

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 593 806**

51 Int. Cl.:

H01S 3/04	(2006.01)
H01S 3/22	(2006.01)
H01S 3/223	(2006.01)
H01S 3/08	(2006.01)
H01S 3/03	(2006.01)
H01S 3/038	(2006.01)
H01S 3/041	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.02.2012 PCT/US2012/025887**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **30.08.2012 WO12115939**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.02.2012 E 12749587 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.07.2016 EP 2673855**

54 Título: **Láseres de losa de cerámica, de espacio libre y guías de ondas**

30 Prioridad:

24.02.2011 US 201113034205

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

13.12.2016

73 Titular/es:

**IRADION LASER, INC. (100.0%)
51 North Smithfield Industrial Drive
North Smithfield, RI 02896, US**

72 Inventor/es:

**MORROW, CLIFFORD, E. y
WEINGARTNER, WENDELIN**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 593 806 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

Láseres de losa de cerámica, de espacio libre y guías de ondas.

5 Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

Esta solicitud reivindica la prioridad de la solicitud de patente de Estados Unidos núm. 13/034,205, presentada el 24 de febrero, 2011.

10 Campo Técnico

La presente invención se refiere generalmente a láseres y, más específicamente, a láseres de losa monolíticos, de núcleo de cerámica, de losa de espacio libre y de guías de ondas.

15 Técnica anterior

Los láseres de dióxido de carbono (CO₂) típicamente producen luz láser en el espectro infrarrojo en torno a una longitud de onda de 10,6 μm y son útiles en muchas aplicaciones comerciales, médicas y militares (que incluyen, por ejemplo, grabado, corte, etc.). De acuerdo con un diseño convencional para un láser de dióxido de carbono, los electrodos de aluminio que producen, confinan, y enfrían el plasma formado entre ellos están contenidos dentro de un recinto de vacío, compuesto además de aluminio. Un diseño de este tipo requiere que las bobinas del resonador estén dentro del recinto lleno de gas ajustado al vacío y generalmente se complica por muchas partes. Este diseño necesita, además, uno o más pasamuros eléctricos para realizar la conexión con los electrodos y proporcionar energía al plasma, mientras se mantiene un sello al vacío. Estos pasamuros presentan un punto débil en el láser, ya que tienden a correr caliente debido al efecto de piel de radiofrecuencia (RF). Otro diseño conocido para un láser de dióxido de carbono emplea un orificio de cerámica que actúa como una guía de ondas óptica y/o una trayectoria de propagación de espacio libre para la radiación láser, y además limita la descarga eléctrica para excitar el gas de dióxido de carbono. En cualquier caso, debido a que el haz de luz interactúa en diversos grados con las paredes del orificio (en dependencia del tamaño del orificio), la forma y el acabado óptico del orificio son críticos para el rendimiento del láser. Resulta necesario aumentar la longitud de ganancia mediante el plegado de la cavidad del láser en múltiples trayectorias de rayos en serie para lograr una potencia de salida mayor, pero la complejidad de la molienda de la cerámica para acomodar estas trayectorias múltiples y el número de espejos requeridos se vuelve problemático.

La patente US455658 describe un cuerpo de cerámica que construye una cavidad de láser hermética junto con dos espejos del resonador. Los electrodos externos se proporcionan en contacto con las paredes exteriores de la cavidad hermética. La patente US20090213885 describe un sistema de láser de losa que comprende un primer y segundo electrodos, un disipador de calor unido a cada electrodo a través de un aislante, los electrodos, disipadores de calor y aislantes que se colocan en un recinto hermético con el gas de láser.

40 Descripción de la invención

La presente invención puede comprender una o más de las características mencionadas en las reivindicaciones adjuntas y/o una o más de las siguientes características y combinaciones de las mismas.

45 En una modalidad, un láser comprende un cuerpo de cerámica que incluye una primera pared y una segunda pared opuesta a la primera pared, un primer espejo colocado en los primeros extremos de la primera y segunda paredes, un segundo espejo colocado en los segundo extremos de la primera y segunda paredes opuestos a los primeros extremos, las primera y segunda paredes y los primer y segundo espejos que definen una cavidad de láser de losa dentro del cuerpo de cerámica. El láser comprende además un primer electrodo situado fuera de la cavidad del láser y adyacente a la primera pared del cuerpo de cerámica y un segundo electrodo situado fuera de la cavidad del láser y adyacente a la segunda pared del cuerpo de cerámica, en donde un gas de láser dispuesto en la cavidad del láser se excita cuando se aplica una señal de excitación a los primer y segundo electrodos. En algunas modalidades, los primer y segundo espejos pueden formar un resonador de espacio libre multiplegado en la cavidad del láser de losa. En otras modalidades, los primer y segundo espejos pueden formar un resonador inestable de espacio libre en la cavidad del láser de losa. Aún en otras modalidades, los primer y segundo espejos pueden formar un resonador inestable de guía de ondas en la cavidad del láser de losa.

60 La cavidad del láser de losa puede tener una sección transversal generalmente rectangular a lo largo de un eje longitudinal que se extiende entre los primer y segundo espejos. Una primera dimensión transversal de la cavidad del láser de losa puede ser al menos dos veces tan grande como una segunda dimensión transversal de la cavidad del láser de losa, la primera dimensión transversal que es paralela a las primera y segunda paredes del cuerpo de cerámica y la segunda dimensión transversal que es perpendicular a las primera y segunda paredes del cuerpo de cerámica. La segunda dimensión transversal de la cavidad del láser de losa puede ser al menos tan grande como un diámetro de un modo fundamental de un resonador de espacio libre formado por los primer y segundo espejos. Alternativamente, la

segunda dimensión transversal de la cavidad del láser de losa puede funcionar como una guía de ondas y puede tener un número de Fresnel aproximadamente menor que o igual a aproximadamente 0,3.

5 El cuerpo de cerámica puede comprender alúmina. Al menos uno de los primer y segundo espejos puede al menos superponerse parcialmente a un orificio opuesto formado en el cuerpo de cerámica. El primer espejo se soporta por un primer soporte de espejo acoplado al cuerpo de cerámica, el segundo espejo se soporta por un segundo soporte de espejo acoplado al cuerpo de cerámica, y el cuerpo de cerámica y los primer y segundo soportes de espejos forman un recinto hermético que contiene el gas de láser.

10 El cuerpo de cerámica puede incluir además un primer depósito de gas formado en este, el primer depósito de gas que está en comunicación de gas con la cavidad del láser de losa a través de una o más ranuras de comunicación de gas que se extienden entre estos. La una o más ranuras de comunicación de gas pueden disponerse a lo largo de un lado de la cavidad del láser de losa que se extiende entre las primera y segunda paredes del cuerpo de cerámica. La una o más ranuras de comunicación de gas pueden ocupar al menos la mitad de área del lado de la cavidad del láser de losa.

15 El cuerpo de cerámica puede incluir además un segundo depósito de gas formado en este, el segundo depósito de gas que está en comunicación de gas con la cavidad del láser de losa a través de una o más ranuras de comunicación de gas que se extienden entre estos. Los primer y segundo depósitos de gas pueden situarse en lados opuestos de la cavidad del láser de losa.

20 El primer electrodo puede recibirse al menos parcialmente en una primera ranura formada en una superficie exterior del cuerpo de cerámica y el segundo electrodo puede recibirse al menos parcialmente en una segunda ranura formada en una superficie exterior del cuerpo de cerámica. El primer y segundo electrodos pueden colocarse de manera que las porciones del gas de láser adyacentes a los primer y segundo espejos no se excitan cuando se aplica la señal de excitación a los primer y segundo electrodos.

25 El láser comprende además un primer disipador de calor acoplado térmicamente al primer electrodo. El primer disipador de calor puede asegurarse a una distancia predeterminada del primer electrodo, independientemente de una temperatura del cuerpo de cerámica. El láser comprende además un segundo disipador de calor acoplado térmicamente al segundo electrodo y un separador que conecta los primer y segundo disipadores de calor. El separador puede formarse de un material que tiene un coeficiente de expansión térmica que coincide sustancialmente con un coeficiente de expansión térmica del cuerpo de cerámica y un coeficiente de expansión térmica de los primer y segundo electrodos.

30 El láser comprende además un circuito de potencia de RF para energizar los primer y segundo electrodos. El circuito de potencia de RF puede incluir una pluralidad de bobinas de resonancia situadas adyacentes al cuerpo de cerámica y acopladas eléctricamente en paralelo entre los primer y segundo electrodos.

35 Los primer y segundo espejos pueden formar un resonador de rama negativa inestable. Los primer y segundo espejos pueden formar un resonador de rama positiva inestable. Los primer y segundo espejos pueden formar un resonador estable configurado para tener una superposición de haz que no excede aproximadamente el 20 %. Al menos uno del primer y el segundo espejos puede comprender un espejo segmentado que tiene una pluralidad de superficies reflectantes planas orientadas en ángulos distintos de manera que la superposición de haz es de aproximadamente 0 %.

40 En otra modalidad, un láser puede comprender un recinto dieléctrico hermético que contiene un gas de láser, el recinto dieléctrico hermético que define una cavidad del láser de losa de espacio libre en este, una pluralidad de espejos que forman un resonador multiplegado estable en la cavidad del láser de losa de espacio libre, y una pluralidad de electrodos situados fuera del recinto dieléctrico hermético de manera que el gas de láser contenido en la cavidad del láser de losa de espacio libre se excita cuando se aplica una señal de excitación a la pluralidad de electrodos.

45 En aún otra modalidad, un láser puede comprender un recinto dieléctrico hermético que contiene un gas de láser, el recinto dieléctrico hermético que define una cavidad del láser de losa de espacio libre en este, una pluralidad de espejos que forman un resonador inestable en la cavidad del láser de losa de espacio libre, y una pluralidad de electrodos situados fuera del recinto dieléctrico hermético de manera que el gas de láser contenido en la cavidad del láser de losa de espacio libre se excita cuando se aplica una señal de excitación a la pluralidad de electrodos. En algunas modalidades, la pluralidad de espejos puede formar un resonador de rama negativa inestable. En otras modalidades, la pluralidad de espejos puede formar un resonador de rama positiva inestable.

50 Aún en otra modalidad, un láser puede comprender un recinto dieléctrico hermético que contiene un gas de láser, el recinto dieléctrico hermético que define una cavidad del láser de losa de guía de ondas en este, una pluralidad de espejos que forman un resonador inestable en la cavidad del láser de losa de guía de ondas, y una pluralidad de electrodos situados fuera del recinto dieléctrico hermético de manera que el gas de láser contenido en la cavidad del láser de losa de guía de ondas se excita cuando se aplica una señal de excitación a la pluralidad de electrodos. En algunas modalidades, la pluralidad de espejos puede formar un resonador de rama negativa inestable. En otras modalidades, la pluralidad de espejos puede formar un resonador de rama positiva inestable.

65 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es una vista despiezada de varios componentes de un láser de cerámica multiplegado de espacio libre, de acuerdo con una modalidad ilustrativa.

La Figura 2 es un diagrama de una modalidad ilustrativa de un resonador de espacio libre que puede usarse con el láser de la Figura 1.

5 La Figura 3 es un diagrama de una modalidad ilustrativa de un resonador de espacio libre o guía de ondas que puede usarse con el láser de la Figura 1.

La Figura 4 es un diagrama de otra modalidad ilustrativa de un resonador de espacio libre o guía de ondas que puede usarse con el láser de la Figura 1.

La Figura 5 es un diagrama esquemático de un láser ensamblado, de acuerdo con una modalidad ilustrativa.

10 La Figura 6 es una vista parcialmente despiezada de varios componentes del láser de la Figura 5.

La Figura 7 es una vista en sección transversal de varios componentes del láser de la Figura 5, tomada a lo largo de la línea 7-7.

Mejor(es) modo(s) para llevar a cabo la invención

15

Para los propósitos de proporcionar una comprensión de los principios de la invención, a continuación se hará referencia a una modalidad ilustrativa mostrada en los dibujos adjuntos y un lenguaje específico se usará para describir la misma.

20

Una modalidad ilustrativa de un láser 10, de acuerdo con la presente descripción, se muestra en los diagramas de las Figuras 1 y 5-7. El láser 10 se muestra de manera ilustrativa como un láser de cerámica multiplegado de espacio libre. Aunque un láser multiplegado de espacio libre se muestra en las Figuras 1 y 5-7 para fines de ilustración, la presente descripción contempla además que el láser 10 se configura como un láser de cerámica inestable de espacio libre o un láser de cerámica inestable de guía de ondas. El láser 10 incluye generalmente un cuerpo de cerámica 12 que define una cavidad del láser de losa 14, una serie de espejos 16, 18, 20 que forman un resonador 22 en la cavidad del láser de losa 14, y una serie de electrodos 24, 26 situados fuera del cuerpo de cerámica 12 (y, por lo tanto, fuera de la cavidad del láser de losa 14). De acuerdo con la presente descripción, la cavidad del láser de losa 14 puede ser o bien una cavidad del láser de losa de espacio libre (es decir, no de guía de ondas) o una cavidad del láser de la losa de guía de ondas. Tanto una cavidad del láser de losa de espacio libre y una cavidad del láser de losa de guía de ondas pueden entenderse con referencia al número de Fresnel del láser 10. El número de Fresnel de un láser puede darse generalmente por la fórmula: $N_F = a^2/(\lambda L)$, donde a es la mitad de la abertura del resonador, λ la longitud de onda del rayo láser, y L es la longitud del resonador. Un número de Fresnel de menos de aproximadamente 0,3 puede definir generalmente una cavidad del láser de guía de ondas verdadera. Un número de Fresnel mayor que aproximadamente 3 puede definir generalmente una cavidad del láser de espacio de libre en la que puede existir poca o ninguna interacción entre el haz y las paredes de la cavidad del láser. Los números de Fresnel entre aproximadamente 0,3 y 25 aproximadamente 1,5 describen una cavidad del láser de casi espacio libre de diversos grados de interacción entre el haz y las paredes de la cavidad del láser. De acuerdo con la modalidad ilustrativa, el láser 10 puede tener un número de Fresnel mayor que aproximadamente 1. En otras modalidades, el láser 10 puede tener un número de Fresnel de menos de aproximadamente 0,3.

25

30

35

40

Con referencia ahora a la Figura 1, la modalidad ilustrativa del láser 10 incluye un cuerpo de cerámica 12, un par de electrodos 24, 26, y un par de soportes de espejo 28, 30. El cuerpo de cerámica 12 del láser 10 se materializa de forma ilustrativa como que se forma de dos componentes de imagen de espejo: un componente del lado izquierdo 12a y un componente del lado derecho 12b. Se apreciará que, en otras modalidades, el cuerpo de cerámica 12 puede formarse como un componente integral o puede comprenderse de tres o más componentes. El cuerpo de cerámica 12 además puede ser no simétrico en algunas modalidades. En la modalidad ilustrativa, el cuerpo de cerámica 12 comprende 45 alúmina (Al_2O_3) con una pureza entre el 95 % y el 99,9 %. En otras modalidades, el cuerpo de cerámica 12 puede formarse de óxido de berilio (BeO), nitruro de aluminio (AlN), ciertos tipos de vidrio y/o cerámicas de vidrio, o cualquier material con propiedades eléctricas mecánicas y térmicas similares, o combinaciones de estos. Se contempla además que el cuerpo de cerámica 12 puede formarse de otros materiales dieléctricos adecuados (que incluyen los que no son de cerámica).

45

50

En la modalidad ilustrativa de la Figura 1, el interior del cuerpo de cerámica 12 define una cavidad del láser de losa de espacio libre 14 que tiene una sección transversal generalmente rectangular. La cavidad del láser de losa 14 se define 55 parcialmente por dos paredes opuestas 32 y por dos paredes opuestas 34 del cuerpo de cerámica 12 (ver Figura 7). Las paredes opuestas 34 pueden perderse en su mayoría con sólo soportes ocasionales o pueden incluir un mayor número de soportes (como se muestra en la Figura 1). En la modalidad ilustrativa, la dimensión de la cavidad del láser de losa 14 paralela a las paredes 32 es más del doble de la dimensión paralela a las paredes 34. En la modalidad ilustrativa, las dos dimensiones (a lo largo de las paredes 32 y a lo largo de las paredes 34) son además al menos tan grandes como el diámetro del modo fundamental del resonador 22, de manera que las paredes 32, 34 no interfieren sustancialmente con los rayos láser que viajan a través la cavidad del láser de losa 14 (es decir, un resonador de espacio libre). En la modalidad alternativa de un resonador de guía de ondas, las paredes 32, 34 pueden separarse por aproximadamente 60 1,4 veces el ancho de haz deseado en la dirección de guía de ondas.

55

60

Como se puede observar en las Figuras 1 y 7, el interior del cuerpo de cerámica 12 se forma además para incluir un par de depósitos de gas 36, 38. Los depósitos de gas 36, 38 están en comunicación de gas (es decir, fluido) con la cavidad

65

del láser de losa 14 a través de un número de ranuras de comunicación de gas 40, o regiones abiertas, formadas en las paredes opuestas 34 del cuerpo de cerámica 12. El tamaño y el número de ranuras de comunicación de gas 40 formadas en las paredes opuestas 34 puede variar entre sólo una ranura más grande 40 (es decir, una pared casi abierta 34) para muchas ranuras más pequeñas 40. En la modalidad ilustrativa, uno de los depósitos de gas 36 es adyacente a una pared 34, mientras que el otro depósito de gas 38 es adyacente a la pared opuesta 34. El cuerpo de cerámica 12 puede formarse además para incluir los orificios opuestos 42, como se muestra en las Figuras 1 y 6. Los orificios opuestos 42 se localizan en los extremos de la cavidad del láser de losa 14 y definen una entrada de borde hundido a la cavidad del láser de losa 14 situada detrás de los espejos 16, 18, 20. Esta ubicación ayuda a filtrar una estructura de modo de orden superior. Ya que no son deseables, los modos que divergen rápidamente se examinan ligeramente en el borde de entrada hundida de los orificios opuestos 42, sus posibilidades de competir con el modo fundamental deseado se reducen. En otras modalidades, los orificios opuestos 42 mostrados ilustrativamente en las Figuras 1 y 6 pueden adoptar otras formas, en dependencia del tipo de resonador empleado.

La modalidad ilustrativa del láser 10 incluye además una serie de espejos 16, 18, 20. Dos espejos 16, 20 se soportan por el soporte de espejo 28, que se coloca en el extremo frontal de la cavidad del láser de losa 14. El otro espejo 18 se soporta por el soporte de espejo 30, que se coloca en el extremo posterior de la cavidad del láser de losa 14. Los soportes de espejo 28, 30 se sellan al cuerpo de cerámica 12 para formar un recinto hermético, o sellado al vacío. En la modalidad ilustrativa, los soportes de espejo 28, 30 se acoplan al cuerpo de cerámica mediante el uso de un epoxi. Se apreciará que un sello hermético puede proporcionarse además por varios otros métodos, que incluyen, pero no se limitan a, soldadura fuerte, soldadura, fritado de vidrio, etcétera, y que los componentes 12a, 12b del cuerpo de cerámica 12 pueden fijarse entre sí mediante el uso de métodos similares. Se contempla además que uno o más de los espejos 16, 18, 20 puedan fijarse directamente al cuerpo de cerámica 12, sin el uso de un soporte de espejo. Se apreciará, además, que el espejo 20 puede ser una ventana sin una superficie reflectante en modalidades que emplean un resonador inestable de espacio libre o de guía de ondas.

El recinto hermético formado por el cuerpo de cerámica 12 y los soportes de espejo 28, 30 se llena con un gas de láser, tales como CO_2 , a manera de ejemplo. El gas de láser puede ser cualquier mezcla de gases (múltiples elementos y/o múltiples moléculas) suficiente para producir un medio de ganancia en la cavidad del láser de losa 14 cuando se excita. En algunas modalidades, la ganancia puede favorecer a longitudes de onda distintas de las de aproximadamente 10,6 μm a través del uso de isótopos y no puede basarse en CO_2 , sino otra molécula (como CO , por ejemplo). En la modalidad ilustrativa, el cuerpo de cerámica 12 se oxida completamente y, por lo tanto, no reaccionará con el gas de láser. Además, como el cuerpo de cerámica 12 no tiene partes internas, no hay fugas virtuales formadas por una estrecha proximidad entre dos superficies (como las que existen entre el sándwich de un electrodo y un aislante encontrado en los láseres de la técnica anterior). Sin superficies en contacto, no hay depuración entre esas superficies cuando se calientan y enfrían, lo que provoca problemas de contaminación de gas y deterioro. Además, el cuerpo de alúmina 12 de la modalidad ilustrativa permite el acoplamiento de la energía de RF sin necesidad de una alimentación directa de RF. Por último, el cuerpo de cerámica 12 puede limpiarse con estándares mucho más altos que el aluminio (que proporcionan una vida útil mayor del láser), y el cuerpo del núcleo de alúmina puede reciclarse completamente a la condición de nuevo (que proporciona una ventaja de costo del producto en años posteriores cuando las unidades se retiran y reciclan de vuelta a la fábrica).

Juntos, los espejos 16-20 de la modalidad ilustrativa forman un resonador multiplegado de espacio libre 22 en la cavidad del láser de losa 14. Un resonador "multiplegado" es uno en el cual el rayo láser viaja hacia atrás y hacia adelante entre una pluralidad de espejos (por ejemplo, los espejos 16-20) sobre al menos tres trayectorias distintas, pero que se solapan parcialmente. El láser 10 de la modalidad ilustrativa emplea un resonador estable multiplegado 22 con cinco trayectorias de rayos láser diferentes. Una representación de este patrón de haz dentro del medio de ganancia 44 (es decir, el gas de láser excitado dentro de la cavidad del láser de losa 14) se muestra en la Figura 2. En esta modalidad del resonador 22, el espejo posterior 18 se curva esféricamente con diámetros de haz de onda frontal esféricos y los espejos frontales 16, 20 son planos con diámetros de haz de onda frontal planos. Las características del haz se determinan por la trayectoria del haz final formada entre el espejo 18 y el espejo de acoplamiento de salida 20. Las otras cuatro trayectorias de haces, sin embargo, se duplican todas porque cada trayectoria de haz se forma entre un espejo plano 16 en un extremo y el mismo espejo curvado 18 en el otro. La separación total entre las cinco trayectorias de haces se determina principalmente por el ángulo entre el espejo 16 y el espejo 20. En la modalidad ilustrativa, este ángulo se ajusta de manera que la superposición del haz de las reflexiones 46 no excede aproximadamente el 20 %. La "superposición del haz" puede definirse como la cantidad de intersección entre diferentes trayectorias de los rayos láser en uno de los espejos (por ejemplo, las reflexiones de haz 46 en el espejo 18 en la Figura 2), expresada como un porcentaje del diámetro del haz. Una superposición del haz mayor del 20 % puede provocar que la competencia entre las trayectorias de haz y el modo pueda sufrir. Como se muestra en la Figura 2, cada reflexión del haz subsiguiente 46 más alejada de la primera reflexión del haz golpea el espejo 18 más cerca de la última reflexión del haz. En otras palabras, las últimas reflexiones del haz 46 se superponen más en el espejo 18 a medida que aumenta el número de reflexiones del haz. Por esta razón, la modalidad ilustrativa usa una configuración de cinco trayectorias de haces (con tres reflexiones 46 en el espejo 18) para evitar el exceso de competencia entre las trayectorias de haces, como tal la competencia puede resultar en un modo confuso y de pobre energía.

En otras modalidades, el espejo 16 puede sustituirse por un espejo segmentado convertido en diamante que tiene una pluralidad de superficies reflectantes planas orientadas en ángulos diferentes. El espejo segmentado 16 puede redirigir cada trayectoria de haz para separar las reflexiones del haz 46 en el espejo 18. Debido a esta separación mejor y el diámetro menor de las manchas en el espejo 16, no hay superposición de haz (es decir, la superposición de haz es aproximadamente de 0 %) y la última reflexión del haz en el espejo 20 puede seleccionarse fácilmente. Mientras se evita la competencia entre los haces, sin embargo, el número cada vez mayor de la reflexiones del haz en los espejos 18, 20 puede provocar pérdidas de reflexión resultantes en forma de absorción. La geometría del espejo segmentado puede permitir que se formen más de cinco haces.

El resonador 22 puede configurarse alternativamente como un resonador inestable de espacio libre 22, como se muestra en las Figuras 3 y 4. Los resonadores 22 de estas modalidades ilustrativas son inestables en el eje del ancho de la losa (es decir, la dimensión a lo largo de la pared 32 del cuerpo de cerámica 12) y estables en el eje del grosor de la losa (es decir, la dimensión a lo largo de la pared 34 del cuerpo de cerámica 12). En el eje inestable, los haces tienden a expandirse geoméricamente hacia fuera a través del resonador 22 hasta que se acoplan fuera de la cavidad a través del borde del espejo 16. En el eje estable, el haz se propaga entre el espejo 16 y el espejo 18 lo que sigue las leyes normales de Gauss de propagación del haz. Una configuración de "rama negativa" se muestra en la Figura 3, en la que ambos espejos 16, 18 son cóncavos en la dirección inestable. Una configuración de "rama positiva" se muestra en la Figura 4, en la que el espejo 16 es convexo y el espejo 18 es cóncavo. En ambas modalidades, la relación del radio de los dos espejos 16, 18 define una relación distinta de 1:1, de manera que se garantiza el escape de parte de la luz. Esta relación es el equivalente al porcentaje de acoplamiento de salida del resonador 22. Ambas modalidades del resonador inestable 22 emplean los espejos 16, 18 con superficies esféricas (es decir, el radio en una dirección es diferente del radio en la otra dirección perpendicular).

Aún en otras modalidades, el resonador 22, puede configurarse alternativamente, como un resonador inestable de guía de ondas 22, como se muestra además en las Figuras 3 y 4. La diferencia principal entre las modalidades del resonador de espacio libre y las modalidades del resonador de guía de ondas es que, en el eje del grosor de la losa (es decir, la dimensión paralela a las paredes 34 del cuerpo de cerámica 12), la separación entre las paredes 32 está mucho más cerca, lo que permite a los fotones de resonancia guiarse por las paredes 32 de la cavidad del láser de losa 14 en esa dirección. En el eje inestable, como en las modalidades del resonador de espacio libre, el haz se acopla fuera de la cavidad del láser de losa 14 a través del borde del espejo 16. Las modalidades del láser 10 que emplean un resonador inestable de guía de ondas 22 poseen una ventaja de enfriamiento de gas sobre las modalidades del resonador de espacio libre debido a que las paredes de guía de ondas frías 32 están mucho más cerca del centro del plasma. La mejor eliminación de calor y mayor ganancia de tales modalidades permite una extracción de potencia mayor.

De vuelta ahora a la Figura 1, el láser 10 incluye además una serie de electrodos 24, 26 colocados fuera de la cavidad del láser de losa 14 y adyacentes a las paredes 32 del cuerpo de cerámica 12. El gas de láser dispuesto en la cavidad del láser de losa 14 se excitará cuando se aplica una señal de excitación a los electrodos 24, 26. En la modalidad ilustrativa, los electrodos 24, 26 se reciben cada uno en una ranura alargada 48 formada en una superficie exterior del cuerpo de cerámica 12. Cuando se aplica una señal de excitación de RF a los electrodos 24, 26, el gas de láser en la cavidad del láser de losa 14 se excita y, a través del acoplamiento capacitivo, se produce un medio de ganancia de plasma 44. Mientras que los electrodos 24, 26 se muestran como electrodos alargados en la modalidad ilustrativa, se contempla que los electrodos 24, 26 pueden tener diferentes formas geométricas, pueden segmentarse, y pueden ser planos o en un ángulo con las paredes 32 del cuerpo de cerámica 12.

El uso de los electrodos 24, 26 que son externos al cuerpo de cerámica 12 da lugar a muchas ventajas. Por ejemplo, en la modalidad ilustrativa, la energía de RF se acopla en la cavidad del láser de losa 14 a través de las paredes 32 del cuerpo de cerámica 12, lo que elimina la necesidad de conexiones pasantes y permite que el calor se acople fuera más eficientemente desde el plasma. En otras modalidades, los electrodos de diferentes formas geométricas pueden usarse para excitar solamente ciertas porciones del gas de láser en la cavidad del láser de losa 14. En otras modalidades, los segmentos individuales de los electrodos de múltiples segmentos pueden excitarse individualmente. Además, el uso de los electrodos externos 24, 26 permite una guía de onda continua a la superficie de los espejos 16, 18 sin excitar la porción de gas de láser directamente adyacente a los espejos 16, 18. Es bien conocido que un espacio entre el extremo de la guía de ondas y los espejos puede introducir pérdidas en el láser; cuanto mayor sea el espacio, mayor serán las pérdidas. Por otro lado, debe mantenerse una distancia entre el plasma excitado y los espejos para evitar daños a las superficies de los espejos. El uso de electrodos externos 24, 26 protege los espejos 16, 18 del plasma, pero aún permite al cuerpo de cerámica 12 guiar la radiación láser a los espejos 16, 18 sin ninguna interrupción en las superficies de guía de ondas.

Con referencia ahora generalmente a las Figuras 5-7, el láser 10 incluye además un circuito de potencia de RF para energizar los electrodos 24, 26. El circuito de potencia de RF incluye un amplificador de potencia de radiofrecuencia (RFPA) 50 y una serie de bobinas de resonancia 52, entre otros componentes. En la modalidad ilustrativa, las bobinas de resonancia 52 se colocan adyacentes al cuerpo de cerámica 12 y se acoplan eléctricamente en paralelo entre los electrodos 24, 26. Los electrodos 24, 26 se acoplan eléctricamente a las bobinas de resonancia 52 para proporcionar un circuito resonante LC que se acciona por el RFPA 50. Las correas de cobre 54 se usan para conectar los electrodos 24, 26 a las bobinas de resonancia 52. Estas correas de cobre 54 forman parte de la inductancia del circuito también. La

capacitancia del circuito LC se hace de la capacitancia entre los dos electrodos 24, 26 y la capacitancia entre cada electrodo 24, 26 y un disipador de calor correspondiente 56 (descrito en más detalle más abajo). Una sección transversal de la trayectoria eléctrica entre las bobinas de resonancia 52 y los electrodos 24, 26, que incluye los disipadores de calor 56, se muestra en la Figura 7. La abertura entre los electrodos 24, 26, que incluye la cavidad del láser de losa 14, resulta en una capacitancia bastante baja. Con el propósito de reducir la capacitancia total a la cual se conectan las bobinas resonantes 52, los electrodos 24, 26 pueden flotar en ambos lados. El RFPA 50 puede conectarse al circuito resonante del láser, ya sea en una configuración de empuje tracción o en una configuración de accionamiento de un solo lado. Como se muestra en la Figura 7, los dos disipadores de calor 56 se acoplan eléctricamente entre sí a través de las placas 58 sobre toda su longitud con el propósito de minimizar la inductancia de la porción del disipador de calor del circuito LC y para proporcionar la mejor protección posible. Dado que el circuito que incluye los electrodos 24, 26 y las bobinas de resonancia 52 es un emisor de energía de RF, los disipadores de calor 56 y otros recintos del láser 10 se convierten en escudos y parte del circuito de RF al mismo tiempo.

Como se mencionó anteriormente, el láser 10 puede incluir además uno o más dispositivos de disipación térmica o de transferencia térmica 56 para evitar temperaturas excesivas en el láser 10. Por ejemplo, las placas enfriadas por agua o los electrodos enfriados por agua podrían usarse en algunas modalidades. En la modalidad ilustrativa, el cuerpo de cerámica 12 se intercala generalmente entre dos disipadores de calor 56. Cada disipador de calor 56 se acopla térmicamente a uno de los electrodos 24, 26 para halar calor desde ese electrodo e, indirectamente, desde la cavidad del láser de losa 14 en el cuerpo de cerámica 12. Entre el disipador de calor 56 y el electrodo respectivo 24, 26, se usa un material delgado 60 para aislar eléctricamente el electrodo 24, 26 del disipador de calor 56 y, al mismo tiempo, conducir térmicamente el calor al disipador de calor 56. En la modalidad ilustrativa, el material delgado 60 comprende una pasta espesa que se carga con alúmina y cura a un material similar a la goma suave. Se contempla además que una tira de cerámica delgada podría usarse para el material delgado 60. El material delgado 60 puede colocarse además entre los electrodos 24, 26 y el cuerpo de cerámica 12 para llenar los vacíos de aire que pudieran existir y promover la conducción térmica. En cualquier caso, el material delgado 60 tendrá una constante dieléctrica alta (por ejemplo, en el intervalo de 8 o 9, donde el cuerpo de alúmina 12 tiene una constante dieléctrica de 10). La constante dieléctrica alta del material delgado 60 provoca que la capacitancia entre uno de los electrodos 24, 26 y el disipador de calor 56 sea mucho mayor que la capacitancia entre los electrodos 24, 26.

Para evitar la sintonía no controlada de la resonancia más allá de la mejor coincidencia de frecuencia con el RFPA 50, la capacitancia del láser 10 debe mantenerse constante. Dado que la capacitancia entre cada electrodo 24, 26 y el par de disipadores de calor 56 es muy sensible a la separación, el láser 10 se diseña para mantener el disipador de calor 56 a una distancia predeterminada del respectivo electrodo 24, 26 independientemente de la temperatura del cuerpo de cerámica 12 (en el intervalo de temperaturas de operación para el láser 10). En la modalidad ilustrativa, la separación entre los dos disipadores de calor 56 se mantiene mediante los separadores 62 que se hacen de un material que coincide estrechamente con el coeficiente de expansión térmica del cuerpo de cerámica 12 y los electrodos 24, 26. Estos separadores 62 soportan además el cuerpo de cerámica 12 y mantienen la separación estrecha entre cada electrodo 24, 26 y su disipador de calor adyacente 56. Los separadores 62 pueden formarse de varios materiales posibles, que incluyen, pero no se limitan a, titanio o aluminio 7075-T6, en dependencia del cuerpo de cerámica particular 12 y los electrodos 24, 26 que se usan. En otras modalidades, las esquinas del cuerpo de cerámica 12 pueden perforarse (de una manera que evita los depósitos de gas 36, 38) para permitir que se instalen los insertos roscados. En estas modalidades, el cuerpo de cerámica 12 se convierte en el separador 62 a medida que se expande y contrae con los cambios de temperatura.

Reivindicaciones

1. Un láser (10) que comprende:
 5 un cuerpo de cerámica (12) que incluye una primera pared (32) y una segunda pared (32) opuesta a la primera pared (32),
 un primer espejo (16) soportado por un primer soporte de espejo (28) acoplado al cuerpo de cerámica (12) y posicionado en los primeros extremos de las primera y segunda paredes (32),
 10 un segundo espejo (18) soportado por un segundo soporte de espejo (30) acoplado al cuerpo de cerámica (12) y posicionado en los segundos extremos de las primera y segunda paredes (32) opuestos a los primeros extremos de las primera y segunda paredes (32), el cuerpo de cerámica (12) y los soportes de los primer y segundo espejos (28, 30) juntos que forman un recinto hermético que contiene un gas de láser, las primera y segunda paredes (32) y los primer y segundo espejos (16, 18) que definen una cavidad del láser de losa (14) dentro del cuerpo de cerámica (12),
 15 un primer electrodo (24) posicionado fuera del recinto hermético que contiene el gas de láser y es adyacente a la primera pared (32) del cuerpo de cerámica (12),
 un primer disipador de calor (56) posicionado fuera del recinto hermético que contiene el gas de láser y acoplado térmicamente al primer electrodo (24), el primer disipador de calor (56) que se posiciona cerca del primer electrodo (24) con un primer material eléctricamente aislante (60) dispuesto entre el primer disipador de calor (56) y el primer electrodo (24),
 20 un segundo electrodo (26) posicionado fuera del recinto hermético que contiene el gas de láser y es adyacente a la segunda pared (32) del cuerpo de cerámica (12),
 un segundo disipador de calor (56) posicionado fuera del recinto hermético que contiene el gas de láser y acoplado térmicamente al segundo electrodo (26), el segundo disipador de calor (56) que se posiciona cerca del segundo electrodo (26) con un segundo material eléctricamente aislante (60) dispuesto entre el segundo disipador de calor (56) y el segundo electrodo (26), y
 25 un amplificador de potencia de radiofrecuencia (50) configurado para excitar el gas de láser dispuesto en la cavidad del láser de losa (14) mediante la aplicación de una señal de excitación a un circuito resonante que incluye los primer y segundo electrodos (24, 26), en donde el primer electrodo (24), el primer material eléctricamente aislante (60), y el primer disipador de calor (56) funcionan como un primer capacitor del circuito resonante, en donde el segundo electrodo (26), el segundo material eléctricamente aislante (60), y el segundo disipador de calor (56) funcionan como un segundo capacitor del circuito resonante, y en donde los primer y segundo electrodos (24, 26), las porciones del cuerpo de cerámica (12), y el gas de láser funcionan como un tercer capacitor del circuito resonante.
- 35 2. El láser (10) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los primer y segundo materiales eléctricamente aislantes (60) comprenden cada uno una tira de cerámica delgada.
3. El láser (10) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los primer y segundo materiales eléctricamente aislantes (60) comprenden cada uno una pasta térmicamente conductora curada que comprende un material dieléctrico.
- 40 4. El láser (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el cuerpo de cerámica (12) comprende alúmina.
- 45 5. El láser (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos uno de los primer y segundo espejos (16, 18) se superpone al menos parcialmente sobre un orificio opuesto (42) formado en el cuerpo de cerámica (12).
- 50 6. El láser (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el cuerpo de cerámica (12) incluye además un primer depósito de gas (36) formado en este, el primer depósito de gas (36) que está en comunicación de gas con la cavidad del láser de losa (14) a través de una o más ranuras de comunicación de gas (40) que se extienden entre estas, la una o más ranuras de comunicación de gas (40) que se disponen a lo largo de un lado (34) de la cavidad del láser de losa (14) que se extiende entre las primera y segunda paredes (32) del cuerpo de cerámica (12).
- 55 7. El láser (10) de acuerdo con la cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde el primer electrodo (24) se recibe al menos parcialmente en una primera ranura (48) formada en una superficie exterior del cuerpo de cerámica (12) y el segundo electrodo (26) es al menos parcialmente recibida en una segunda ranura (48) formada en una superficie exterior de en el cuerpo de cerámica (12).
- 60 8. El láser (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los primer y segundo electrodos (24, 26) se posicionan de manera que las porciones del gas de láser adyacentes a los primer y segundo espejos (16, 18) no se excitan cuando el amplificador de potencia de radio frecuencia aplica la señal de excitación al circuito resonante que incluye los primer y segundo electrodos (24, 26).
- 65

- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
9. El láser (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los primer y segundo electrodos (24, 26) se posicionan de manera que las porciones del gas de láser adyacentes a los primer y segundo espejos (16, 18) no se excitan cuando el amplificador de potencia de radio frecuencia aplica la señal de excitación al circuito resonante que incluye los primer y segundo electrodos (24, 26).
 10. El láser (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el circuito resonante comprende además una pluralidad de bobinas de resonancia (52) posicionadas adyacentes al cuerpo de cerámica (12) y acopladas eléctricamente en paralelo entre los primer y segundo electrodos (24, 26).
 11. El láser (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los primer y segundo espejos (16, 18) forman uno de un resonador de espacio libre (22), un resonador multiplegado de espacio libre (22), un resonador de rama positiva inestable de espacio libre (22), un resonador de rama negativa inestable de espacio libre (22), un resonador de rama positiva inestable de guía de ondas (22), y un resonador de rama negativa inestable de guía de ondas (22) en la cavidad del láser de losa (14).
 12. El láser (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde una primera dimensión transversal de la cavidad del láser de losa (14) es al menos dos veces tan grande como una segunda dimensión transversal de la cavidad del láser de losa (14), la primera dimensión transversal que es paralela a las primera y la segunda paredes (32) del cuerpo de cerámica (12) y la segunda dimensión transversal que es perpendicular a las primera y segunda paredes (32) del cuerpo de cerámica (12).
 13. El láser (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer disipador de calor (56) se asegura a una distancia predeterminada del primer electrodo (24) independientemente de una temperatura del cuerpo de cerámica (12) y el segundo disipador de calor (56) se asegura a una distancia predeterminada del segundo electrodo (26) independientemente de la temperatura del cuerpo de cerámica (12).
 14. El láser (10) de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende además un separador (62) que conecta los primer y segundo disipadores de calor (56), el separador (62) que se forma de un material que tiene un coeficiente de expansión térmica que coincide sustancialmente con un coeficiente de expansión térmica del cuerpo de cerámica (12) y con un coeficiente de expansión térmica de los primer y segundo electrodos (24, 26).

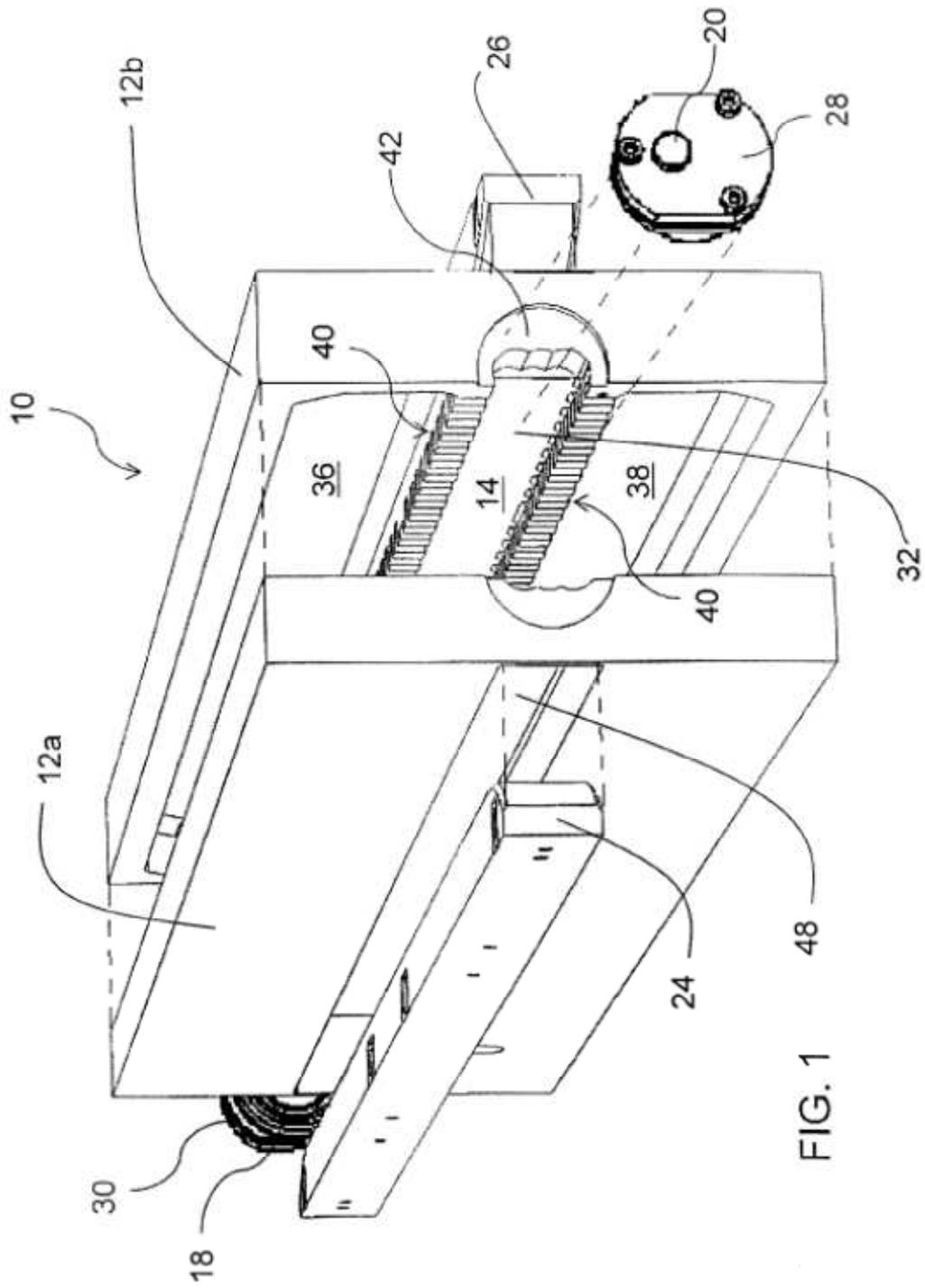


FIG. 1

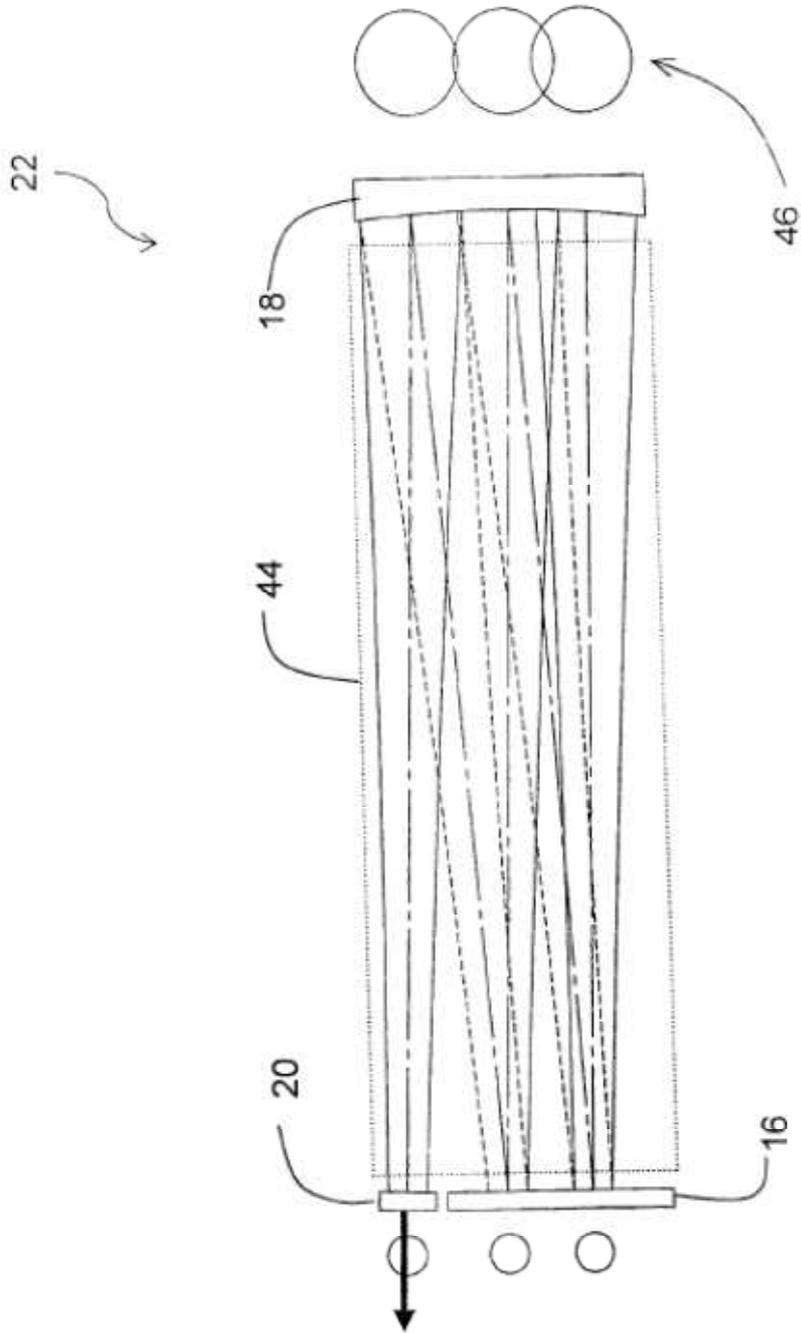


FIG. 2

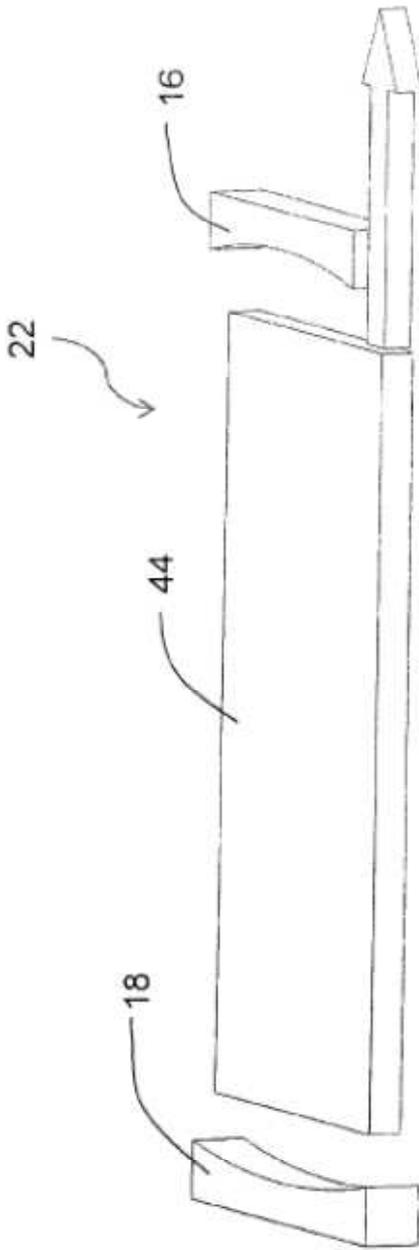


FIG. 3

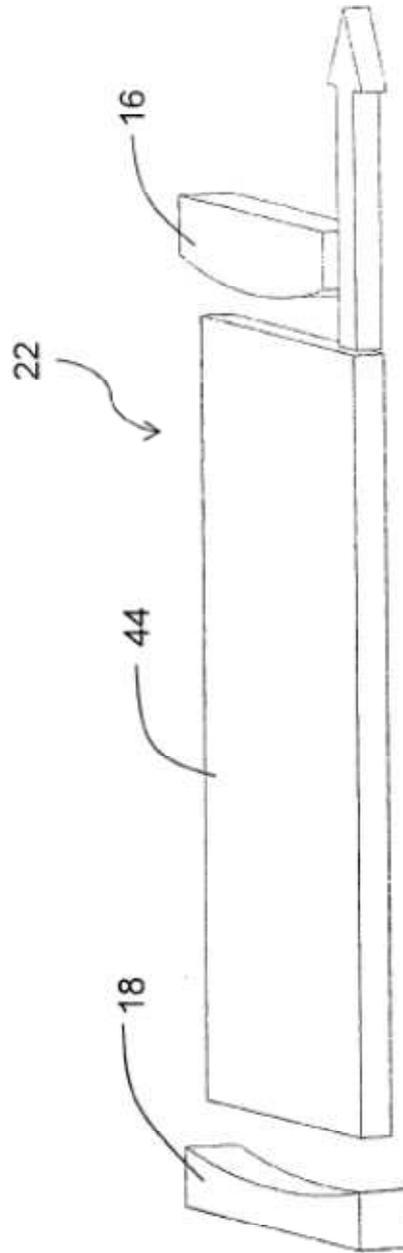
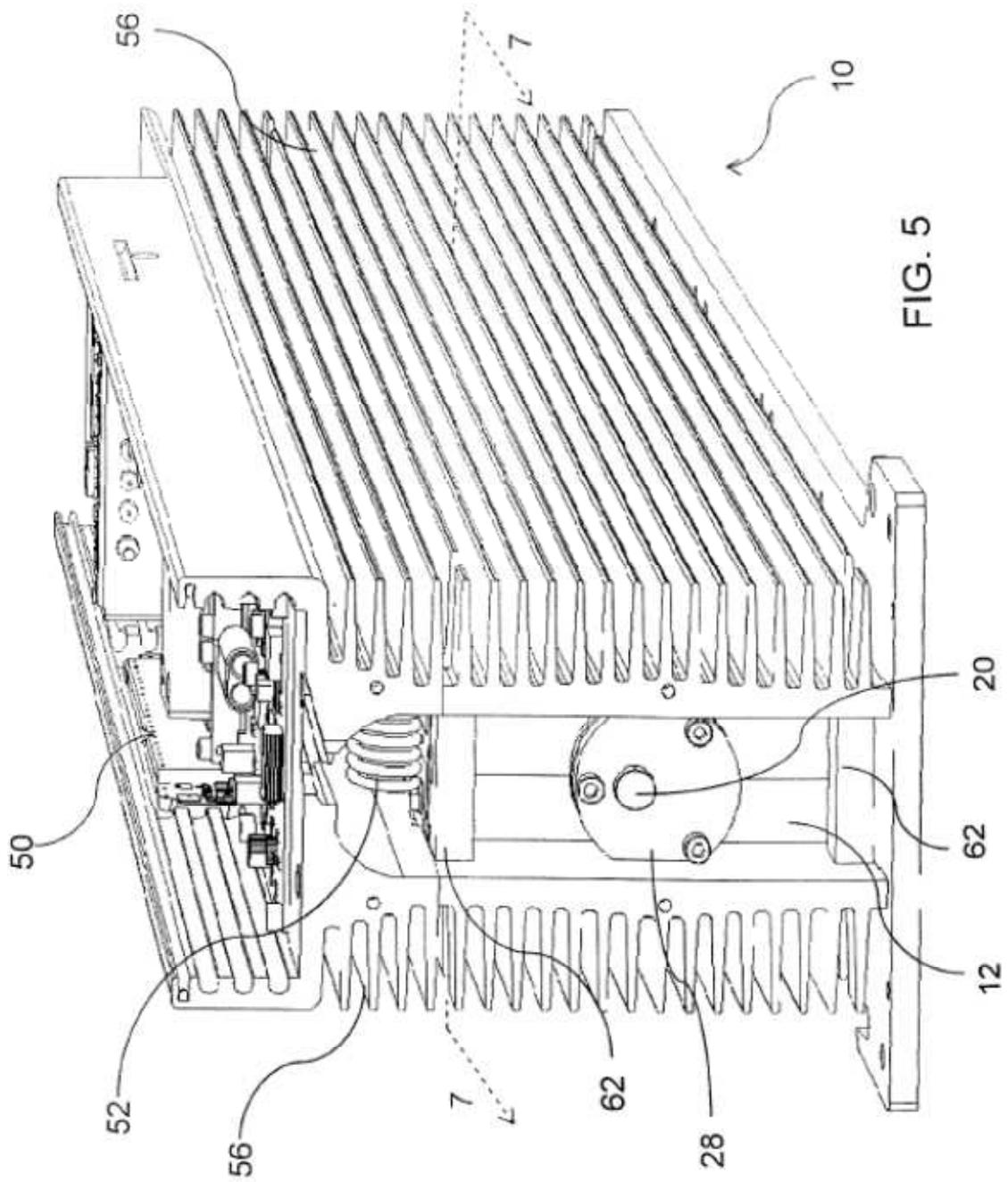


FIG. 4



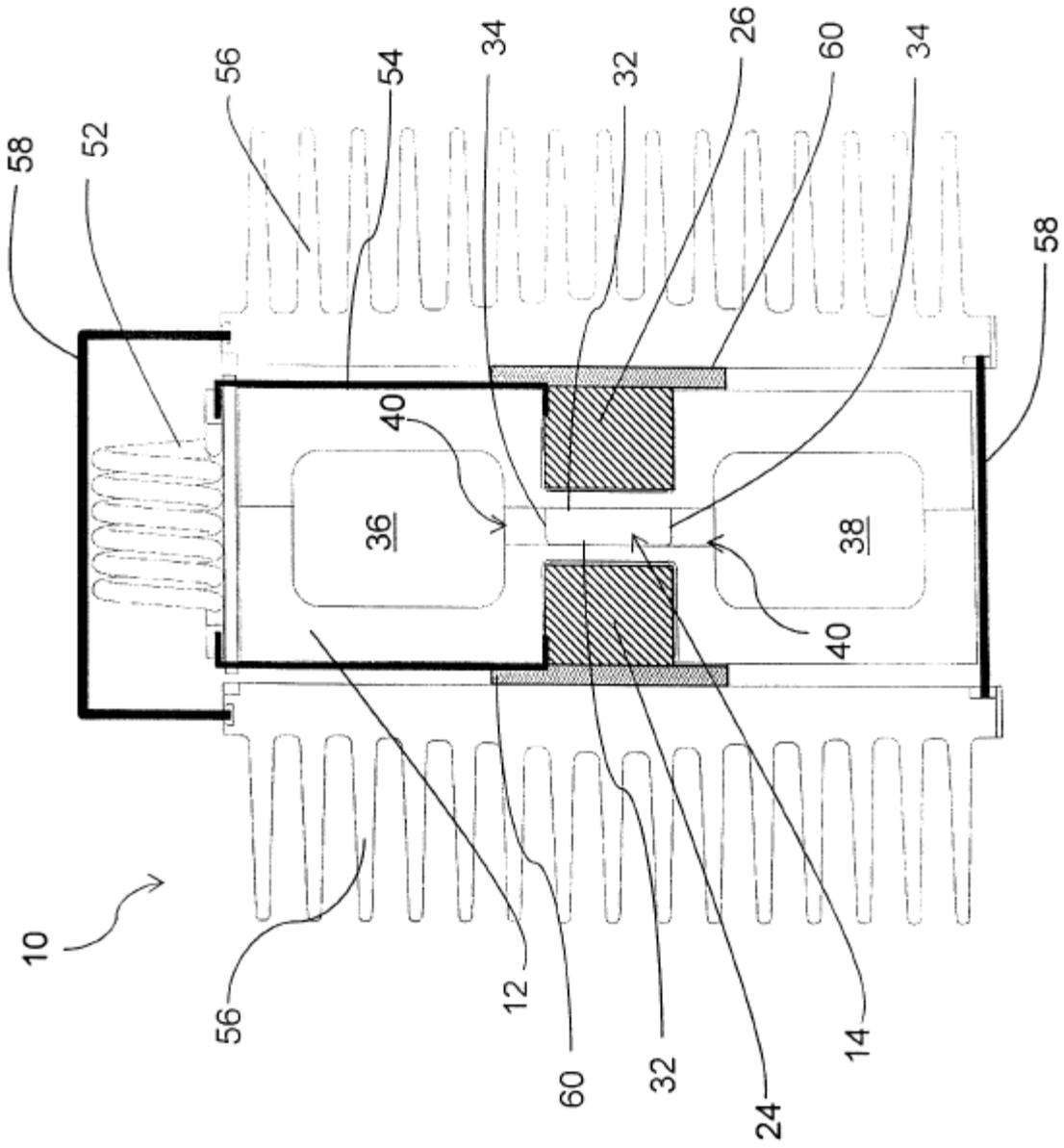


FIG. 7