidentes y emitidos. Cuando un haz colimado incide normalmente sobre la célula 110 de la figura 5A, el haz alcanza una superficie exterior 158 de una placa 156 en el lado B más rápidamente que en el lado A debido a que el índice de reflexión es más bajo en el lado B que en el lado A. De acuerdo con los principios ópticos, el haz que emerge de la superficie 158 deberá ser planar, con el frente de onda

perpendicular a la dirección de haz. Así, hay un haz que se guía hacia el lado A cuando el haz sale de la célula 140. En consecuencia, los rayos entre el frente de onda planar incidente en la célula y el frente de onda planar que sale de la célula tienen la misma longitud de trayectoria óptica total. El mismo principio se aplica al prisma de cuña, excepto en el caso en que el índice de refracción es constante y el espesor de prisma varía con posición lateral. Pero el resultado final es el mismo: la célula LC en tira planar tiene el mismo efecto en la luz incidente que un prisma de cuña de índice constante.

La figura 6 ilustra un ejemplo de un patrón de ángulos de diversión que se utilizan para producir un patrón de puntos de láser unidimensional no conforme con la invención. El voltaje aplicado a la célula de exploración 110 puede cambiarse para cambiar el ángulo de diversión  $\theta$ . En el ejemplo, el gráfico 172 muestra el ángulo de diversión  $\theta$  cambiando con respecto al tiempo de  $\theta_i = \theta_1$  a  $\theta_4$ . Los cambios en el ángulo de diversión  $\theta$  pueden producir un patrón particular de luz emitida. En ciertas formas de realización, la potencia de láser puede sincronizarse para conectarse cuando el ángulo de diversión  $\theta$  está en un ángulo deseado  $\theta_i$ , pero para desconectarse cuando el ángulo de diversión  $\theta$  transita entre ángulos deseados  $\theta_i$ . El patrón de luz resultante puede tener puntos más claros y menos borrosos. En el ejemplo, el gráfico 174 muestra el patrón de luz emitida resultante de los cambios sincronizados en el ángulo de diversión  $\theta$  y la potencia de láser transmitida.

La figura 7 ilustra un ejemplo de un patrón de  $m \times n = 2 \times 2$  puntos que puede formarse por las células de exploración 110 (110a-b). En el ejemplo, el ángulo de exploración de un haz láser de una célula de exploración 110 está entre  $+\theta_{\max}$  y  $-\theta_{\max}$ . El controlador 112 controla las células 110 y el láser 20 de modo que el haz salte rápidamente entre las localizaciones de punto 210 (a-d), pero permanezca en cada localización de punto 210 durante un tiempo de parada para producir un punto de haz 212. En ciertas formas de realización, el controlador 112 puede detener el haz cuando el sistema de exploración está cambiando las direcciones e iniciar el haz cuando el sistema de exploración está en una posición fijada. "Detener el haz" puede referirse a cualquier acción que detiene el haz, tal como bloqueando o desconectando el haz. "Iniciar el haz" puede referirse a cualquier acción que inicia el haz, tal como desbloqueando o conectando el haz. El controlador 112 puede realizar estas acciones instruyendo al láser 20 para que realice estas acciones.

El haz puede visitar las localizaciones de punto 210 en cualquier orden adecuado. Por ejemplo, el haz puede saltar entre las localizaciones de punto 210a y 210b, permanecer en la localización de punto 210b durante un tiempo de parada, saltar entre las localizaciones de punto 210b y 210c, permanecer en la localización de punto 210c durante un tiempo de parada, etc. El patrón resultante es una agrupación ordenada cuadrada de  $2 \times 2$  que puede dirigirse hacia fibras con un patrón similar de  $2 \times 2$  fibras proximales. El haz se desplaza a través de las fibras y a través de un patrón de fibras distales para crear un patrón de haz (que coincide típicamente con el patrón de fibras distales) en la diana, tal como una retina. El patrón de fibras distales puede ser cualquier patrón adecuado, por ejemplo un patrón de  $p = m \times n$  puntos, tal como un patrón de  $2 \times 2$  o un patrón de  $1 \times 4$ .

La figura 8 ilustra un ejemplo de un patrón de  $m \times n = 3 \times 3$  puntos que puede formarse por las células de exploración 110 (110a-b). El controlador 112 controla las células 110 y el láser 20 de modo que el haz salte rápidamente entre las localizaciones de punto 220 (a-d), pero permanezca en cada localización de punto 220 durante un tiempo de parada para producir un punto de haz 222. El haz puede visitar las localizaciones de punto 220 en cualquier orden adecuado. Por ejemplo, las localizaciones de punto pueden visitarse en el orden 220a, 220b, 220c, ..., 220i. El patrón resultante es una agrupación ordenada cuadrada de  $3 \times 3$  que puede dirigirse hacia fibras con un patrón similar de  $3 \times 3$  fibras proximales y desplazarse a continuación a través de las fibras hasta un patrón de fibras distales. El patrón de fibras distales puede ser cualquier patrón adecuado, tal como un patrón de  $3 \times 3$  o un patrón de  $1 \times 9$ .

Puede utilizarse cualquier tiempo de parada adecuado. En ciertas formas de realización, el tiempo de parada puede seleccionarse con respecto al tiempo de exploración y al número de puntos en el patrón de exploración. Por ejemplo, si el tiempo de exploración para un patrón de cuatro puntos es de 40 ms, el tiempo de parada puede ser aproximadamente de 10 ms. En ciertas formas de realización, el controlador 112 puede configurarse para utilizar diferentes tiempos de residencia para diferentes situaciones y para diferentes localizaciones de punto en el mismo patrón. Por ejemplo, ciertos puntos de un patrón que se desplazan más lejos hacia la diana pueden ser mayores, de modo que pueden tener menos irradiancia que los puntos que no se desplazan tan lejos. Así, estos puntos pueden tener un tiempo de parada más largo para compensar la irradiancia reducida.

Un componente (tal como el controlador 112) de los sistemas y aparatos aquí descritos puede incluir una interfaz, una lógica, una memoria y/u otro elemento adecuado, cualquiera de los cuales puede incluir hardware y/o software. Una interfaz puede recibir una entrada, enviar una salida, procesar la entrada y/o la salida, y/o realizar otras operaciones adecuadas. La lógica puede realizar las operaciones de un componente, por ejemplo ejecutar instrucciones para generar una salida a partir de una entrada. La lógica puede codificarse en una memoria y puede realizar operaciones cuando es ejecutada por un ordenador. La lógica puede ser un procesador, tal como uno o más ordenadores, uno o más microprocesadores, una o más aplicaciones y/u otra lógica. Una memoria puede almacenar información y puede comprender uno o más medios de almacenamiento tangibles, legibles por ordenador y/o ejecutable por ordenador. Ejemplos de memoria incluyen una memoria informática (por ejemplo, una memoria de acceso aleatorio (RAM) o una memoria de solo lectura (ROM)), medios de almacenamiento en masa (por ejemplo,

un disco duro), medios de almacenamiento retirables (por ejemplo, un disco compacto (CD) o un disco de video digital (DVD)), una base de datos y/o un almacenamiento en red (por ejemplo, un servidor) y/u otros medios legibles por ordenador.

5 En formas de realización particulares, las operaciones de las formas de realización pueden realizarse por uno o más medios legibles por ordenador codificados con un programa informático, software, instrucciones ejecutables por ordenador y/o instrucciones capaces de ser ejecutadas por un ordenador. En formas de realización particulares, las operaciones pueden realizarse por uno o más medios legibles por ordenador que almacenan, incorporan y/o están codificados con un programa informático y/o que tienen un programa informático almacenado y/o un programa informático codificado.

10 Aunque esta revelación se ha descrito en términos de ciertas formas de realización, serán evidentes a los expertos en la materia algunas modificaciones (tales como cambios, sustituciones, adiciones, omisiones y/u otras modificaciones) de las formas de realización. En consecuencia, pueden hacerse modificaciones a las formas de realización sin apartarse del alcance de la invención. Por ejemplo, pueden hacerse modificaciones en los sistemas y aparatos aquí descritos. Los componentes de los sistemas y aparatos pueden integrarse o separarse, y las operaciones de los sistemas y aparatos pueden realizarse por más componentes, menos componentes u otros componentes. Como otro ejemplo, pueden realizarse modificaciones en los procedimientos aquí descritos. Los procedimientos pueden incluir más pasos u otros pasos, y los pasos pueden realizarse en cualquier orden adecuado.

15 Son posibles otras modificaciones sin apartarse del alcance de la invención. Por ejemplo, la descripción ilustra formas de realización en aplicaciones prácticas particulares, pero otras formas de realización serán evidentes a los expertos en la materia.

20 La descripción explica e ilustra los principios y modos de funcionamiento de la invención utilizando ejemplos de realización. La descripción permite que otros expertos en la materia utilicen los sistemas, aparatos y procedimientos en diversas formas de realización y con diversas modificaciones, pero ésta no deberá utilizarse para determinar el alcance de la invención.

25 El alcance de la invención se determina por las reivindicaciones.

30 Todos los términos de las reivindicaciones deberán recibir sus más amplias interpretaciones razonables y sus significados ordinarios, tal como se entienden por los expertos en la materia, a menos que se haga aquí una indicación explícita en sentido contrario. Por ejemplo, el uso de los artículos singulares tales como "un", "el", etc. deberá leerse para enumerar uno o más de los elementos indicados, a menos que una reivindicación se refiera a una limitación explícita en sentido contrario. Como otro ejemplo, "cada" se refiere a cada miembro de un grupo o cada miembro de un subgrupo de un grupo, en donde un grupo puede incluir cero, uno o más de un elemento. En resumen, la invención es capaz de modificación y el alcance de la invención se determina no con referencia a la descripción, sino con referencia a las reivindicaciones y al alcance completo de sus equivalentes.

**REIVINDICACIONES**

1. Sonda láser multipunto eléctricamente conmutable (10) para su utilización en cirugía oftálmica para fotocoagular un tejido, que comprende:
- 5 un alojamiento cilíndrico (30) que tiene una región interior;
- una o más lentes (40, 44) dispuestas dentro de la región interior, estando cada lente configurada para transmitir un haz láser; y
- 10 un sistema de exploración (42) dispuesto dentro de la región interior, comprendiendo el sistema de exploración una primera célula de exploración (110a) y una segunda célula de exploración (110b), estando la primera célula de exploración dispuesta para mover el haz láser a lo largo de un primer eje de coordenadas y estando la segunda célula de exploración dispuesta para mover el haz láser a lo largo de un segundo eje de coordenadas ortogonal al primer eje de coordenadas para permitir un guiado de haz bidimensional,
- 15 comprendiendo cada célula de exploración un material electroóptico (80), pudiendo el sistema de exploración ser controlado por un controlador (112) de la sonda láser para realizar lo siguiente durante una serie de iteraciones para producir un patrón de puntos de láser bidimensional que coincide con un patrón bidimensional de los extremos de entrada de una pluralidad de fibras ópticas de salida (56) de la sonda láser:
- 20 recibir voltajes del controlador (112) de la sonda láser; y
- guiar eléctricamente el haz láser con el material electroóptico de las células de exploración desde una dirección actual hasta una dirección siguiente en respuesta a los voltajes,
- 25 comprendiendo cada célula de exploración:
- una primera capa de electrodos (144) y una segunda capa de electrodos (150) opuesta a la primera capa de electrodos;
- 30 un elemento electroóptico (146) que comprende el material electroóptico (80) y dispuesto entre la primera capa de electrodos y la segunda capa de electrodos; y
- 35 comprendiendo la segunda capa de electrodos una serie de electrodos de tipo tira (152) que incluye un primer electrodo de tipo tira en un primer lado de la célula de exploración y
- un segundo electrodo de tipo tira en un segundo lado de la célula de exploración opuesto al primer lado en vista en planta de la célula de exploración;
- 40 en el que, para una dirección de guiado de haz dada, el controlador está dispuesto para aplicar un voltaje diferente a cada uno de entre los electrodos de tipo tira, cambiando monotónicamente dicho voltaje con la posición de los electrodos de tipo tira desde el primer lado hasta el segundo lado de la respectiva célula de exploración.
- 45 2. Sistema según la reivindicación 1, en el que el material electroóptico comprende un material de cristales líquidos dispersos en polímero.
3. Sistema según la reivindicación 1, en el que cada capa de electrodos está formada por un material eléctricamente conductor y ópticamente transparente.
- 50 4. Sistema según la reivindicación 1, en el que el controlador está dispuesto de tal manera que el número de iteraciones sea igual al número de puntos del patrón de puntos de láser.
5. Sistema según la reivindicación 1, en el que el controlador está dispuesto para controlar el sistema de exploración (42) para realizar lo siguiente durante una serie de iteraciones para producir el patrón de puntos de láser:
- 55 mantener el haz láser en una localización de punto de láser actual del patrón de puntos de láser durante un tiempo de parada; y
- 60 a continuación, guiar el haz láser hacia una localización de punto de láser siguiente del patrón de puntos de láser.
6. Sistema según la reivindicación 1, en el que el controlador está configurado además para:



iniciar el haz láser cuando el sistema de exploración justamente ha acabado de dirigir el haz láser hacia una localización de punto de láser dada del patrón de puntos de láser para permanecer allí durante un tiempo de parada; y

5           detener el haz láser mientras el sistema de exploración está guiando el haz láser hacia una localización de punto de láser siguiente del patrón de puntos de láser.

7. Procedimiento para hacer funcionar una sonda láser multipunto eléctricamente conmutable (10) para su utilización en cirugía oftálmica para fotocoagular un tejido, comprendiendo el procedimiento:

10           transmitir un haz láser a través de una o más lentes (40, 44) dispuestas dentro de una región interior de un alojamiento (30) de la sonda láser;

15           recibir, por un sistema de exploración (42) dispuesto dentro de la región interior, los voltajes de un controlador (112) de la sonda láser, comprendiendo el sistema de exploración una primera célula de exploración (110a) y una segunda célula de exploración (110b), estando la primera célula de exploración dispuesta para mover el haz láser a lo largo de un primer eje de coordenadas y estando dispuesta la segunda célula de exploración para mover el haz láser a lo largo de un segundo eje de coordenadas ortogonal al primer eje de coordenadas para permitir un guiado de haz bidimensional, comprendiendo cada célula de exploración un material electroóptico, una primera capa de electrodos (144) y una segunda capa de electrodos (150) opuesta a la primera capa de electrodos; y un elemento electroóptico (146) que comprende el material electroóptico (80) dispuesto entre la primera capa de electrodos y la segunda capa de electrodos, comprendiendo la segunda capa de electrodos una serie de electrodos de tipo tira (152) que incluye un primer electrodo de tipo tira en un primer lado de la célula de exploración y un segundo electrodo de tipo tira en un segundo lado de la célula de exploración opuesto al primer lado en vista en planta de la célula de exploración, y

25           realizar, controlando el sistema de exploración con el controlador, lo siguiente durante una serie de iteraciones con el fin de guiar eléctricamente el haz láser con el material electroóptico desde una dirección actual hasta una dirección siguiente y producir, de este modo, un patrón de puntos de láser bidimensional que coincide con un patrón bidimensional de extremos de entrada de una pluralidad de fibras ópticas de salida (56) de la sonda láser:

          recibir voltajes del controlador;

35           para una dirección de guiado de haz dada, aplicar un voltaje diferente a cada uno de los electrodos de tipo tira, cambiando monotónicamente dicho voltaje con la posición de los electrodos de tipo tira desde el primer lado hasta el segundo lado de la respectiva célula de exploración.

8. Procedimiento según la reivindicación 7, en el que el material electroóptico comprende un material de cristales líquidos dispersos en polímero.

40           9. Procedimiento según la reivindicación 7, en el que la recepción de los voltajes comprende:

45           recibir los voltajes por las capas de electrodos de cada célula de exploración, estando cada capa de electrodo formada por un material eléctricamente conductor y ópticamente transparente.

50           10. Procedimiento según la reivindicación 7, en el que el número de iteraciones es igual al número de puntos del patrón de puntos de láser.

55           11. Procedimiento según la reivindicación 7, en el que la realización de lo siguiente durante una serie de iteraciones para producir el patrón de puntos de láser además comprende:

          mantener el haz láser en una localización de punto de láser actual del patrón de puntos de láser durante un tiempo de parada; y

          a continuación, guiar el haz láser hacia una localización de punto de láser siguiente del patrón de puntos de láser.

12. Procedimiento según la reivindicación 7, que además comprende:

60           iniciar, por el controlador, el haz láser cuando el sistema de exploración justamente ha acabado de dirigir el haz láser hacia una localización de punto de láser dada del patrón de puntos de láser para permanecer allí durante un tiempo de parada; y

65           detener, por el controlador, el haz láser mientras el sistema de exploración está guiando el haz láser hacia una localización de punto de láser siguiente del patrón de puntos de láser.

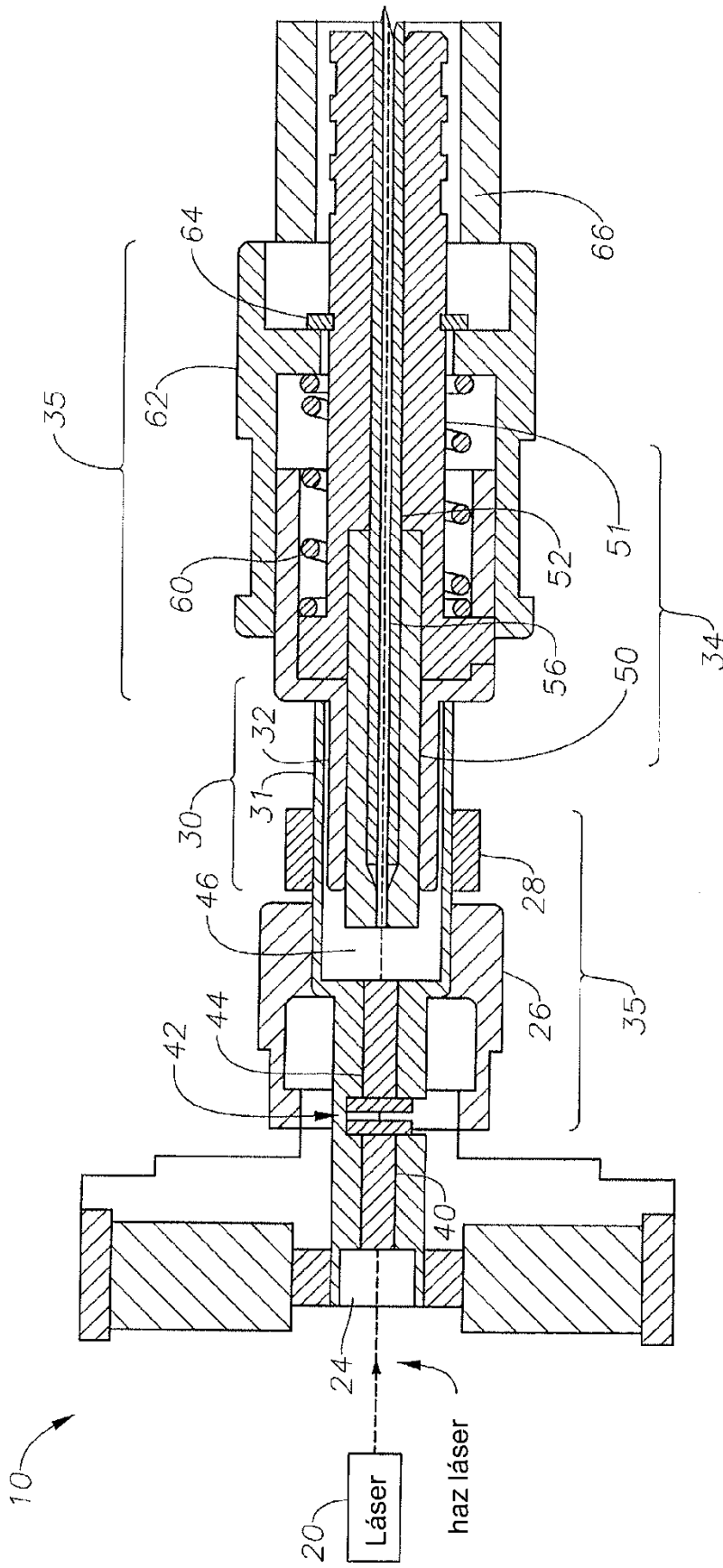


Fig. 1

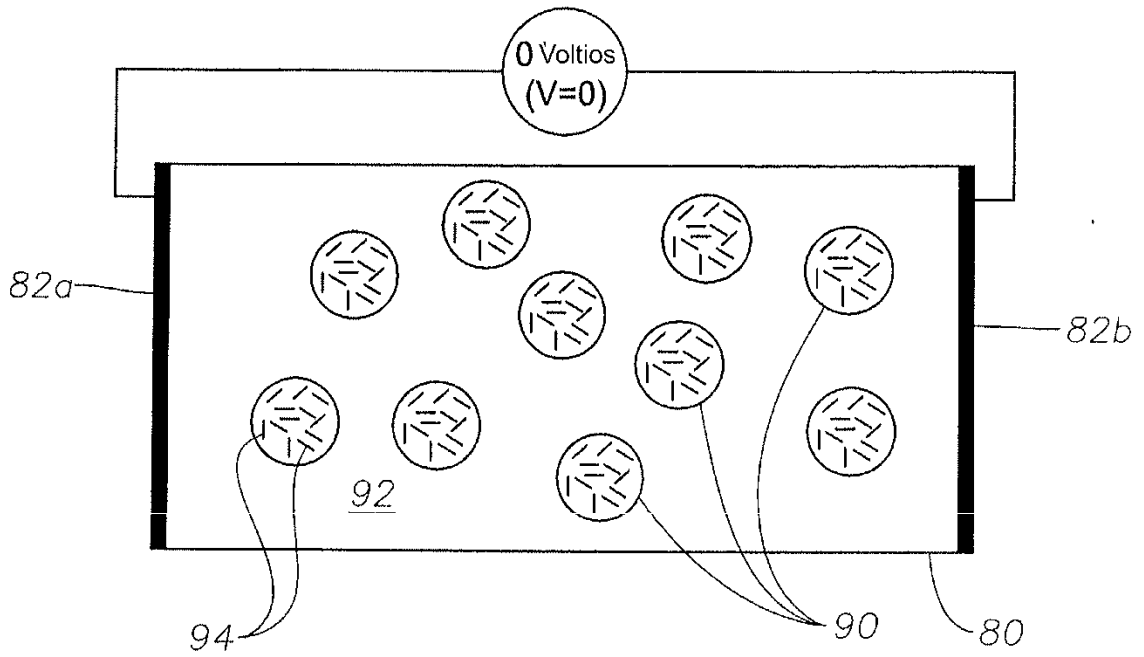


Fig. 2A

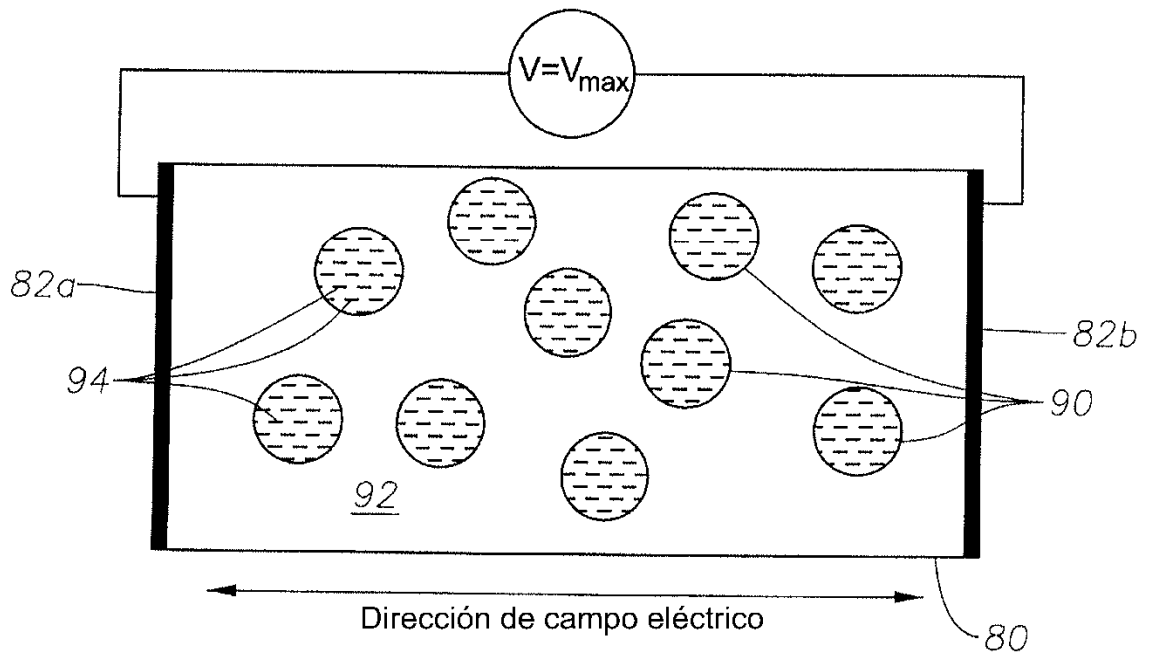


Fig. 2B

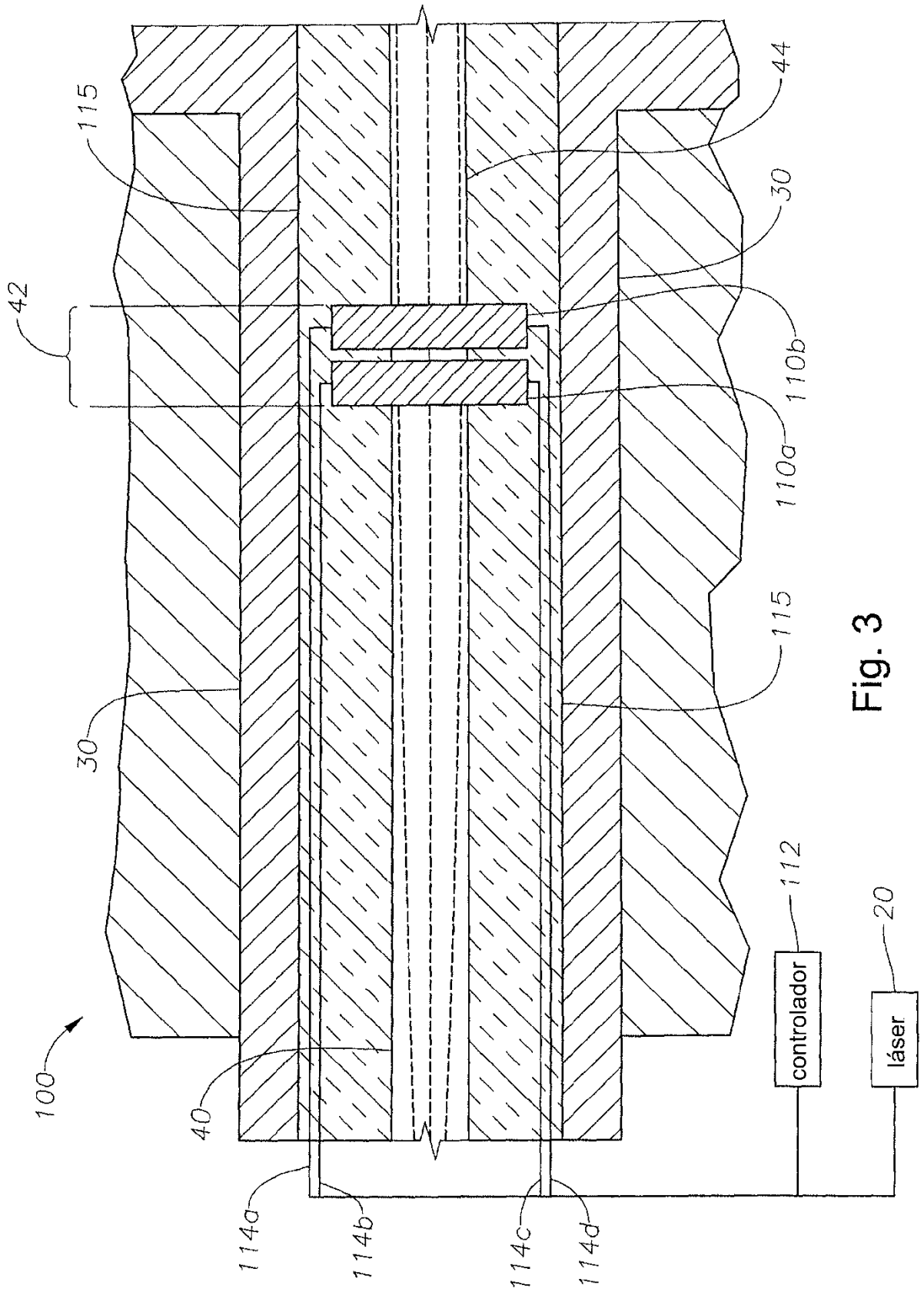


Fig. 3

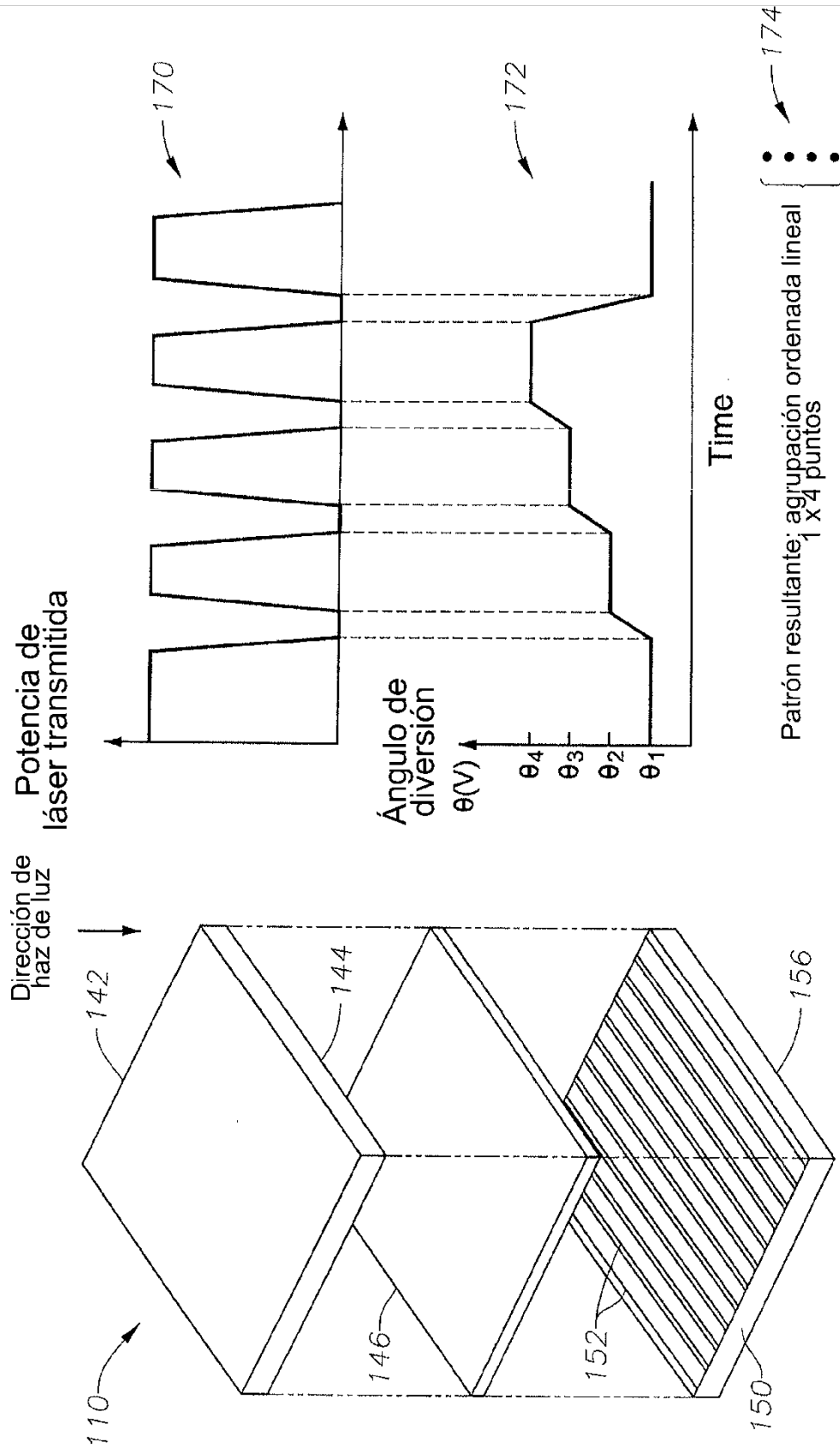


Fig. 4

Fig. 6

Fig. 5A

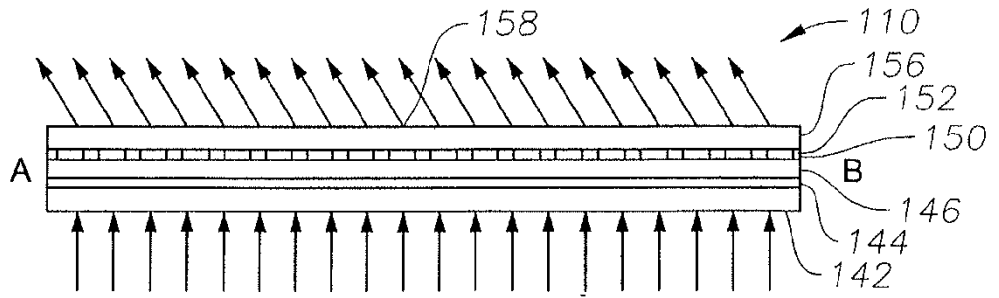


Fig. 5B

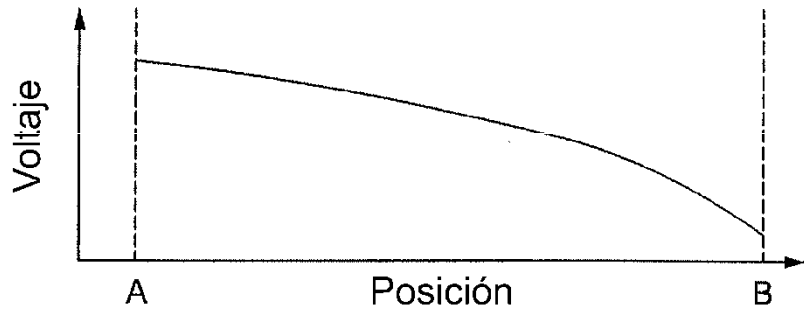


Fig. 5C

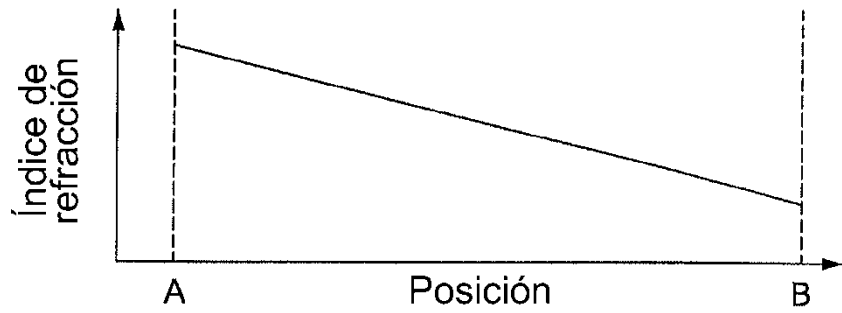
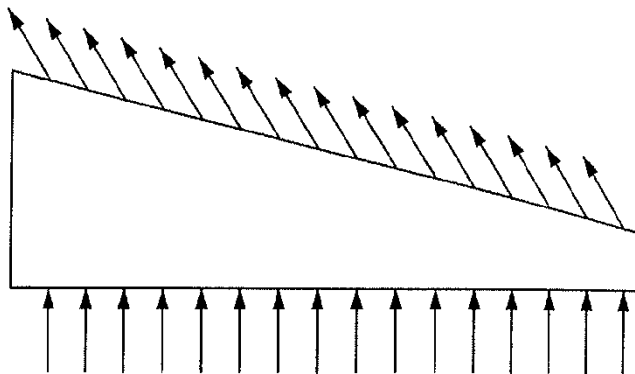


Fig. 5D



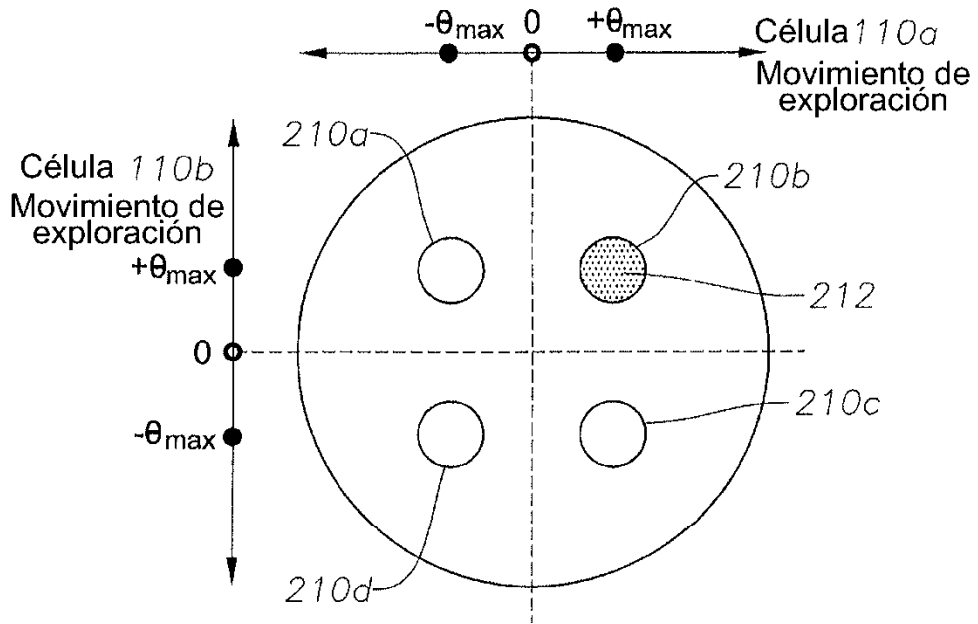


Fig. 7

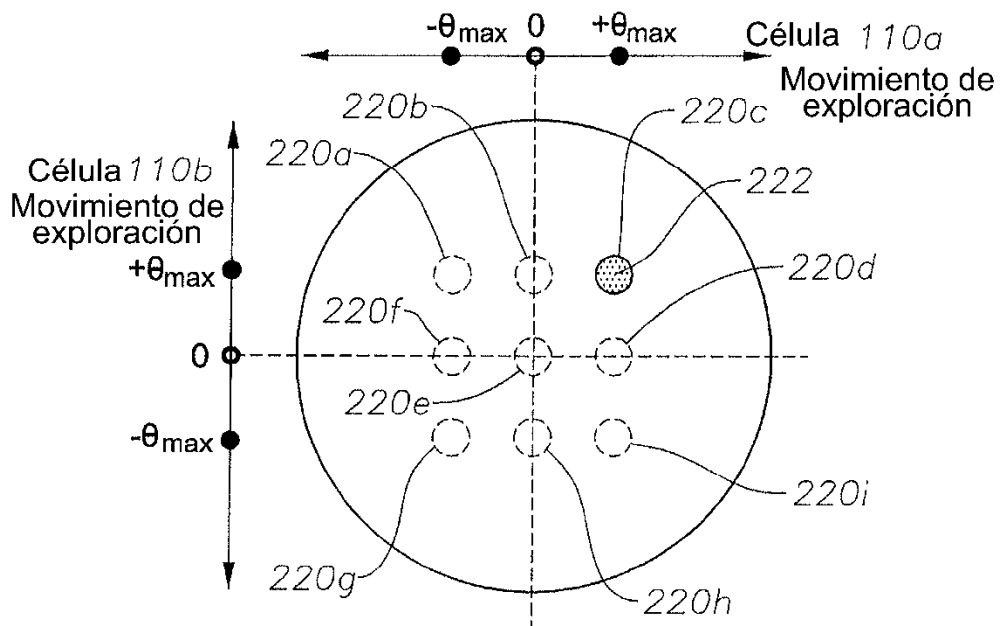


Fig. 8