

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 450 467**

51 Int. Cl.:

**H01S 3/03** (2006.01)

**H01S 3/07** (2006.01)

**H01S 3/0975** (2006.01)

**B23K 26/08** (2006.01)

**B23K 26/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.09.2011 E 11007185 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.01.2014 EP 2565993**

54 Título: **Dispositivo láser y procedimiento de generación de luz láser**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**24.03.2014**

73 Titular/es:

**ALLTEC ANGEWANDTE LASERLICHT  
TECHNOLOGIE GESELLSCHAFT MIT  
BESCHRÄNKTER HAFTUNG (100.0%)  
An der Trave 27-31  
23923 Selmsdorf, DE**

72 Inventor/es:

**ARMBRUSTER, KEVIN L.;  
GILMARTIN, BRAD D.;  
KUECKENDAHL, PETER J.;  
RICHARD, BERNARD J. y  
RYAN, DANIEL J.**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 450 467 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Dispositivo láser y procedimiento de generación de luz láser

5 La invención se refiere a un dispositivo láser que comprende una pluralidad de tubos resonadores lineales para excitar un gas, estando los tubos resonadores en comunicación fluida entre sí y que forman un espacio tubular común, elementos de conexión dispuestos en esquinas entre tubos resonadores adyacentes del espacio tubular común, medios de excitación para los tubos resonadores para excitar el gas en los tubos resonadores para la generación de una luz láser, espejos dispuestos en los elementos de conexión para reflejar la luz láser entre los tubos resonadores, y un acoplador de salida parcialmente reflectante para el acoplamiento de un haz láser .

La invención se refiere además a un procedimiento para la generación de luz láser.

10 La potencia de salida de un dispositivo láser se determina, entre otros factores, por la longitud del espacio tubular, en particular, la distancia entre el acoplador de salida y un espejo trasero. Esto significa que a medida que aumenta el requisito de potencia también lo hace la longitud del láser. Cuando la potencia del láser se aproxima de 20 a 30 vatios, la longitud del dispositivo láser puede llegar a ser poco práctica para muchas aplicaciones.

15 Los desarrolladores de láser han utilizado espacios tubulares plegados, como se muestra en la figura 1, para minimizar el aumento de la longitud a expensas de la sección transversal. El enfoque de diseño de estos desarrolladores de láser ha sido minimizar la sección transversal del láser comprimiendo los pliegues tan cerca como sea posible.

20 Sin embargo, en muchas aplicaciones, en especial en aplicaciones de marcado, donde el espacio es un bien escaso, la sección transversal larga pero pequeña del diseño del láser resulta en un reto, si no imposibles problemas de integración.

El documento US 5.115.446 divulga una estructura de transporte para las bridas y otros elementos de dos trayectorias de haces láser. De acuerdo con una realización, las dos trayectorias de haces láser están acopladas mediante espejos para formar una trayectoria única y común del haz láser.

25 El documento US 4.912.718 divulga un láser que tiene una pluralidad de módulos que son al menos sustancialmente el mismo y están conectados entre sí en las esquinas de los módulos mediante bridas de conexión.

El documento JP 63-94695 A describe un láser que tiene una pluralidad de tubos láser dispuestos en un patrón cuadrado.

Es un objeto de la invención proporcionar un dispositivo láser y un procedimiento para la generación de luz láser que sean muy económicos y puedan proporcionar una alta potencia de salida.

30 El objeto se resuelve según la invención mediante un dispositivo láser que tiene las características de la reivindicación 1 y un procedimiento para la generación de luz láser que tiene características de la reivindicación 13. Las realizaciones preferidas se proporcionan en las reivindicaciones dependientes.

35 El dispositivo láser de acuerdo con la invención se caracteriza porque los tubos resonadores están dispuestos en forma de una hélice, que rodea un espacio central libre de tubos resonadores. El procedimiento para la generación de luz láser se caracteriza porque la luz láser se genera en una pluralidad de tubos resonadores que están en comunicación fluida y forman un espacio tubular común y que están dispuestos en forma de una hélice.

40 La disposición de hélice de los tubos resonadores proporciona un dispositivo láser compacto con una alta densidad de potencia. La alimentación del dispositivo láser se determina fundamentalmente por la longitud del espacio tubular, que forma una cavidad del dispositivo láser en el que se refleja la luz del láser entre un espejo trasero en un extremo y el acoplador de salida parcialmente reflectante en el extremo opuesto. Al plegar el resonador en un patrón helicoidal alrededor del espacio central libre, la longitud del resonador se puede aumentar sin aumentar en la misma cantidad la longitud total del dispositivo láser.

El dispositivo láser de la invención tiene un eje longitudinal que se extiende dentro del espacio central libre. Los tubos resonadores se enrollan de manera helicoidal alrededor del eje longitudinal.

45 Los tubos resonadores forman un espacio tubular común, que también se puede denominar como resonador del dispositivo láser. En otras palabras, el dispositivo láser comprende un resonador que incluye una pluralidad de tubos resonadores que pueden estar conectados de manera fluida entre sí.

50 El dispositivo láser de la invención puede ser un láser de gas y, en particular, un dispositivo láser de CO<sub>2</sub>, en el que el gas en el resonador o en los tubos resonadores incluye CO<sub>2</sub>. El gas es excitado mediante medios de excitación para generar luz láser dentro del resonador o de los tubos resonadores. Los principios de tales dispositivos láser son bien conocidos en la técnica, de manera que se omite aquí una descripción detallada de los mismos.

El dispositivo láser puede ser, en particular, un cabezal de marcado, y se utiliza preferentemente para el marcado o

grabado de un objeto con un haz láser.

5 El espejo trasero, que es preferiblemente un espejo totalmente reflectante, está dispuesto en un primer extremo del espacio tubular común del dispositivo láser. El acoplador de salida, en particular, un espejo parcialmente reflectante, está dispuesto en un segundo extremo opuesto del espacio tubular común. Por lo tanto, el resonador se define en los extremos axiales opuestos mediante el espejo trasero y el acoplador de salida. Una parte de la luz láser en el espacio tubular está acoplado como el haz láser a través del acoplador de salida.

10 El dispositivo láser proporciona un espacio libre interior que está rodeado por los tubos resonadores y en el que se pueden colocar componentes adicionales del dispositivo láser. Tales componentes adicionales pueden ser, por ejemplo, componentes electrónicos, tales como controladores para los medios de excitación, o componentes ópticos, tales como una o más lentes o uno o más espejos para una deflexión del haz láser. Tales componentes se alojan de forma segura en la cavidad interior libre en el centro del dispositivo láser.

La disposición helicoidal de los tubos resonadores también permite una refrigeración efectiva de los tubos resonadores, ya que los tubos resonadores no se comprimen como en la disposición plegada típica, como se muestra en la figura 1.

15 Los tubos resonadores son, en particular, tubos rectos lineales o, es decir, que tienen un eje longitudinal que se extiende a lo largo de una línea recta. Se pueden formar áreas de esquina entre tubos resonadores adyacentes.

20 Los elementos de conexión o bridas de esquina están dispuestos en las esquinas entre los tubos resonadores y están conectados en cada caso a dos tubos resonadores adyacentes. Los espejos para el acoplamiento de la luz láser entre los tubos resonadores se colocan o se alojan dentro de los elementos de conexión. Los elementos de conexión o bridas de esquina incluyen preferiblemente un material cerámico. Uno de los elementos de conexión comprende el acoplador de salida y el mismo u otro elemento de conexión comprende el espejo trasero.

25 En una realización preferida de la invención, los tubos resonadores están dispuestos en un patrón helicoidal poligonal, en particular un patrón helicoidal rectangular o cuadrado. La hélice tiene en este caso una sección transversal poligonal y los tubos resonadores rodean un espacio libre substancialmente poligonal. Preferiblemente, todo el dispositivo láser tiene una sección transversal poligonal, preferiblemente rectangular o cuadrada, con un espacio central poligonal o cúbico. Los tubos resonadores están dispuestos en las superficies exteriores del espacio central libre poligonal o cúbico.

30 En lugar de un patrón helicoidal rectangular o cuadrado, los tubos resonadores también pueden estar dispuestos en cualquier otra forma poligonal, por ejemplo, un patrón helicoidal triangular o una hélice que tiene una sección transversal con cinco, seis o más esquinas.

Según la invención, el ángulo que se forma entre dos tubos resonadores adyacentes es preferiblemente mayor que 60°, más preferiblemente al menos 90°. También se prefiere según la invención que los ángulos entre dos tubos resonadores adyacentes sean iguales.

35 Un dispositivo láser muy compacto, en particular, para el marcado de un objeto, se consigue porque el dispositivo láser puede estar configurado para emitir el haz láser en el espacio central libre rodeado por los tubos resonadores. Para este fin, puede proporcionarse un espejo de desviación, que desvía el haz láser que pasa a través del acoplador de salida en la dirección del espacio central libre. El espejo de desviación, que también se puede denominar como espejo de salida, está dispuesto preferentemente fuera del resonador del dispositivo láser.

40 Una ventaja fundamental de la deflexión del haz láser hacia el espacio encerrado por los tubos resonadores es que se puede colocar componentes ópticos adicionales del dispositivo láser, tales como lentes o espejos adicionales, para desviar y/o reorganizar el haz láser dentro del dispositivo láser, proporcionando así un diseño muy compacto.

45 En otra realización preferida, se proporciona un dispositivo de exploración que incluye al menos un espejo móvil para desviar el haz láser acoplado a través del acoplador de salida en direcciones predeterminadas. El dispositivo de exploración puede estar dispuesto en el espacio central libre rodeado por los tubos resonadores. Se puede redirigir el haz láser a través de una abertura en una carcasa del dispositivo de láser desde el interior del dispositivo láser en un lado exterior del dispositivo láser.

50 Para proporcionar el espacio tubular común se prefiere que al menos uno de los elementos de conexión comprenda al menos una cavidad interna, que está en comunicación fluida con al menos dos tubos resonadores adyacentes del patrón helicoidal. La cavidad interior puede tener una forma tubular o de modo de tubo con una primera abertura axial en un primer extremo axial y una segunda abertura axial en un segundo extremo axial de la cavidad. El primer extremo axial de la cavidad se puede conectar a un primer tubo resonador y el segundo extremo axial de la cavidad se puede conectar a un segundo tubo resonador. Además, la cavidad interior formada en la brida de conexión puede tener una tercera abertura en una porción de esquina a la que se puede fijar un espejo para reflejar la luz láser entre los tubos resonadores.

55 En otra realización preferida de la invención, al menos uno de los elementos de conexión comprende una pluralidad

de cavidades interiores separadas, que están, cada una, en comunicación fluida con dos tubos resonadores adyacentes del patrón helicoidal. En otras palabras, el al menos un elemento de conexión se extiende a lo largo de un borde del dispositivo láser y conecta varios tubos resonadores del patrón helicoidal. Esta estructura de soporte integrada o esquina o brida del borde está construida para proporcionar varias conexiones fluidas y/u ópticas entre varios pares de tubos resonadores. El elemento de conexión de este tipo conecta preferiblemente varios tubos resonadores en diferentes niveles de la hélice.

En una realización preferida de la invención, los tubos resonadores en el patrón helicoidal tienen una pendiente constante. Es decir, un ángulo formado entre el eje longitudinal del dispositivo láser y los ejes longitudinales de los tubos resonadores es el mismo para una pluralidad, preferiblemente todos, de los tubos resonadores. En este caso, todos los tubos resonadores y todos los elementos de conexión pueden estar igualmente contruidos.

En otra realización preferida de la invención, el patrón helicoidal de los tubos resonadores está formado por una primera pluralidad de tubos resonadores dispuestos en planos paralelos y una segunda pluralidad de tubos resonadores que conectan en cada caso dos tubos resonadores de diferentes planos. Esta realización proporciona un diseño compacto con una buena estabilidad. La mayoría de los tubos resonadores están dispuestos en planos o niveles paralelos, y estos planos o niveles están interconectados mediante la conexión de tubos resonadores que están inclinados con relación a los otros tubos resonadores.

También se prefiere, de acuerdo con la invención, que el patrón helicoidal de los tubos resonadores esté formado por tubos resonadores dispuestos en planos paralelos y por canales de conexión para la conexión, en cada caso, de dos tubos resonadores de diferentes planos. Debido a la disposición en paralelo de los tubos resonadores, todos los tubos resonadores pueden construirse de forma idéntica. Para proporcionar un espacio tubular común, los niveles de tubos resonadores están interconectados mediante canales de conexión que se extienden preferiblemente a lo largo del eje longitudinal del dispositivo láser, más preferiblemente en una dirección perpendicular a los ejes longitudinales de los tubos resonadores.

Se puede conseguir un diseño muy compacto porque los canales de conexión están dispuestos en los elementos de conexión. Los canales de conexión se extienden preferiblemente a lo largo de un eje longitudinal del respectivo elemento de conexión.

Para excitar el gas excitable en los tubos resonadores se prefiere que los medios de excitación para cada tubo resonador incluyan al menos un electrodo, en particular un electrodo de radiofrecuencia. El electrodo puede, en particular, extenderse a lo largo de la longitud axial de los tubos resonadores. Por razones de eficiencia, y para la excitación uniforme del gas en el tubo resonador, unos inductores de radiofrecuencia pueden estar conectados a los electrodos. Por ejemplo, el inductor de RF puede tener un diseño de bobina helicoidal. Un problema conocido con esta solución es que el diseño de la bobina helicoidal de un inductor de RF aumenta sustancialmente el tamaño del láser y es costoso.

De acuerdo con la invención, un diseño particularmente compacto y plano del dispositivo láser puede lograrse porque el al menos un electrodo tiene un diseño de bobina plana. En el diseño de bobina plana, la bobina y el electrodo, en particular, pueden colocarse en un solo plano liso. En una realización preferida, la bobina del electrodo puede estar dispuesta en forma de espiral.

En una realización preferida de la invención, se proporciona un dispositivo de refrigeración para refrigerar simultáneamente una pluralidad de los tubos resonadores. El dispositivo de refrigeración puede ser una placa de refrigeración o un bloque de refrigeración dispuesto en una superficie exterior del dispositivo láser para enfriar simultáneamente una pluralidad de tubos resonadores dispuestos en diferentes niveles de la disposición de tubo resonador helicoidal.

En una realización preferida de la invención, el espacio tubular es un sistema de gas cerrado. Esto significa, en particular, que el resonador del dispositivo láser es una cavidad completamente cerrada y que no hay ningún flujo de gas constante hacia y desde el resonador. El gas en el resonador, que está en el espacio tubular común, sólo se sustituye en ciertos intervalos cuando el dispositivo láser está fuera de servicio. Por lo tanto, no se proporcionan ninguna entrada de gas ni salida de gas para un flujo constante de gas a través del espacio tubular y no se necesita ningún espacio para equipos de bombeo del gas a través del sistema.

La invención se describirá ahora adicionalmente con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

La figura 1 muestra una disposición de tubos resonadores de un dispositivo láser de acuerdo con la técnica anterior;

La figura 2 muestra una primera realización de un dispositivo de láser de acuerdo con la invención;

La figura 3 muestra una segunda realización de un dispositivo de láser de acuerdo con la invención; y

La figura 4 muestra un tubo resonador con medios de excitación y un dispositivo de refrigeración.

En todas las figuras, componentes idénticos o correspondientes se identifican mediante signos de referencia

idénticos.

La figura 1 muestra un diseño plegado de tubos resonadores 12' de un dispositivo láser 10' de acuerdo con la técnica anterior. Los tubos resonadores 12' están dispuestos cercanos entre sí y casi paralelos para proporcionar una pequeña sección transversal.

5 La figura 2 muestra una primera realización de un dispositivo de láser 10 de acuerdo con la invención. El dispositivo láser 10 puede ser, en particular, un dispositivo láser para el marcado de un objeto mediante un haz láser. El dispositivo láser 10 también se puede denominar como un cabezal de marcado para marcar un objeto.

10 El dispositivo láser 10 comprende una pluralidad de tubos resonadores 12 que puede ser, en particular tubos de alúmina. Los tubos resonadores 12 forman una parte de un espacio tubular común que puede denominarse como el resonador del dispositivo láser 10.

El dispositivo láser 10 tiene la forma de un cubo que tiene cuatro caras laterales y dos caras del cabezal. Un eje longitudinal 6 se extiende paralelo a las caras laterales. Los bordes laterales se extienden entre las caras laterales adyacentes. Un espacio central libre 8 está formado en una zona interior del dispositivo láser 10. El espacio 8 está rodeado en las caras laterales del dispositivo láser 10 cúbico mediante los tubos resonadores 12.

15 Los tubos resonadores 12 están al menos parcialmente encerrados por unos medios de excitación 50 en forma de electrodos de radiofrecuencia 52 para excitar un gas excitable contenido en los tubos resonadores 12. Los electrodos 52 se extienden sustancialmente a lo largo de toda la longitud de los tubos resonadores 12 para excitar el gas contenido en los mismos. Un electrodo interior 52a puede estar dispuesto en un lado interior de los tubos resonadores frente al espacio central libre 8 y un electrodo exterior 52b puede estar dispuesto en una cara exterior de los tubos resonadores 12, como se muestra en la figura 6.

20 Los tubos resonadores 12 están dispuestos en forma de una hélice que tiene una sección transversal cuadrada. Sin embargo, en lugar de una sección transversal cuadrada, los tubos resonadores 12 pueden también tomar la forma de un triángulo o cualquier otra forma poligonal. El diseño se puede optimizar para la potencia requerida y la limitación del volumen de la aplicación particular.

25 Unos elementos de conexión 20 están dispuestos en las esquinas de la sección transversal poligonal para la conexión de los tubos resonadores 12 adyacentes. Cada elemento de conexión 20 comprende un cuerpo de base 24 y un espejo 22. El espejo 22 dirige la luz láser desde un tubo resonador 12 a otro, y puede conectarse preferentemente al cuerpo de base 24 en una porción de esquina del mismo. Los elementos de conexión 20 pueden estar integrados en bridas de borde que se extienden a lo largo de los bordes laterales del dispositivo láser 10 y que conectan varios pares de tubos resonadores 12 (no representados).

30 Uno de los elementos de conexión 20 contiene un espejo trasero 44 para reflejar la luz láser en un extremo axial al espacio tubular común. El espejo trasero 44 puede estar directa o indirectamente conectado a uno de los tubos resonadores 12, que puede denominarse un tubo resonador de extremo.

35 En el extremo de un segundo tubo resonador 12, está dispuesto un acoplador de salida 42 para acoplar un haz láser. El acoplador de salida 42 es un espejo parcialmente reflectante y puede estar dispuesto en uno de los elementos de conexión 20. En la realización representada, el acoplador de salida 42 emite un haz láser alejándose del espacio libre 8. Para redirigir el haz láser en el espacio libre 8, se puede proporcionar un espejo adicional (no representado). En una realización preferida, el espejo trasero 44 y el acoplador de salida 42 están dispuestos en el mismo elemento de conexión 20 o brida de conexión.

40 Una primera pluralidad de tubos resonadores 12a están dispuestos en planos paralelos, es decir, la primera pluralidad de tubos resonadores 12a tiene preferiblemente ejes longitudinales, que están dispuestos perpendiculares al eje longitudinal 6 de la hélice o del dispositivo láser 10. Una segunda pluralidad de tubos resonadores 12b están dispuestos de tal manera que un extremo está conectado a una primera capa de tubos resonadores y un segundo extremo está conectado a una segunda capa de tubos resonadores. Estos tubos resonadores de conexión 12b están dispuestos preferiblemente en una cara lateral común del dispositivo láser 10.

45 En una segunda realización, que se muestra en la figura 3, los tubos resonadores 12 tienen pendientes iguales o constantes. Todos los tubos resonadores 12 en una cara lateral del dispositivo láser 10 están dispuestos de forma paralela.

50 Un tubo resonador 12 con unos medios de excitación 50 en forma de un electrodo 52 se muestra en la figura 4. Un primer electrodo 52a se extiende en un lado interior del tubo resonador 12 frente al espacio libre 8 y un segundo electrodo 52b se extiende en un lado exterior del tubo resonador 12. Por otra parte, se proporciona un dispositivo de refrigeración 30 que se extiende a lo largo del lado exterior del tubo resonador 12.

55 El diseño de la invención proporciona un dispositivo láser muy compacto con un espacio libre rodeado por los tubos resonadores para recibir otros elementos de un dispositivo láser, por ejemplo, elementos ópticos para redirigir un haz láser emitido a través del acoplador de salida, o componentes electrónicos tales como circuitos de controladores

para el control de los electrodos. Los tubos resonadores, que se enrollan de manera helicoidal alrededor del espacio central libre proporcionan un espacio tubular común largo o resonador para una alta potencia de salida del dispositivo láser.

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo láser que comprende

- una pluralidad de tubos resonadores (12) lineales para excitar un gas, estando los tubos resonadores (12) en comunicación fluida entre sí y formando un espacio tubular común,

5 - unos elementos de conexión (20) dispuestos en esquinas entre tubos resonadores (12) adyacentes del espacio tubular común y tubos resonadores (12) adyacentes de conexión,

- unos medios de excitación (50) para los tubos resonadores (12) para excitar el gas en los tubos resonadores (12) para generar una luz láser,

10 - unos espejos (22) dispuestos en los elementos de conexión (20) para reflejar la luz láser entre los tubos resonadores (12), y

- un acoplador de salida parcialmente reflectante (42) para el acoplamiento de un haz láser,

**caracterizado porque**

los tubos resonadores (12), que están en comunicación fluida entre sí, están dispuestos en forma de una hélice, que rodea un espacio central (8) libre de tubos resonadores (12).

15 2. Dispositivo láser de acuerdo con la reivindicación 1,

**caracterizado porque**

los tubos resonadores (12) están dispuestos en un patrón en espiral rectangular o cuadrado.

3. Dispositivo láser de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2,

**caracterizado porque**

20 el dispositivo láser (10) está configurado para emitir el haz láser en el espacio central libre (8) rodeado por los tubos resonadores (12).

4. Dispositivo láser de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3,

**caracterizado porque**

25 al menos uno de los elementos de conexión (20) comprende al menos una cavidad interna que está en comunicación fluida con al menos dos tubos resonadores (12) adyacentes del patrón helicoidal.

5. Dispositivo láser de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4,

**caracterizado porque**

al menos uno de los elementos de conexión (20) comprende una pluralidad de cavidades interiores separadas, que están, cada una, en comunicación fluida con dos tubos resonadores (12) adyacentes del patrón helicoidal.

30 6. Dispositivo láser de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5,

**caracterizado porque**

los tubos resonadores (12) en el patrón helicoidal tienen una pendiente constante.

7. Dispositivo láser de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5,

**caracterizado porque**

35 el patrón helicoidal de los tubos resonadores (12) está formado por una primera pluralidad de tubos resonadores (12a) dispuestos en planos paralelos y una segunda pluralidad de tubos resonadores (12b) que conectan en cada caso dos tubos resonadores (12a) de diferentes planos.

8. Dispositivo láser de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5,

**caracterizado porque**

40 el patrón helicoidal de los tubos resonadores está formado por tubos resonadores dispuestos en planos paralelos y canales de conexión para conectar en cada caso dos tubos resonadores de diferentes planos.

9. Dispositivo láser de acuerdo con la reivindicación 8,

**caracterizado porque**

los canales de conexión están dispuestos en los elementos de conexión.

10. Dispositivo láser de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9,

5 **caracterizado porque**

los medios de excitación (50) para cada tubo resonador (12) incluyen al menos un electrodo de radiofrecuencia (52).

11. Dispositivo láser de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10,

**caracterizado porque**

10 se proporciona un dispositivo de refrigeración para refrigerar simultáneamente una pluralidad de los tubos resonadores.

12. Dispositivo láser de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11,

**caracterizado porque**

el espacio tubular es un sistema de gas cerrado en el que no se prevé ninguna entrada de gas ni salida de gas para un flujo constante de gas a través del espacio tubular.

15 13. Procedimiento para la generación de luz láser con un dispositivo láser de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12,

**caracterizado porque**

la luz láser se genera en una pluralidad de tubos resonadores (12) que están en comunicación fluida y forman un espacio tubular común y que están dispuestos en forma de una hélice.

20

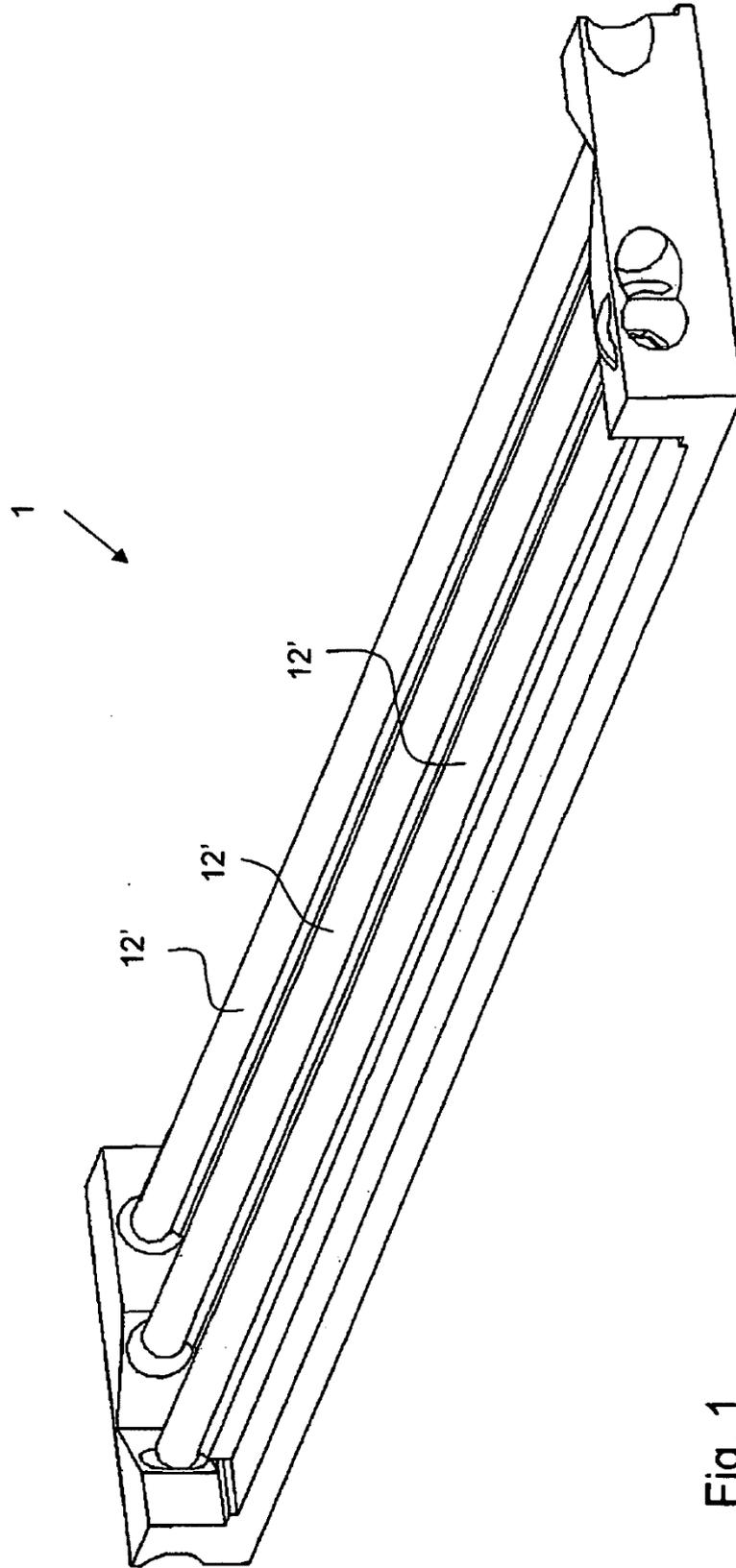
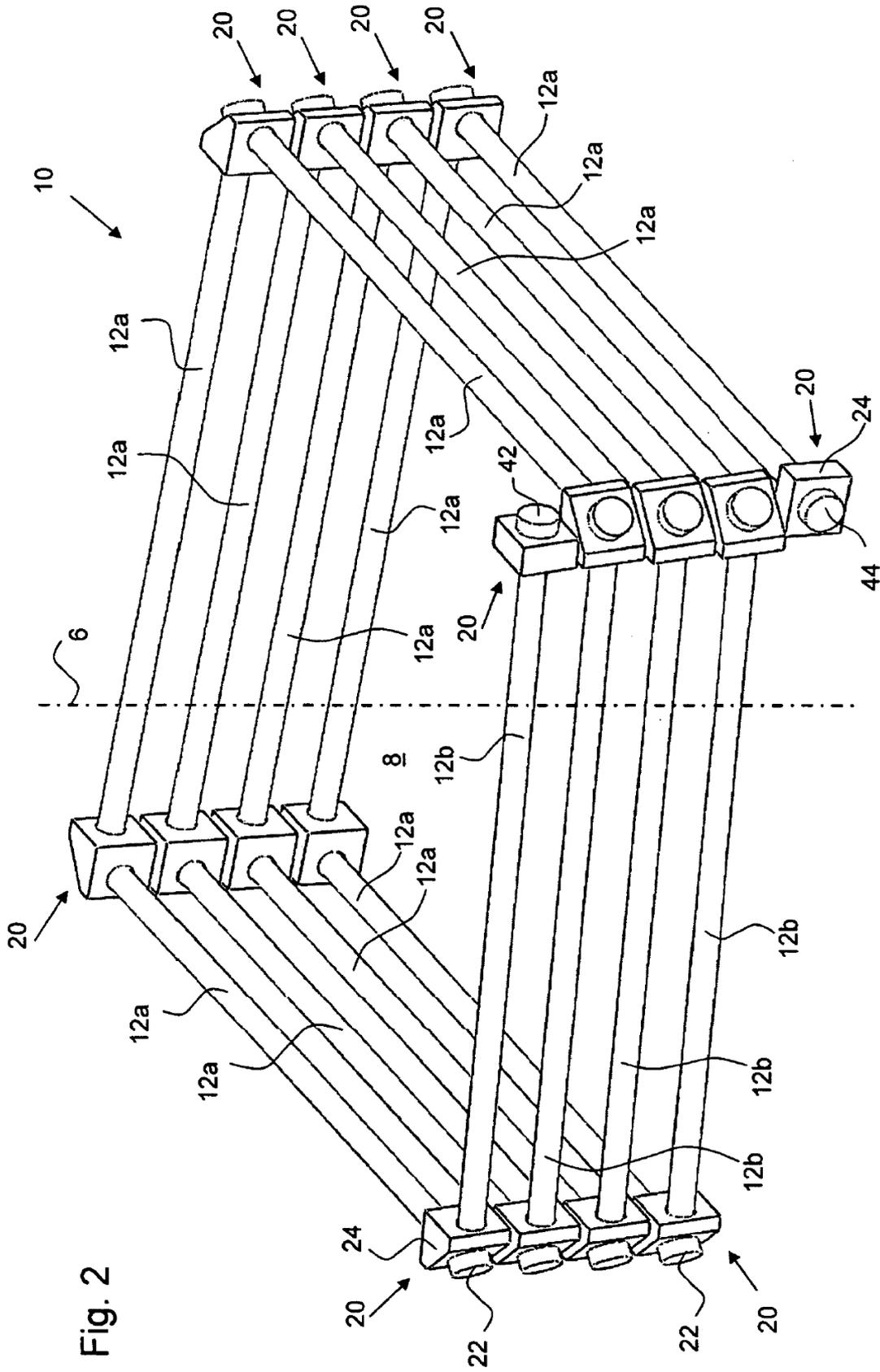


Fig. 1



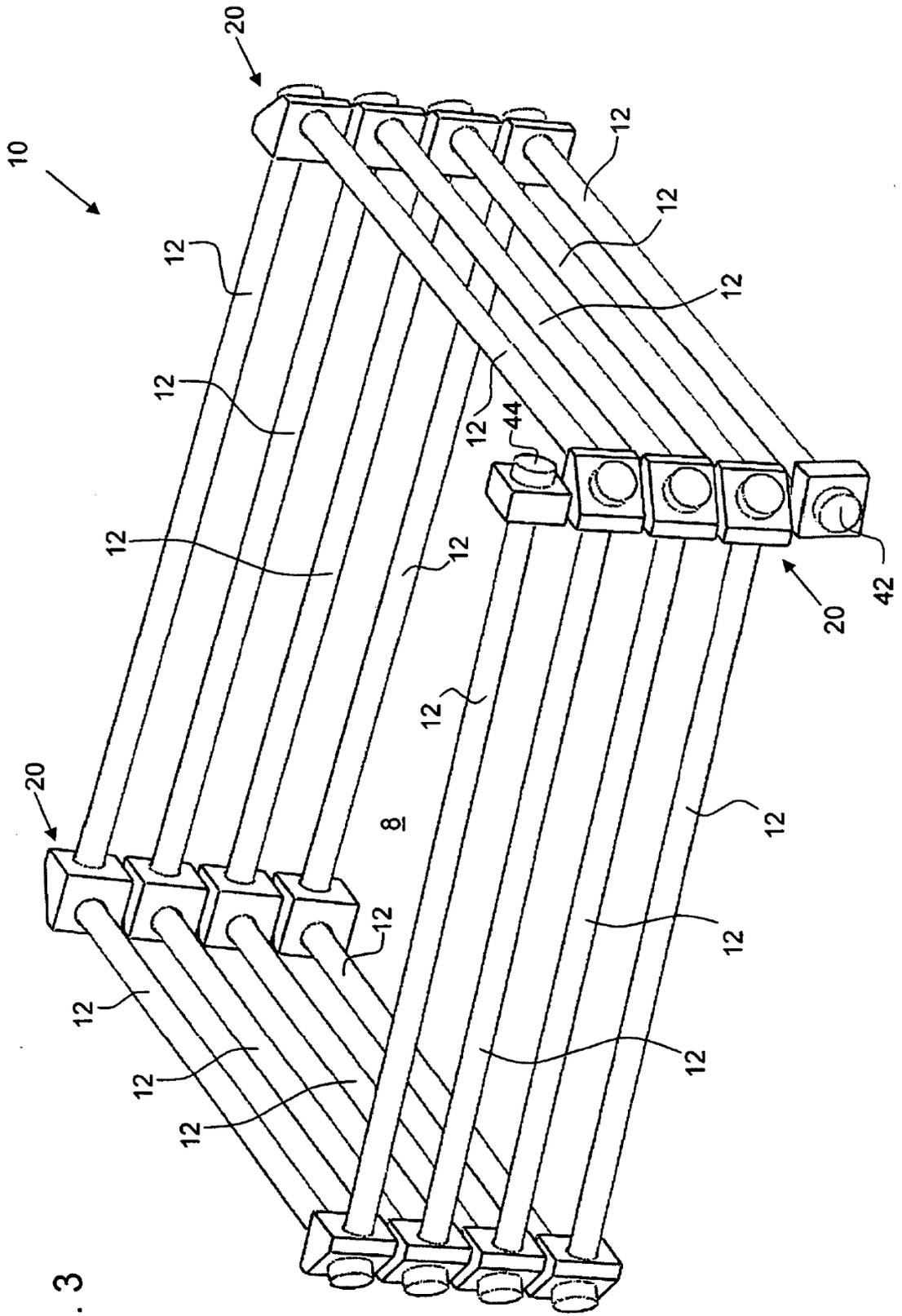


Fig. 3

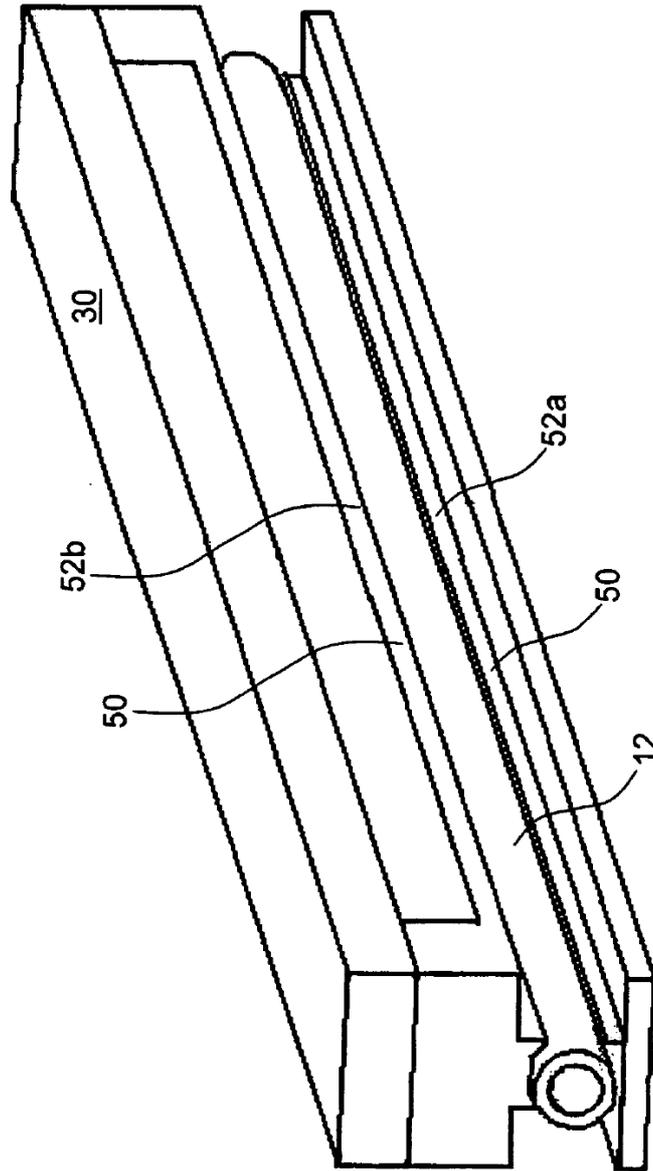


Fig. 4