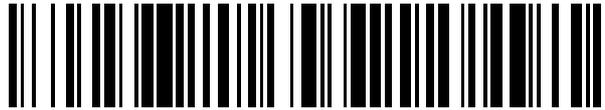


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 670 976**

51 Int. Cl.:

| | |
|-------------------|-----------|
| G02B 6/04 | (2006.01) |
| G02B 6/43 | (2006.01) |
| H01S 3/10 | (2006.01) |
| H01S 3/23 | (2006.01) |
| G02B 27/09 | (2006.01) |
| G02B 6/255 | (2006.01) |
| G02B 6/28 | (2006.01) |
| H01S 3/067 | (2006.01) |

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.01.2014 PCT/GB2014/050203**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **07.08.2014 WO14118516**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.01.2014 E 14701616 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.04.2018 EP 2951625**

54 Título: **Combinador laser de fibra óptica**

30 Prioridad:

31.01.2013 GB 201301745

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

04.06.2018

73 Titular/es:

**SPI LASERS UK LIMITED (100.0%)
3 Wellington Park Tollbar Way Hedge End
Southampton SO30 2QU, GB**

72 Inventor/es:

**KEEN, STEPHEN;
MOORE, STEPHEN y
BOTHEROYD, IAIN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 670 976 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

Combinador laser de fibra óptica

5 Esta invención se refiere a un combinador laser de fibra óptica. En particular, se refiere a un combinador para combinar la salida de varios láseres en una fibra única de salida, y a aparatos y métodos para controlar el perfil de haz espacial emitido desde esa fibra.

10 Muchos esquemas de procesamiento de laser dependen de la entrega del haz por medio de una fibra óptica. Esta fibra es usualmente simétrica radialmente (de sección recta circular) y tiene un perfil de índice de refracción uniforme (conocido de otro modo como índice de paso). El haz emitido desde tal fibra es así también circularmente simétrico y produce una distribución de luz generalmente uniforme sobre una pieza de trabajo que recibe un haz de laser por medio de la fibra óptica de entrega del haz.

Para muchas aplicaciones es deseable producir distribuciones de luz no uniformes adaptadas sobre la pieza de trabajo, tal como un perfil o perfiles anulares que tienen un pico central. Los esquemas están disponibles para producir tales perfiles pero son a menudo complejos e implican el uso de una óptica de espacio libre. Su uso no es deseable, particularmente con sistemas de laser de fibra de alta potencia.

15 Un método para producir sistemas de laser de fibra de alta potencia es combinar las salidas de varios láseres por medio de un paquete de fibra cónico, empalmado a una fibra de salida. Cada laser es entregado al paquete por medio de una fibra de entrada separada, los haces de laser en las fibras de entrada separadas son a continuación combinados y todas sus entradas salen por medio de la misma fibra de salida única. Éstas son conocidas generalmente como combinadores de salida. Un aspecto de tal esquema de combinación es que, aunque las fibras de entrada individuales están situadas en una cercana proximidad una de otra, las entradas son distintas mientras que permanecen en el paquete cónico. La fibra de salida normal recoge todas las entradas y produce una salida uniforme ya que todas las entradas están superpuestas por la misma región de índice de refracción único circularmente simétrico.

El documento WO 2011/048398 revela un sistema que tiene un paquete de fibra cónico de entrada.

25 El documento WO 2005/029146 describe un acoplador óptico que tiene un paquete de fibras multimodo con una fibra de pocos modos en su centro. Tal paquete está fusionado en un extremo que es el extremo de salida para la señal que es transmitida por la fibra de pocos modos. Para hacer el acoplador, este extremo de salida del paquete está alineado y empalmado con una fibra de doble revestimiento de núcleo de área grande mientras que preserva el contenido modal del canal de alimentación.

30 El documento US 2005/0105854 revela un multiplexor de bomba de fibra óptica en el que una o más fibras de un modo, pocos modos o multimodo están incorporadas en un paquete para transportar la entrada a un amplificador de fibra o la salida de un amplificador de fibra o un laser de fibra. La entrada está en la longitud de onda de la señal, que es la longitud de onda en la que ocurre la amplificación o la acción laser. Cada una de las fibras en el paquete está escindida individualmente o como un grupo, y los extremos de las fibras están alineados en el mismo plano. El amplificador de fibra o laser de fibra puede incluir una fibra doble revestida y las otras fibras del paquete acoplan luz para bombeo de revestimiento. El dispositivo puede también incluir un filtro de modo para controlar el modo de salida.

40 El documento WO 2009/080039 describe un combinador óptico de fibra que tiene una sección de entrada y una sección de salida, separadas en una dirección longitudinal del combinador por una sección intermedia, en donde dicha sección de entrada comprende una pluralidad de N fibras ópticas individuales en donde el núcleo de al menos una de dichas fibras individuales se extiende a través de al menos parte de la sección intermedia desde la sección de entrada a la sección de salida y $A_{core,n}$ se reduce a lo largo al menos de una parte de la sección intermedia en la que dicha reducción se obtiene por la retirada de material de dicho núcleo. Por lo tanto se pueden obtener unas propiedades mejoradas del combinador.

45 El documento GB 2307059 describe un acoplador estrella óptico que tiene un medio de empaquetamiento que comprenden un paquete de fibras ópticas conectado a un medio que comprenden una guía de onda y un medio de difusor-reflector que comprenden un espejo terminal que tiene un plano de reflexión y una capa de difusión de la luz. El medio de empaquetamiento está dispuesto para formar un plano llano y tiene un reflector de luz formado en parte del plano. El difusor-reflector está dispuesto para conectar con el otro extremo del medio de mezclado. El difusor-reflector permite que la señal óptica radiada desde una de las fibras ópticas sea distribuida uniformemente a través de la guía de onda de modo que la señal óptica sea distribuida eficazmente a las otras fibras ópticas.

La presente invención surgió en un intento de proporcionar una disposición de combinación que puede producir una distribución no uniforme o adaptada de luz en una pieza de trabajo.

55 De acuerdo con la presente invención en un primer aspecto hay un aparato óptico de acuerdo con la reivindicación 6.

Las zonas secundarias están de este modo dispuestas de forma que proporcionan un acoplamiento de solamente un subconjunto de las fibras de entrada.

La primera zona tiene un diámetro que es preferiblemente igual al diámetro del paquete de fibras de entrada en el punto de empalme.

5 La fibra de salida puede ser una fibra de salida de doble revestimiento.

La primera zona puede ser un revestimiento.

La zona secundaria comprende una o más zonas anulares.

El paquete de fibras de entrada comprende al menos un conjunto de fibras de entrada radialmente exteriores, y dicha zona anular se superpone radialmente a dichas fibras de entrada exteriores.

10 La fibra de salida tiene una zona anular secundaria tal como un anillo circular de alto índice que se superpone con las fibras exteriores del paquete de entrada, de modo que una mayoría de la luz de entrada se acopla directamente al pedestal anular que está formado por el anillo de alto índice. Esto lleva a un perfil de intensidad de salida de luz frente al diámetro que tiene un pico anular. Este método de producir un haz anular es un método sólido y sencillo comparado con la mayoría de los otros esquemas ópticos. Además, aumenta el brillo, típicamente por la relación del área total de fibra con el área del pedestal anular. Tal perfil es también beneficioso para una amplia gama de aplicaciones de procesamiento de láser.

15 En un aspecto posterior la invención proporciona un método para proporcionar una única salida de una pluralidad de láseres de acuerdo con la reivindicación 1. Las zonas secundarias pueden ser una zona anular o una pluralidad de zonas anulares, una combinación de un núcleo central y una o más zonas anulares, u otras configuraciones en las que una zona de alto índice está dispuesta, cuyas zonas pueden tener unos índices de refracción diferentes.

20 En un aspecto posterior se ha dispuesto un sistema de láser que incluye un combinador de salida como se ha descrito.

En un aspecto adicional se ha proporcionado un método de procesamiento de material, o de adaptación de un perfil de haz durante el procesamiento del material usando un método o aparato como se ha descrito.

25 A continuación se describirán las realizaciones de la invención, solamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos esquemáticos que se acompañan, en los que:

la Figura 1 muestra una vista de frente de un paquete de fibras de entrada;

la Figura 2 muestra una fibra de salida de adaptación sin una zona secundaria;

la Figura 3 muestra un diagrama de intensidad de salida;

30 la Figura 4 muestra una vista de frente de un paquete de fibras;

la Figura 5 muestra una fibra de salida de adaptación con una zona secundaria;

la Figura 6 muestra un diagrama de intensidad de salida con una entrada de borde;

la Figura 7 muestra un diagrama de intensidad de salida con una entrada central;

la Figura 8 muestra una vista de frente de un paquete de entrada;

35 la Figura 9 muestra una salida de adaptación de una zona secundaria;

la Figura 10 muestra un diagrama de la intensidad de salida;

la Figura 11 muestra una fibra de salida similar a la Figura 5;

la Figura 12 muestra la fibra de salida superpuesta con un paquete de fibra cónico de entrada;

la Figura 13 muestra una fibra de salida de zona anular de alto índice similar a la de la Figura 9.

40 La Figura 14 muestra la fibra de salida de la Figura 13 superpuesta con un paquete de fibra cónico de entrada; y

La Figura 15 muestra un sistema útil para procesamiento de material.

45 Las Figuras 1 a 3 muestran el sistema previamente propuesto. Un paquete de fibras de entrada comprende un paquete de siete fibras que comprende una primera fibra central 1 y seis fibras exteriores 2a a 2f. Cada fibra tiene un revestimiento 4 (de diámetro d) y un núcleo 3. El paquete de fibras es cónico de una manera conocida. Recibe entradas desde siete láseres de fibra separados en un extremo próximo, y el extremo distal se muestra en la figura,

a partir del cual cada una de las salidas de laser es emitida por medio de fibras separadas. Es empalmado a una fibra 5 de salida de empalme típicamente de diámetro 3d de revestimiento. En la fibra de salida, cada una de las salidas del laser separado, que han sido aplicadas a través de cada una de las fibras del paquete de fibras mostrado en la Figura 1 son combinadas, el haz resultante se emite en el extremo de salida de la fibra 4 de salida. La Figura 3 muestra aproximadamente la intensidad relativa de la salida a través del diámetro de la fase de salida de la fibra y se verá que ésta es generalmente uniforme a través de todo el diámetro. Naturalmente, el diagrama está simplificado y puede haber unas ligeras variaciones en la práctica.

La Figura 4 nuevamente muestra un paquete de entrada similar al de la Figura 1. Hay que advertir que los paquetes de fibra de entrada en sí mismos son bien conocidos y comprenden un núcleo central 3 y una zona exterior de revestimiento. Ésta está empalmada a una fibra 6 de salida mostrada en la Figura 5 que difiere de la que está en la Figura 2 por tener un núcleo central 7 y un revestimiento circundante 8. De este modo, la zona de revestimiento 8 es una primera zona de índice de refracción n0, y el núcleo 7 es una zona secundaria de índice n1, diferente de n0. El diámetro del revestimiento es aproximadamente igual al diámetro exterior del paquete de fibra cónico de entrada y de este modo tiene un diámetro aproximado 3d. El núcleo tiene un índice de refracción mayor que el revestimiento. En una realización los índices de refracción son los siguientes:

| | |
|---------------|---------|
| Núcleo | = 1,459 |
| Revestimiento | = 1,455 |
| NA | = 0,11 |

La Figura 11 muestra también la fibra de salida de la Figura 5 y la Figura 12 muestra ésta superpuesta sobre una vista de la sección recta de la fibra cónica de entrada, que ilustra cada una de las fibras de entrada 11a a 11g y la fibra de salida 12 que tiene un núcleo 13 que descansa generalmente concéntrico (coaxial) con, o al menos dentro (o coextensivo con) una fibra central 11g. Se ha observado que el núcleo interno (7, 13) actúa para captar la mayor parte de la luz procedente de la fibra de entrada central 11g y de este modo da un pico pronunciado 15 en el perfil del haz de salida que se muestra en la Figura 6. Además, también se ha observado que una porción de la luz procedente de la fibra de entrada exterior (puertos de entrada) 11a a 11f es también captada por el núcleo central de la fibra de salida. De este modo, un perfil como el mostrado en la Figura 6 o en la Figura 7 se obtiene, por ejemplo, con un pico central 15 encima de un nivel 16 del plató. Tal perfil es beneficioso para una gama de operaciones de procesamiento de laser.

La Figura 7 muestra un ejemplo de una entrada central (es decir, en donde la entrada viene principal o totalmente de la fibra de entrada central) y la Figura 6 muestra un ejemplo de una entrada de borde, en donde la mayoría de la entrada viene del anillo de fibras que rodea la fibra de entrada central. Se ha visto que con una entrada central se obtiene un pico mucho más pronunciado, aunque un pico significativo se obtiene todavía con una entrada de borde. Variando el tipo de entrada y también el índice y el tamaño del núcleo central y/o del revestimiento se pueden obtener salidas diferentes para usos diferentes.

La Figura 8 muestra nuevamente un paquete de fibra de entrada similar al de la Figura 4.

La Figura 9 muestra una fibra de salida 17 que tiene una zona anular 18 de índice relativamente alto. La Figura 13 muestra una fibra de salida de la zona anular de alto índice similar a la de la Figura 9, y la Figura 14 muestra la fibra de salida de la Figura 13 superpuesta con un paquete de fibra cónico. Como se muestra en la Figura 14, éste más preferiblemente se superpone a las fibras exteriores (11a a 11f) del paquete de fibras cónico mostrado en la Figura 8. Esto es, el diámetro interior d1 es mayor que o igual a d (el diámetro de una fibra de entrada), y el diámetro exterior d2 de la zona anular es menor que o igual a 3xd, como se muestra en la Figura 14 en la que el anillo se muestra estando superpuesto con las fibras de entrada exteriores.

Esto lleva a un perfil de salida mostrado esquemáticamente en la Figura 10, que tiene un anillo 20, 21 encima de un plató 22. En tal fibra de salida que tiene una zona anular de alto índice que se superpone con las fibras exteriores del paquete cónico de entrada, la gran mayoría de la luz de entrada está acoplada directamente a este pedestal anular. La eficiencia del sistema tiende a ser muy alta en comparación con los métodos de espacio libre de generación del haz anular. Además, se ha encontrado que el brillo de la fuente en realidad aumenta (en la relación del área de fibra total al área del pedestal anular).

La Figura 15 muestra una aplicación típica de la invención en una aplicación de procesamiento de material. Las subunidades de laser 23 mostradas pueden tener una potencia de salida de hasta 1,5 kW, y el haz combinado en 26 puede ser de hasta 10 kW. La fuente de laser del combinador 25 está dirigida por medio de una óptica de acoplamiento 27 sobre el material 28 para ser modificado.

N fuentes 23 de laser de fibra individuales están acopladas en el combinador 25 a través de sus respectivas fibras 24 de alimentación. El combinador está formado por la fusión de la fibra de alimentación 24 y la fibra de entrega 26. Mediante la elección del perfil del índice de refracción de la fibra de entrega 26 y la orientación de las fibras de

alimentación 24 relativas a esta fibra el perfil del haz de salida en 28 puede ser controlado como se ha descrito anteriormente en esta aplicación. En las Figuras 6, 7 y 10 se muestran ejemplos de los perfiles.

- 5 Un aspecto posterior de esta invención es un cambio rápido del perfil del modo. Mediante el direccionamiento/control individual de los láseres componentes 23, el perfil del haz de salida en 28 puede ser conmutado. Por ejemplo, usando el combinador descrito en las Figuras 4 y 5, la excitación de todos los láseres produce un perfil plano superior ancho casi plano ideal para soldar y cortar secciones gruesas. La excitación de precisamente el puerto central del laser por otra parte produce un perfil de haz estrecho que es ideal para el corte de la sección. Así, cada laser puede ser conmutado ON u OFF durante una operación de procesamiento de material, independientemente del otro laser, para alterar o adaptar el perfil del haz. El tiempo para conmutar entre estos dos perfiles está limitado por el tiempo de respuesta de la electrónica de control para los láseres individuales 23. Típicamente éste puede ser 10 del orden de decenas de microsegundos. Este tiempo es mucho más rápido que la mayor parte de los métodos de conmutación óptica alternativos que han sido previamente usados para controlar el perfil del haz. Este tiempo rápido de conmutación permite la posibilidad de conmutar el perfil del haz en proceso para un procesamiento de material optimizado.
- 15 Uno, dos o más de los N láseres puede ser cambiado ON u OFF, o variada su salida, para alterar el perfil del haz.

Las realizaciones mostradas y descritas son solamente ilustrativas y se pueden usar otras realizaciones que se encuentren dentro del alcance de las reivindicaciones. Algunos pueden tener un núcleo central y una o más zonas anulares o de otra forma de un índice relativamente alto en comparación con el resto de la fibra de salida. Se pueden usar otras formas para diferentes perfiles de haz.

20

REIVINDICACIONES

1. Un método para proporcionar una única salida de una pluralidad de láseres, que comprende proporcionar un paquete de fibras de entrada (11g, 11a-11f) que tiene una pluralidad de fibras de entrada que reciben salidas de laser desde cada uno de una pluralidad de láseres (Laser 1, Laser 2), y que empalman el paquete en un punto de empalme a una única fibra de salida (6, 17, 26); comprendiendo dicha fibra de salida una primera zona (8) con un índice de refracción n_0 y un diámetro igual a o mayor que el diámetro del paquete de fibras de entrada, y también incluye una o más zonas secundarias (7, 18) dentro de la primera zona, teniendo cada una de las zonas secundarias un índice de refracción que difiere de n_0 , caracterizado por que cada una de las zonas secundarias no recubren todas las fibras de entrada, en donde la zona secundaria comprende una zona (18) anular de alto índice el paquete de fibras de entrada (11g, 11a-11f) comprende una fibra central (11g) y una pluralidad de fibras exteriores radiales (11a-11f), en donde la zona anular (18) de alto índice se superpone a las fibras exteriores radiales (11a-11f) pero no se superpone a la fibra central (11g) y; el método comprende además controlar las salidas de cada uno de los láseres (Laser 1, Laser 2) independientemente para seleccionar o ajustar el perfil del haz de una salida del haz de la fibra de salida (6, 17, 26).
2. Un método como el reivindicado en la Reivindicación 1, en el que los láseres son láseres de fibra.
3. Un método como el reivindicado en la Reivindicación 1, en el que la zona anular (18) de alto índice tiene un diámetro que es mayor que o igual al diámetro de una de las fibras de entrada (11g, 11a-11f) y menor que o igual a tres veces el diámetro de una de las fibras de entrada.
4. Un método como el reivindicado en la Reivindicación 3, en el que las fibras de entrada (11g, 11a-11f) tienen todas el mismo diámetro.
5. Un método como el reivindicado en cualquiera de las Reivindicaciones 1 a 4, usado en una operación de procesamiento de material.
6. Un aparato óptico que comprende un combinador óptico (25), que comprende un paquete de fibras de entrada (11g, 11a-11f) empalmado a una fibra de salida (6, 17, 26), comprendiendo dicha fibra de salida una primera zona (8) con un índice de refracción n_0 y un diámetro igual a o mayor que el diámetro del paquete de fibra de entrada y una o más zonas secundarias (7, 18) dentro de la primera zona, teniendo cada una de las zonas secundarias un índice de refracción que difiere de n_0 , caracterizado porque cada de las zonas secundarias que no yace sobre todas las fibras de entrada en las que la zona secundaria comprende al menos una zona (18) de alto índice, comprendiendo el paquete de fibras de entrada una fibra interior (11g) y al menos un conjunto exterior radial de fibras de entrada (11a-11f) y en donde dicha zona anular (18) yace radialmente sobre dicho conjunto exterior pero no yace sobre dicha fibra interior, y por una pluralidad de láseres (Laser 1, Laser 2), cada laser dispuesto para proporcionar una salida de laser a una respectiva fibra de entrada, en donde las salidas de laser de los láseres son controlables independientemente para seleccionar o ajustar el perfil del haz de una salida de haz de laser de la fibra de salida (6, 17, 26).

35

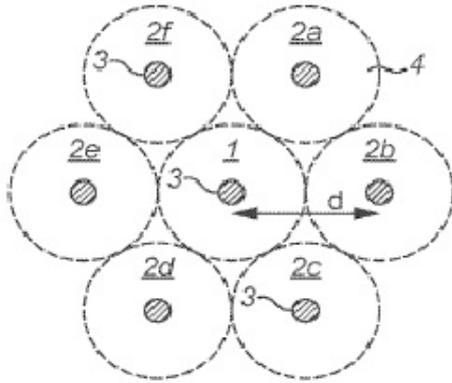


FIG. 1

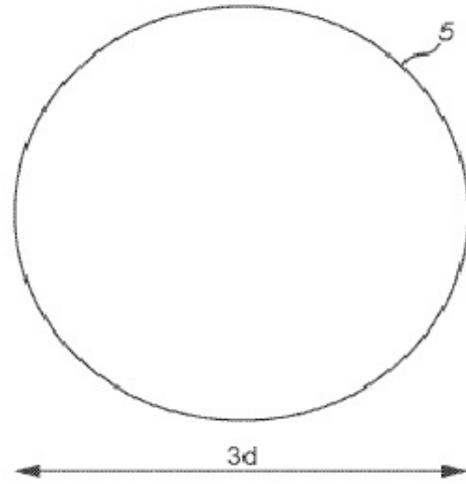


FIG. 2

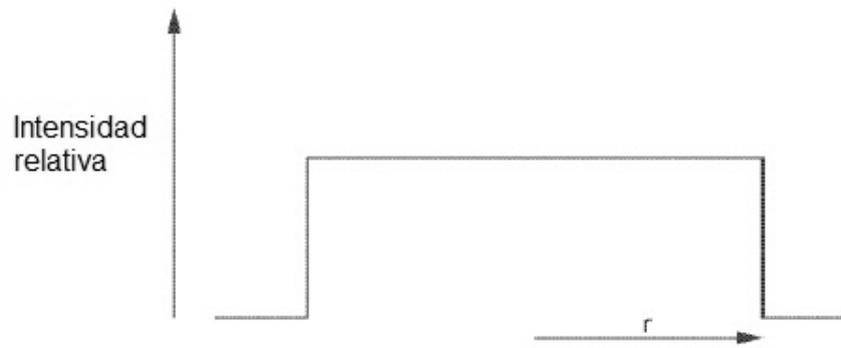


FIG. 3

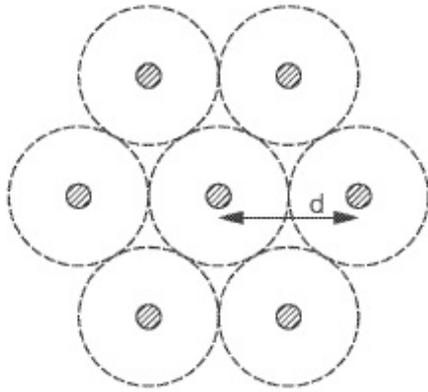


FIG. 4

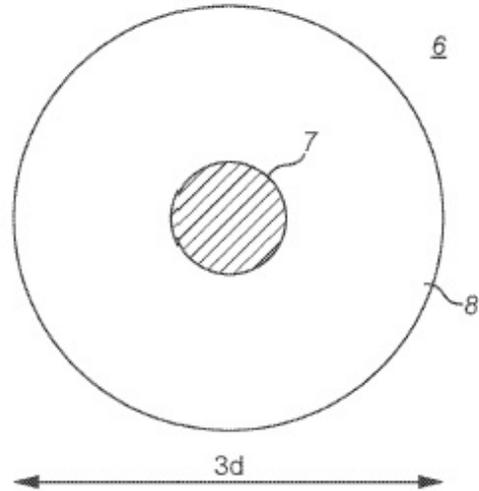


FIG. 5

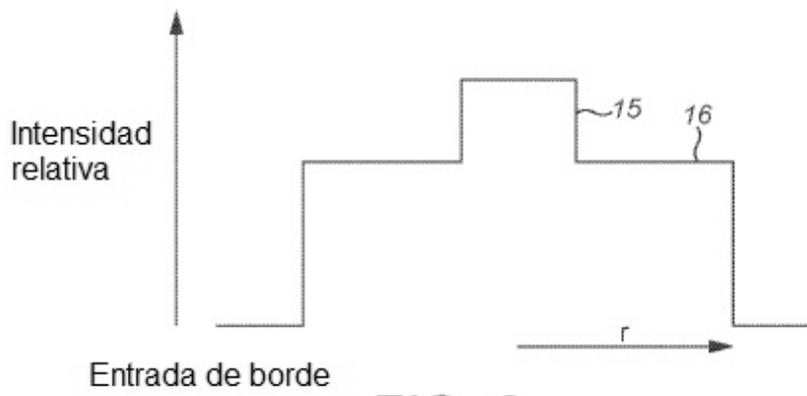


FIG. 6

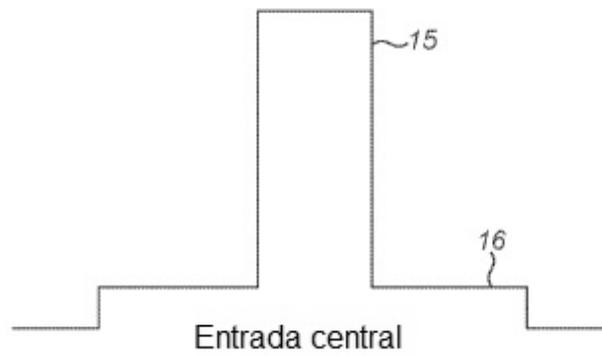


FIG. 7

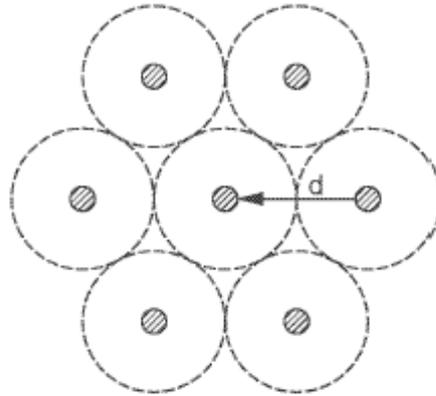


FIG. 8

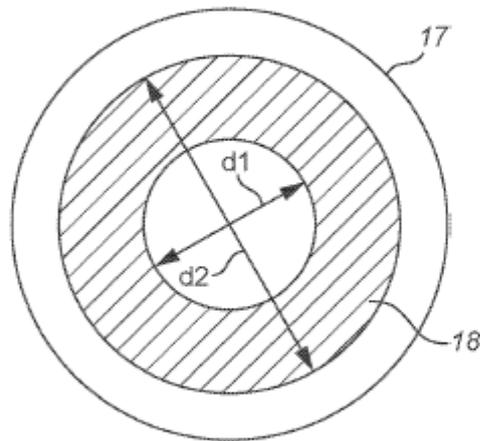


FIG. 9

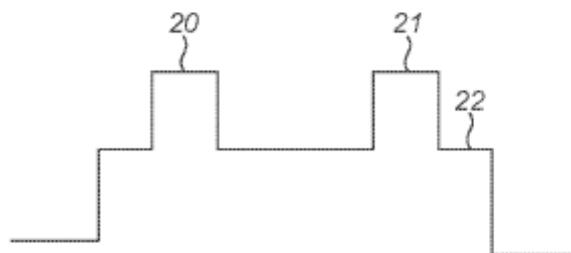


FIG. 10

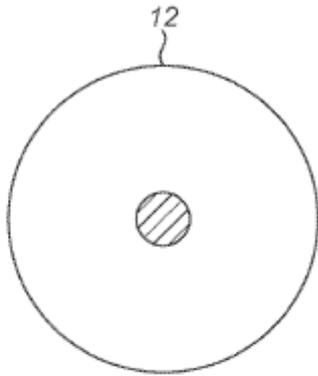


FIG. 11

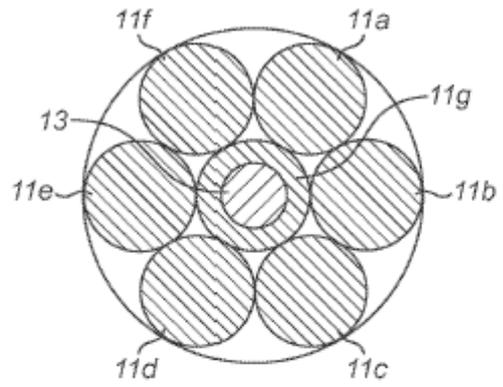


FIG. 12

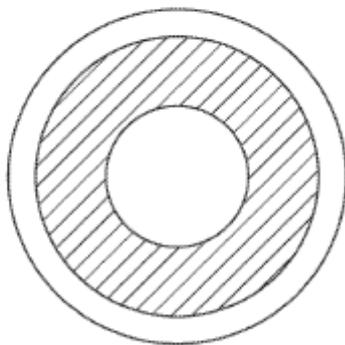


FIG. 13

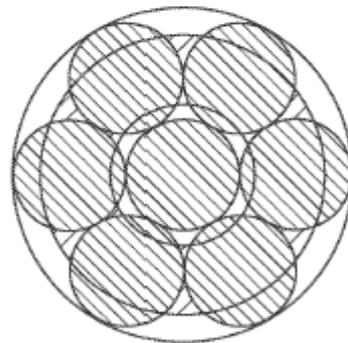


FIG. 14

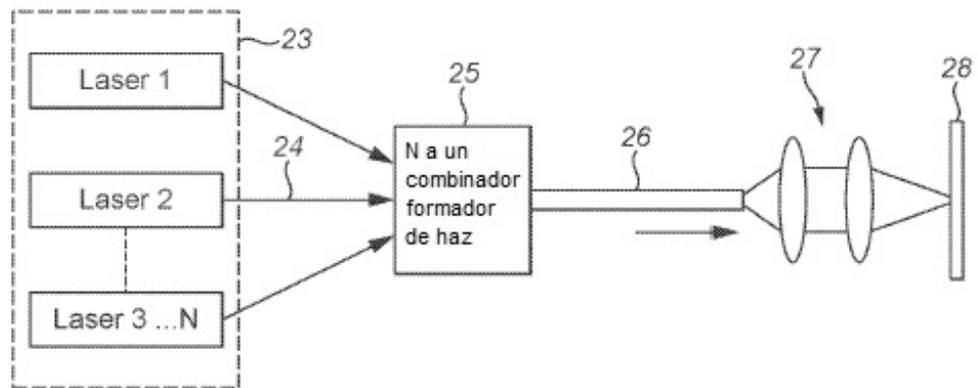


FIG. 15