

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 629 987**

51 Int. Cl.:

H01S 3/223 (2006.01)

H01S 3/23 (2006.01)

H01S 3/00 (2006.01)

G02B 27/09 (2006.01)

H01S 3/081 (2006.01)

H01S 3/03 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.10.2008** **E 08167352 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.12.2016** **EP 2053707**

54 Título: **Dispositivo de láser de gas**

30 Prioridad:

25.10.2007 EP 07119271

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

17.08.2017

73 Titular/es:

ROFIN-SINAR UK LTD (100.0%)
Meadow Road, Bridgehead Business Park
Kingston upon Hull HU13 0DG, GB

72 Inventor/es:

MARKILLIE, GAVIN

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 629 987 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 de láser de gas

Campo técnico

La invención se relaciona con láseres de descarga de gas, particularmente, pero no limitados a, un recipiente de láser de descarga de bloque excitado por RF, que opera en una región de longitud de onda de 3 a 12 micrómetros.

Antecedentes de la invención:

La Fig. 1(a) es una vista en perspectiva de un dispositivo 1 de láser de gas con guía de onda plana híbrida asimétrica rectangular convencional consistente con la técnica anterior presentada en la patente US 5, 335, 242 utilizado para generar longitudes de onda de salida de láser de 3 a 12 micrómetros de longitud. Para generar ganancia dentro de la cavidad láser formada entre los espejos resonadores 2, 3, se crea una descarga de gas de Radio Frecuencia entre dos electrodos 4 planos metálicos a menudo denominados como bloques; al excitar una descarga de Radio Frecuencia en el espacio estrecho 5 con dimensión A entre los electrodos. Para una revisión de esta tecnología refiérase a la patente US 4, 719, 639. El láser tiene dimensiones verticales A y horizontales B diferentes la una de la otra, y espejos 2, 3, resonadores láser que son espejos esféricos cóncavos para formar un resonador inestable de rama negativa en la dirección B del espacio libre lateral más amplio, por medio del cual el haz es acoplado por fuera pasando el borde 6 duro del espejo 3 que tiene el radio más bajo de curvatura de los dos espejos resonadores. En la dirección A transversal más estrecha los espejos 2, 3 resonadores en conjunto con los electrodos 4 planos forman una guía de onda. Una vista plana del láser es dada en la Fig. 1 (b) que muestra la dirección inestable de espacio libre, y se muestra una vista en sección en la Fig. 1 (c) que muestra la dirección de la guía de onda del resonador. La siguiente discusión resalta las limitaciones de los esquemas de corrección convencionales para formatear el haz de salida desde el resonador láser de guía de onda plana híbrido asimétrico, en un haz limitado de difracción limitada circular y cercano; que es un prerrequisito para la mayoría de las aplicaciones de proceso láser.

En referencia a la Fig. 1 (b) el haz 7 del resonador interno está acoplado por fuera del resonador pasando el borde 6 duro del espejo 3, que genera un haz 8 con un perfil 9 en la dirección inestable de espacio libre que es a menudo denominada como sombrero. Este haz de campo cercano requerirá de acuerdo con esto ser propagado hacia su campo cercano en el cual su perfil 10 tiene una máxima central con lóbulos de lado adyacente que se pueden retirar utilizando un filtro espacial para dar un perfil de haz de difracción limitada cercana tipo Gaussiano. La propagación en el campo lejano es producida al permitirle al haz propagarse naturalmente, o generar un foco utilizando un espejo cóncavo o unos lentes positivos. En general la selección del resonador en la dirección inestable del espacio libre es de tipo confocal, dictando que el haz 8 acoplado por fuera en esa dirección es colimado. Con el fin de lograr acoplamientos de salida adecuados de estos tipos de láseres que operan a una longitud de onda seleccionada en el rango de 3 a 12 micrómetros, el ancho C del haz en la dirección del espacio libre es generalmente de un tamaño tal que las distancias requeridas para permitirle al haz 8 colimado propagarse naturalmente hacia el campo lejano, son del orden de muchos metros. Esto dicta que la mayoría de los diseños del haz 8 acoplado por fuera en la dirección del espacio libre se debe enfocar, y por lo tanto requiere al menos dos espejos externos adicionales para girar el haz y doblarlo de regreso a lo largo de la longitud de la estructura externa del recipiente de descarga del láser de gas. Este método mantiene el diseño tan compacto como sea posible, mientras que también niega la necesidad de utilizar ópticas de energía de enfoque alto para generar el campo lejano de espacio libre; por medio del cual los niveles de irradiancia grandes estarían presentes en los lóbulos laterales filtrados y un grado muy alto de precisión posicional se requeriría para montar el filtro espacial para evitar el daño térmico.

Se describe en la Fig. 1 (c) la dirección de la guía de onda del resonador. Como se mencionó anteriormente, esta dirección es ortogonal a la dirección inestable del espacio libre del resonador. El haz 11 de la guía de onda se genera en el espacio 5 de la guía de onda, con un ancho A de 1- 2 mm, que dicta que el perfil 12 del haz de la guía de onda de campo cercano saliente es altamente divergente comparado con el haz colimado más amplio en la dirección inestable del espacio libre, sin embargo, a diferencia del haz inestable de espacio libre, la forma del perfil tanto en el campo cercano 12 como el lejano 13 es aproximadamente Gaussiano, y por lo tanto no requiere filtro espacial. En general, el haz 11 de guía de onda saliente se le permite propagarse a una distancia a raíz de la cual su tamaño es igual a aquel del haz de espacio libre. El radio de curvatura frontal de la onda (divergencia) del haz de la guía de onda es luego corregido para coincidir con aquel del haz de espacio libre que utiliza un espejo/lente cilíndricos o un espejo esférico angulado, esta corrección ocurre antes o después de que el haz de espacio libre se ha filtrado espacialmente. Es práctica común utilizar los dos espejos de doblamiento anteriormente mencionados que son utilizados para doblar el haz de regreso a lo largo de la longitud de la estructura externa del recipiente de descarga del láser de gas, para efectuar algunas, o toda la corrección en la dirección de la guía de onda. Sin embargo, con el fin de lograr la corrección requerida dentro de la limitación de mantener el esquema correctivo no mayor de la longitud del recipiente de descarga de láser se requiere a menudo que se utilicen dobleces de haz adicionales. Tales diseños a menudo requieren estructuras adicionales y sistemas de montaje óptico, que elevan los costos y el peso de la estructura total. Agregado a estos

temas, es la necesidad de permitir variaciones tanto en las características del haz resonador como en las tolerancias en las potencias ópticas del sistema correctivo, lo que dicta que el sistema correctivo debe ser ajustable en algún grado, tanto en la ubicación como el ángulo de incidencia de sus elementos ópticos correctivos componentes

5 La patente US 5 392 309 A divulga un dispositivo láser resonador confocal inestable con primeros y segundos reflectores curvados.

La solicitud de patente US 2007 019 701 divulga un resonador de anillo de 3 espejos, en donde el cuarto espejo plano se coloca por fuera del resonador para acoplar por fuera la luz proveniente del resonador.

Resumen de la invención:

10 De acuerdo con esto, es un objeto de esta invención eliminar las dificultades anteriormente descritas y los inconvenientes que acompañan la corrección requerida del haz de un dispositivo de guía de onda plano híbrido asimétrico convencional. Más específicamente, un objeto de la presente invención y suministrar un recipiente de láser de gas que opera con un resonador de guía de onda plano híbrido asimétrico que produce un haz redondo de difracción limitada cercana que no requiere ninguna corrección externa adicional. Tal dispositivo, en comparación con un láser de guía de onda plano híbrido asimétrico que tiene un sistema de corrección convencional, será más simple en construcción, más bajo en costo y más ligero en peso. De acuerdo con la presente invención se suministra un aparato y método como se estableció en las reivindicaciones finales. Otras características de la invención serán evidentes de las reivindicaciones dependientes, y la descripción que sigue.

20 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, un recipiente de descarga láser de gas opera con un resonador de guía de onda plano híbrido asimétrico, un sistema de enfoque óptico/óptica de enfoque y una longitud de la banda de guía de onda adicional. La banda de guía de onda adicional y el sistema de enfoque/óptica de enfoque actúan preferiblemente tras el haz de salida del resonador de guía de onda plano híbrido para formar una cintura de haz en la dirección inestable del espacio libre a la salida de la banda de guía de onda que coincide con las dimensiones de la cintura del haz de guía de onda ortogonal formado en esa posición, creando una salida redonda. Más aún, el haz inestable de espacio libre es ahora lo que denomina su campo lejano, y puede ser espacialmente filtrado en un punto cercano o justo después de la salida de la banda de guía de onda adicional, creando un haz redondo con difracción limitada cercana que no requiere ninguna corrección externa adicional después de que ha salido del recipiente de descarga.

30 De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, el recipiente de descarga de láser de gas opera con un resonador de guía de onda plano híbrido asimétrico, un sistema de enfoque óptico/óptica de enfoque y una longitud de tira de banda de guía de onda adicional. La banda de guía de onda adicional y el sistema de enfoque/óptica de enfoque preferiblemente actúan sobre el haz de salida desde el resonador de guía de onda plana híbrida asimétrica para formar una cintura de haz en la dirección inestable del espacio libre una distancia corta después de que el haz sea propagado desde la banda de guía de onda adicional.

35 La posición de la cintura del haz de espacio libre se puede seleccionar para ser interna o externa al recipiente de descarga, la opción posterior tiene la ventaja de que el filtro se puede agregar después de la construcción y sellado del recipiente de descarga. El tamaño y la posición de la cintura del haz también puede ser preferiblemente establecida de tal manera que el tamaño del haz de guía de onda divergente coincide en esa posición, o a una corta distancia después de que se ha formado la cintura del haz de espacio libre. La divergencia del haz de guía de onda puede ser entonces corregida para igualar aquella del haz inestable de espacio libre que utiliza un espejo cilíndrico/lentes ubicados en la posición donde los tamaños del haz coinciden, generando un haz redondo. Dependiendo de la posición de la cintura del haz de espacio libre y la posición donde el haz es redondo, el espejo cilíndrico corrector/lentes se pueden colocar internos o externos al recipiente de descarga.

45 Adicional al primer y segundo aspectos de la invención, el diseño del resonador de guía de onda plano híbrido asimétrico es preferiblemente a propósito satisfecho ubicando la banda de guía de onda plana adicional paralela y adyacente a la descarga de guía de onda plana del resonador. Específicamente, un láser por medio del cual la guía de onda plana híbrida asimétrica es preferiblemente configurada como dos resonadores de rama negativa de espejo que acoplan por fuera el haz pasando el espejo de la cavidad resonadora que tiene el radio de curvatura más grande. Esto luego preferiblemente permite al sistema de enfoque ser un espejo cóncavo esférico simple, que opera a una incidencia normal cercana al haz acoplado por fuera, en acoplamiento con el haz de salida resonador en una banda de guía de onda plana adicional que es tanto paralela como adyacente a la descarga de guía de onda plana del resonador. Más aún, el resonador láser de guía de onda plana híbrida asimétrica como se mencionó anteriormente, que opera con una configuración que es cercana o exactamente en el punto donde esta es considerada un resonador confocal, que ayuda en la extracción eficiente de ganancia de la descarga bloque rectangular; la fuente geométrica efectiva para el haz de salida del resonador es cercana o exactamente coincidente con el punto confocal teórico del resonador.

- Adicionalmente, el resonador de guía de onda plano híbrido asimétrico, que en este segundo aspecto del resonador, es preferiblemente configurado como un resonador de rama positiva de dos espejos que acopla por fuera el haz que pasa el espejo de la cavidad del resonador que tiene un radio de curvatura cóncavo. Esto de nuevo le permite al sistema de enfoque ser un espejo cóncavo esférico simple, que opera en incidencia normal cercana al haz acoplado por fuera, en
- 5 acoplamiento con el haz de salida del resonador en una banda de guía de onda plana adicional que es tanto adyacente a la descarga de guía de onda plana del resonador. De nuevo, este resonador puede operar con una configuración que está cercana o exactamente en el punto donde se considera un resonador confocal, como antes, ayuda en la extracción eficiente de la ganancia de la descarga bloque rectangular; la fuente geométrica efectiva del haz de salida del resonador que es cercana o exactamente coincidente con el punto confocal teórico del resonador.
- 10 Preferiblemente, la longitud de la banda de guía de onda tiene dimensiones transversales que son de un tamaño adecuado para acoplar internamente de manera eficiente el haz de salida del resonador de guía de onda plana del primer aspecto.
- La banda de guía de onda del primer aspecto cuya longitud en conjunto con la energía del sistema de enfoque/óptica es preferiblemente a ser seleccionada de tal manera que el lóbulo central de la cintura del haz formado en la dirección
- 15 inestable el espacio libre en el extremo de la banda de guía de onda igual a aquella de la cintura del haz de guía de onda ortogonal.
- Preferiblemente, la longitud de la banda de guía de onda incluye un filtro espacial ubicado cerca o justo después de la salida de la banda de guía de onda que actúa para remover los lóbulos laterales del haz en la dirección inestable del espacio libre, dando de esta manera un haz redondo de difracción limitada cercana.
- 20 Preferiblemente, la longitud de la banda de guía de onda del segundo aspecto tiene una longitud en conjunto con la energía del sistema de enfoque/óptica a ser seleccionada de tal manera que una cintura del haz en la dirección del espacio libre se forma a una corta distancia después de que el haz sea propagado desde la banda de guía de onda adicional, y está preferiblemente contenida dentro o externa al recipiente de láser de gas.
- El filtrado espacial de los lóbulos laterales secundarios pertenecen al haz inestable de espacio libre, cerca o en la
- 25 posición de cintura del haz se suministra preferiblemente con el fin de generar un haz con difracción limitada
- El tamaño y posición de la cintura del haz también puede ser preferiblemente ajustado de tal manera que el tamaño del haz de la guía de onda divergente es coincidente en esa posición, o a una distancia corta después de que la cintura del haz de espacio libre se ha formado. La divergencia del haz de la guía de onda puede ser entonces corregida para igualar aquella del haz inestable de espacio libre que utiliza un espejo/lentes cilíndricos ubicados en la posición donde
- 30 los tamaños del haz coinciden, generalmente un haz de difracción limitada circular.
- El resonador de guía de onda plano híbrido asimétrico puede ser un resonador de rama negativa de dos espejos que acopla por fuera del haz pasando el espejo de la cavidad del resonador que tiene el radio de curvatura más grande.
- El resonador de guía de onda plano híbrido asimétrico puede ser un resonador de rama positiva de espejo que acopla por fuera el haz pasando el espejo de la cavidad del resonador que tiene un radio de curvatura cóncavo.
- 35 El resonador de guía de onda plano híbrido asimétrico se puede adaptar para operar con una configuración que está cercana o exactamente en el punto donde se considera un resonador confocal, que ayuda en la extracción eficiente de ganancia de la descarga bloque rectangular; la fuente geométrica efectiva para el haz de salida está preferiblemente cercano exactamente coincidente con el punto confocal teórico del resonador
- El sistema/óptica de enfoque puede contener superficies de espejo o una superficie ajustable en ángulo, de tal manera
- 40 que el eje longitudinal de la banda de guía de onda se pueda disponer paralela al eje longitudinal de la descarga de guía de onda del bloque
- En una realización por fuera del alcance de la presente invención el resonador de guía de onda plano híbrido asimétrico puede incorporar un componente óptico único que se desempeña como uno de los espejos resonadores que pertenecen al resonador de guía de onda plano híbrido asimétrico, así como también actuando como parte de todo el sistema/óptica
- 45 de enfoque anteriormente mencionado
- De acuerdo con la presente invención, se suministra un láser de gas que comprende:
- Un recipiente de gas para láser;
- Dos placas de electrodo sustancialmente paralelas que forman una guía de onda operable para enfocar y reflejar un haz de resonador
- 50 Medios de excitación operables para originar una descarga de gas;

Primeros y segundos reflectores curvados que se enfrentan el uno al otro entre las placas de electrodo; y

Un tercer reflector curvado operable para dirigir el haz resonador a una salida del recipiente de gas de láser, en donde

El tercer reflector curvado dobla el haz resonador de regreso a lo largo de una sección adyacente de las placas de electrodo paralelas que es paralela a un eje óptico del resonador, esta sección adyacente actúa como una banda de

guía de onda adicional, externa al resonador, ubicada entre el tercer reflector y la salida del recipiente de láser de gas, y

El reflector curvado es adyacente a un extremo del resonador y la salida del láser de gas es adyacente a un extremo opuesto del resonador.

El haz resonador es preferiblemente desarrollado mediante placas de electrodo y los primeros y segundos medios de enfoque/reflexión. La ganancia es extraída de la descarga de gas en la medida en que la luz pasa a través de este, dando origen a un haz resonador

El primero, segundo y/o tercer medio de enfoque/reflexión son preferiblemente reflectores curvados

El láser de gas incluye preferiblemente un elemento de guía de onda adicional, o una banda de guía de onda, preferiblemente adyacente y preferiblemente coplanar a la guía de onda formada por las placas de electrodo. Los terceros medios de enfoque/reflexión son preferiblemente operables para enfocar el haz resonador que sale para formar una cintura de haz, preferiblemente en una dirección inestable de espacio libre, sustancialmente en o cerca a la salida del elemento de guía de onda adicional. La cintura del haz se puede formar más allá del elemento de guía de onda adicional.

La guía de onda adicional es preferiblemente operable para restringir el haz resonador que sale en la dirección de guía de onda. La guía de onda adicional es preferiblemente ubicada entre los terceros medios de enfoque/reflexión y la salida del láser de gas

Los terceros medios de enfoque/reflexión son preferiblemente operables para enfocar el haz resonador que sale para formar una cintura de haz sustancialmente igual en tamaño como el tamaño de la cintura del haz en la dirección de la guía de onda, cuyo tamaño es preferiblemente una distancia de separación de las placas del elemento de guía de onda adicional. Los terceros medios de enfoque/reflexión pueden ser ajustables en ángulo. En una realización por fuera del alcance de la presente invención, los terceros medios de enfoque/reflexión pueden ser parte de uno de los primeros o segundos medios de enfoque/reflexión

El láser puede incluir medios de filtrado espaciales, adaptados, para retirar los lóbulos laterales del haz resonador que sale, preferiblemente en la dirección del espacio libre. Preferiblemente, los medios de filtrado espaciales están ubicados en o cerca a la salida del láser

El láser puede ser un láser resonador de guía de onda plana asimétrica.

Los primeros y/o segundos medios de enfoque/reflexión en la dirección lateral más amplia de la descarga del láser son preferiblemente escogidos para formar un resonador aproximadamente confocal o confocal.

La invención se extiende a un resonador para láser de descarga de gas, dicho resonador incorpora las placas de electrodo y los medios de enfoque/reflexión del aspecto previo

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se suministra un método de crear un haz resonador de láser, dicho método incluye:

Generar una descarga en un gas mediante excitación por Radio Frecuencia del gas que utiliza placas de electrodo sustancialmente paralelas;

Extraer ganancia de la luz generada al reflejar y enfocar la descarga entre los primeros y segundos medios de enfoque/reflexión; y

Guiar el haz resonador a una salida que utiliza terceros medios de enfoque/reflexión

Todas las características descritas aquí se pueden combinar con cualquiera de los aspectos anteriores, en cualquier combinación.

Para un mejor entendimiento de la invención, y para mostrar como las realizaciones de la misma se pueden llevar a efecto, se hace ahora referencia, por vía de ejemplo, a los dibujos diagramáticos que la acompañan en los cuales:

Descripción de los dibujos:

La Fig. 1 (a) es una vista en perspectiva de un dispositivo láser de gas de guía de onda plano híbrido asimétrico rectangular convencional de la técnica anterior como se divulgó en la patente US 5, 335, 242

La Fig. 1 (b) es una vista plana de un láser de la técnica anterior presentado en la Fig. 1 (a) que muestra la dirección inestable de espacio libre del resonador láser,

5 La Fig. 1 (c) es una vista en sección de un láser de la técnica anterior presentado en la Fig. 1 (a) que muestra la dirección de la guía de onda del resonador láser,

La Fig. 2 (a) es una vista en perspectiva de la estructura óptica y de descarga de la realización preferida,

La Fig. 2 (b) es una vista plana de la realización preferida presentada en la Fig. 2 (a),

La Fig. 2 (c) es una vista en sección de la realización preferida presentada en la Fig. 2 (a),

10 La Fig. 3 (a) es una vista plana de la derivada de la realización preferida,

La Fig. 3 (b) es una vista en sección de la derivada de la realización preferida,

La Fig. 4 es una vista plana del resonador de guía de onda plano híbrido asimétrico inventado que opera en la configuración confocal de rama negativa,

15 La Fig. 5 es una vista plana del resonador de guía de onda plana híbrido asimétrico inventado en la configuración confocal de rama positiva

Descripción detallada de la invención:

La realización preferida de esta invención se describirá con referencia a los dibujos que la acompañan, a saber, la Fig. 2 (a), Fig. 2 (b) y Fig. 2 (c). La Fig. 2 (a) muestra un dibujo en perspectiva de la estructura óptica y de descarga de la realización preferida; la estructura 142 de descarga de gas comprende dos electrodos 152 rectangulares planos metálicos, con una descarga de gas excitado por Radio Frecuencia en el espacio 162 estrecho entre los electrodos. El ancho del espacio 162 es usualmente de 1- 2mm, con un ancho D de espacio mantenido dentro de los 100 micrómetros sobre la totalidad de la estructura de descarga. Este espacio uniforme en conjunto con la superficie metálica plana de los electrodos también actúa para formar una guía de banda para el resonador láser en la dimensión E transversal estrecha del resonador. En la dimensión F de espacio libre lateral más amplia del resonador definido mediante el ancho del bloque G, o alternativamente el ancho de los espejos resonadores ubicados en los extremos de la descarga, el resonador láser opera en esta dirección de espacio libre como un resonador inestable asimétrico, con el haz láser acoplado por fuera pasando el borde duro de uno de los espejos. Una traza de rayo de línea sólida del haz 172 de espacio libre del resonador se muestra en la Fig. 2 (a).

Como se mencionó anteriormente, en cualquier extremo de la estructura de descarga se colocan los espejos resonadores. Ambos espejos tienen un radio de curvatura cóncavo esférico maquinado sobre las superficies que se enfrentan en la descarga del gas, y forman una rama negativa confocal o aproximadamente confocal, el sistema óptico inestable en la dimensión F de espacio libre lateral. El espejo resonador que tiene el radio de curvatura 182 más pequeño, se ubica en el extremo de descarga donde el haz sale de la estructura de descarga y el recipiente de láser. En el extremo opuesto de la descarga está el espejo 192 resonador que tiene el radio de curvatura más grande, es este espejo 192 el que tiene un borde 202 duro, que le posibilita acoplarse por fuera del haz desde el resonador. Adyacente al espejo 192 está un tercer espejo 212 que tiene un radio de curvatura cóncavo esférico maquinado sobre la superficie que se enfrenta hacia la descarga. El ángulo del tercer espejo 212 es tal que este toma la salida desde el resonador láser que está en ángulo con el eje óptico del resonador O láser, y dobla el haz 222 de salida de regreso a lo largo de una sección adyacente de la descarga del gas que está paralelo al eje óptico de resonador o láser, esta sección de la descarga 232 actúa ahora como una banda de guía de onda adicional. Solo después de salir de la banda 232 de guía de onda adicional, un filtro 242 espacial se ubica de tal manera que este actúa para filtrar espacialmente el haz acoplado por fuera en la dirección de espacio libre. En general, el filtro espacial es un dispositivo de reflexión, más probablemente de naturaleza metálica pero no necesariamente, con una ranura 262 de ancho H similar al tamaño del espacio de la guía de onda maquinado en este, que le permite al máximo central del haz de espacio libre pasar a través de este aunque también reflejando los lóbulos laterales de espacio libre no deseados por fuera del haz principal. Es deseable colocar el filtro espacial unos pocos centímetros atrás de la salida de la guía de onda con el fin de que los lóbulos laterales de espacio libre reflejados se puedan dirigir alejándose en la senda óptica del resonador deteniendo de esta manera la "retroalimentación" óptica, y también evita posibles saltos de la descarga excitada por Radio Frecuencia a la estructura metálica del filtro.

50 La Fig. 2 (b) es una vista plana de la realización preferida presentada en la Fig. 2 (a) y muestra el resonador y la corrección en la dirección inestable de espacio libre lateral más amplia, y también incluye un esquema del recipiente 272 de descarga, y la ventana 282 óptica del recipiente dentro de la pared del recipiente que le permite al haz de salida

propagarse desde el recipiente de descarga. El haz 172 inestable de espacio libre dentro del resonador es de nuevo representado como un trazo de rayo de línea sólida. En la presente invención, el haz 222 de salida sale del resonador láser en la parte trasera del recipiente 272 de descarga antes de ser doblado a regreso a lo largo de la longitud del recipiente de descarga por el tercer espejo 212. El resonador se diseña de tal manera que el haz 222 que deja el resonador es divergente, originándose desde una fuente 302 de punto de punto virtual cerca al centro de descarga. A través de la selección correcta del radio de curvatura del tercer espejo 212, y el grado de acoplamiento de salida desde el resonador el haz 222 resultante tiene una cintura de haz en la salida 312 de la banda 232 de guía de onda adicional, el cual cuando el filtrado produce un haz de espacio libre de difracción limitada cercano que es igual al tamaño de aquel de la cintura de haz de guía de onda ortogonal en la salida 312 de la banda 232 de guía de onda adicional mostrada en la Fig. 2 (c) que es una vista en sección del recipiente de descarga del haz tomado a lo largo del eje de la línea P en la Fig. 2 (b). Así el haz 222 que sale del recipiente 272 de descarga de láser es tanto redondo como filtrado y no requiere corrección adicional. De regreso de nuevo a la Fig. 2 (b), la razón de que el haz de espacio libre se pueda filtrar a la salida de la banda 232 de guía de onda adicional es que el haz de espacio libre es considerado como estando en su campo lejano, una situación que no es posible de producir interna al recipiente de descarga cuando se emplea un resonador laser de guía de onda plano o convencional de la técnica anterior y la corrección convencional, tal como se discutió en la sección alejada del antecedente de esta invención. Otro punto importante de notar es que el láser de guía de onda plano asimétrico convencional se puede configurar de tal manera que el haz que sale del resonador laser es redondo; a saber los tamaños del haz inestables y de guía de onda de espacio libre exterior son los mismos; tal configuración se presentó en la patente US 5, 048, 048 detallando una descarga de gas excitada por microondas. Después de la propagación del haz divergente que sale de la salida del resonador de guía de onda plano, dependiendo del tamaño de la cintura del haz de guía de onda en la longitud de onda seleccionada el haz opera en, el haz puede ser en teoría espacialmente filtrado en la dirección de espacio libre a distancias de menos de 0.3 m desde la salida de la guía de onda sin la necesidad de enfocar el haz inestable de espacio libre. Sin embargo, esta aproximación está limitada a los láseres que operan en potencia por debajo de 200 vatios, porque su aplicación práctica está restringida al ancho lateral permisible de la descarga de guía de onda plana. La razón para esta restricción es que el acoplamiento de la salida de fracción del resonador es aproximadamente dado por el ancho del haz de espacio libre que sale del resonador pasando el borde duro del espejo de salida, dividido por el ancho de la descarga de guía de onda plana. Idealmente, los valores de fracción de alrededor de 0.06 – 0.2 comúnmente dan la extracción de energía más eficiente de estos tipos de resonadores laser de descarga de gas de guía de onda que opera a longitudes de onda de 3 a 12 micrómetros. Desafortunadamente, los valores de fracción inician para caer por debajo de 0.06, la eficiencia de extracción de energía cae muy dramáticamente. Esta tendencia limita la aplicación práctica de esta aproximación de la técnica anterior a descargas de gas de guía de onda plana que tienen un ancho lateral no mayor de 20- 30 mm, dependiendo del tamaño del espacio de guía de onda seleccionado, que usualmente varía de 1 – 2 mm. También se debe notar que los niveles de radiación de este tipo de laser de guía de onda plano como se presenta en la patente US 5, 048, 048 son muy altos y pueden conducir a un daño óptico en la ventana óptica del recipiente de descarga cuando se emplean materiales comúnmente utilizados para el sustrato de la ventana que opera en la región de longitud de onda de 3 a 12 micrómetros. Este también parece ser el caso de la presente realización preferida de la invención, sin embargo, en el caso de la presente invención; de regreso de nuevo a la Fig. 2 (a), la Fig. 2 (b) y la Fig. 2 (c) los electrodos 152 metálicos se muestran como rectangulares con una banda 232 de guía de onda adicional que corre su longitud completa; esto no necesariamente tiene que ser el caso para todos los diseños y niveles de energía. En la medida en que los láseres de descarga de gas de guía de onda plano escalan en energía, generalmente el ancho y la longitud de los electrodos de guía de onda plana se incrementan para generar mayor ganancia de área. Este escalamiento del área de la región activa de descarga le confiere así mismo una longitud de banda de guía de onda adicional que no corre la longitud completa de los electrodos 152 de guía de onda plana. Así un haz redondo se puede generar a una distancia significativa de la ventana 282 óptica del recipiente de descarga, de tal manera que el tamaño del haz de salida dirigente en la ventana 282 óptica del recipiente de descarga se ha incrementado a un valor mediante el cual los niveles de irradiación ya no originan daño óptico. Naturalmente el cumplimiento de este esquema requiere el uso de un filtro 242 espacial que es eléctricamente aislado de la descarga de Radio Frecuencia con el fin de colocarla cerca a la salida de la banda 232 de guía de onda adicional, y diseñada de tal manera que los componentes del haz filtrado no pueden “retroalimentarse” ópticamente en el resonador laser.

La Fig. 3 (a) muestra una vista plana para un derivado de la realización preferida de la presente invención. En esta variante el tercer espejo 213 tiene un radio de curvatura tal que el haz 223 de salida resultante en la dirección inestable de espacio libre tiene una cintura de haz que no está en la salida 323 de la banda 233 de guía de onda adicional como en la realización preferida, sino en una posición 333 una distancia corta después de que el haz ha salido de la banda de guía de onda adicional. Esta aproximación posibilita una mayor variedad del resonador por fuera de acoplamientos y longitudes de banda de guía de onda adicionales a ser considerados como el diseño ya no está restringido para tener tamaños de haz iguales al extremo de la banda de guía de onda. También se debe notar que la posición 333 se puede seleccionar para estar dentro o fuera de los confines del recipiente de descarga. Una ventaja adicional de tener la posición 333 establecida por fuera de los confines del recipiente de descarga, es que el filtrado se puede ofrecer al usuario final como una opción. En contraste, una desventaja de tener una posición 333 por fuera de los confines del

recipiente de descarga es que la energía de salida del láser promedio para variantes de láser de gas Dióxido de Carbono de esta invención están limitados a valores no mayores de 200 W, debido a las restricciones de los niveles de irradiación permisibles formados en la ventana 283 de salida del recipiente de descarga cuando se utilizan materiales comúnmente disponibles para el sustrato de la ventana. Directamente en la posición 333 está colocado un filtro 243 espacial, que actúa en la dirección del espacio libre para generar un haz de difracción limitada cercana en la dirección del espacio libre. El ancho de la ranura del filtro espacial es de aproximadamente igual a $3 \cdot w_0$ del máximo central del haz de espacio libre, donde w_0 es el radio del haz 1/e² tradicional. Se muestra en la Figura 3 (b) una vista en sección del recipiente de descarga del láser tomado a lo largo de la línea P en la Fig. 3 (a), demostrando el haz 223 de salida divergente en la dirección de la guía de onda en la medida en que este sale de la banda 233 de la guía de onda adicional. Con el fin de corregir la divergencia de la guía de onda de tal manera que este coincida con la divergencia de la cintura del haz de espacio libre ortogonal, se colocan unos lentes 343 cilíndricos en la posición 353 que es donde los tamaños del haz en la dirección ortogonal son iguales. La longitud focal de los lentes 343 cilíndricos se selecciona de tal manera que las divergencias diferentes son entonces coincidentes, creando un haz con difracción limitada circular. Se debe notar que dependiente del tamaño de la cintura del haz y la ubicación seleccionada para la dirección del espacio libre, la posición 353 puede estar en una posición 333 o a una distancia adicional. Esto dicta que la óptica correctiva puede ser interna al recipiente de descarga si la posición 333 es interna al recipiente de descarga, y podría tomar potencialmente el papel de sellar el dispositivo, de tal manera que las ópticas 343 y 283 son una y la misma óptica.

Para describir mejor el resonador de esta invención, la variante confocal del resonador de la rama negativa asimétrica inventada se presenta en la Fig. 4 como una vista plana de la dirección de espacio libre; con el tercer espejo correctivo de la invención no mostrado. En la dirección de espacio libre un resonador asimétrico confocal o casi confocal opera formado entre dos espejos 184 y 194 con un radio de curvatura formado en cada espejo, las superficies formadas se enfrentan una a la otra a través de la descarga 144 de láser para formar un resonador. El radio de curvatura de las superficies de espejo se seleccionan primeramente de tal manera que el resonador se puede describir como inestable en la dirección del espacio libre. Este requisito inestable se cumple cuando el producto de parámetro geométrico de espacio libre del resonador, $g_1 \cdot g_2$, está por fuera de los límites:

$$0 \leq g_1 \cdot g_2 \leq 1$$

Donde $g_1 = 1 - L/R_1$ y $g_2 = 1 - L/R_2$, siendo L la separación de los espejos a través de la descarga, y R1 es el radio de curvatura del espejo de espacio libre para el espejo 184, y R2 es el radio de curvatura del espejo de espacio libre para el espejo 194. El segundo requerimiento para este resonador de espacio libre es que el eje óptico formado por el radio de curvatura de espacio libre que pertenece a los espejos 184 y 194 sea paralelo al eje T principal de la descarga 144 de gas; esto ayuda en la extracción eficiente de la ganancia proveniente de la descarga del gas. El eje óptico del resonador de espacio libre se define como el eje O que corre a través de los dos centros del radio de curvatura de los espejos 184 y 194. En la Fig. 4 el centro del radio de curvatura para el espejo 184 está en la posición 354, el centro del radio de curvatura para el espejo 194 está en la posición 364. El tercer requisito para el resonador de espacio libre es que este sea confocal o casi confocal, este requisito también ayuda en la extracción eficiente de la ganancia de la descarga del gas. Este requisito se cumple cuando los puntos focales que pertenecen a los espejos 184 y 194 resonadores de espacio libre se intersectan el uno al otro. En la Fig. 4 el punto de intersección confocal del resonador es 304, y los puntos focales de los espejos 184 y 194 son respectivamente 374 y 384 y están a mitad de camino a lo largo de las líneas respectivas que unen el centro con los radios de curvatura con las superficies de espejo.

Hasta este punto en la discusión, los requerimientos propuestos también son compartidos por un resonador de rama negativa asimétrica confocal convencional, tal como se presentó en la técnica anterior de las patentes US 5, 048, 048 y 5, 335, 242. Sin embargo, en la partida del diseño convencional, el haz resonador laser de la presente invención sale pasando el borde 204 duro que está maquinado sobre el espejo 194 resonador que tiene el radio de curvatura más largo en la dirección inestable de espacio libre, el opuesto exacto de un diseño convencional. Esto da como resultado en un haz 294 que sale en la dirección inestable del espacio libre que es divergente en lugar de colimada según sea el caso de un resonador de rama negativa asimétrico convencional, el origen geométrico del haz divergente que es el punto 304 de intersección confocal del resonador. El ancho Q ideal de la descarga en la dirección del espacio libre que está incluido por los espejos 184 y 194 resonadores se relaciona con la amplificación M de resonador del espacio libre y el ancho W de descarga de la siguiente expresión:

$$Q = W/M$$

Donde la amplificación M, del resonador de espacio libre, se define como la proporción R_2/R_1 . Finalmente, con el fin de promover la extracción eficiente de la ganancia desde la descarga, un quinto requisito para el resonador de espacio libre es que el eje O óptico del resonador de espacio libre se cambie con respecto al eje T principal de descarga. Este cambio del eje es en una dirección alejada del borde 204 duro que es maquinado sobre el espejo 194 resonador. El desfase S del eje O óptico del resonador inestable de espacio libre se define con respecto al borde 204 duro del espejo resonador 194 dando la siguiente expresión:

$$S = W/(M^2 + M)$$

La Fig. 5 muestra la vista plana equivalente de un resonador de rama positiva de la invención con el tercer espejo correctivo de la invención no mostrado. De nuevo, como lo fue el caso para el equivalente de la rama negativa, existen cinco requisitos. En la dirección de espacio libre un resonador asimétrico confocal o casi confocal opera, formado entre dos espejos 185 y 195 con un rayo de curvatura formado en cada espejo, las superficies formadas se enfrentan la una a la otra a través de una descarga 145 láser para formar un resonador. El radio de curvatura de las superficies del espejo se seleccionan primeramente de tal manera que el resonador se pueda describir como inestable en la dirección de espacio libre. Estos requisitos inestables se cumplen cuando el producto del parámetro geométrico del espacio libre del resonador, $g_1 g_2$, está por fuera de los límites:

$$0 \leq g_1, g_2 \leq 1$$

Cuando $g_1 = 1 - L/R_1$ y $g_2 = 1 - L/R_2$, L es la separación de los espejos a través de la descarga, y R_1 es el radio de curvatura del espejo de espacio libre para el espejo 185 y R_2 es el radio de curvatura del espejo de espacio libre para el espejo 195. En este caso, la superficie del espejo 185 es convexa, llevando a R_1 que tiene un valor negativo. El segundo requisito para el resonador de espacio libre es que el eje óptico formado por el radio de espacio libre de las curvaturas que pertenecen a los espejos 185 y 195 sea paralela al eje T principal de la descarga 145 del gas; esto ayuda en la extracción eficiente de la ganancia de la descarga del gas. El eje óptico del resonador inestable de espacio libre se define como el eje O que corre a través de los dos centros del radio de curvatura de los espejos 185 y 195. En la Fig. 5 el centro del radio de curvatura para el espejo 185 y 195 descansa en una posición a la izquierda de la figura. El tercer requisito para el resonador de espacio libre es que este sea confocal o casi confocal, este requisito también ayuda en la extracción eficiente de la ganancia de la descarga del gas. Este requisito se cumple cuando los puntos focales que pertenecen a los espejos 185 y 195 resonadores e inestables de espacio libre se interceptan el uno con el otro. En la Fig. 5 el punto de intersección confocal de resonador es 305, y los puntos focales de los espejos 185 y 195 son respectivamente 375 y 385 y el medio camino a lo largo de las líneas respectivas que unen el centro de los rayos de curvatura con su superficies de espejo.

Hasta este punto en la discusión, los requisitos propuestos también son compartidos por el resonador de rama positiva asimétrico confocal convencional, tal como se presentó en la técnica anterior de la patente US 4, 719, 639. Sin embargo, en la partida del diseño convencional, el haz resonador láser de la presente invención sale pasando un borde 205 duro que es maquinado sobre el espejo 195 resonador que es un radio de curvatura cóncavo en la dirección inestable del espacio libre, el opuesto exacto de un diseño convencional el cual tiene un borde duro maquinado sobre el espejo resonador con un radio de curvatura convexo. Este da como resultado en el haz 295 que sale desde el resonador en la dirección inestable de espacio libre que es ligeramente divergente en lugar de colmado como es el caso del resonador de rama positiva simétrico, el origen geométrico del haz divergente que es el punto 305 de intersección confocal del resonador. El ancho Q ideal de la descarga es la dirección de espacio libre que está incluida por los espejos 185 y 195 resonadores se relaciona con la amplificación M del resonador de espacio libre y el ancho W de descarga por medio de la siguiente expresión:

$$Q = W/M$$

donde la amplificación M, del resonador de espacio libre, se define como la proporción $-R_2 / R_1$. Finalmente, con el fin de adicionar la extracción eficiente de la ganancia desde la descarga, un quinto requisito para el resonador de espacio libre es que el eje O óptico del resonador de espacio libre se cambie con respecto al eje T principal de descarga. Este cambio del eje está en una dirección alejado del borde 205 duro que se maquina sobre el espejo 195 resonador. El desfase S del eje O óptico de resonador inestable de espacio libre es tal que el eje O óptico corre coaxial con el borde longitudinal de descarga que está más alejado del borde 205 duro del espejo 195 resonador.

Reivindicaciones

1. Un dispositivo láser de gas que comprende:
un recipiente (272) de gas para láser;
dos placas (152) de electrodos sustancialmente paralelas que forman una guía de onda operable para enfocar y reflejar un haz resonador láser;
medios de excitación operables para originar una descarga de gas entre las placas (152) de electrodo sustancialmente paralelos;
primeros y segundos reflectores (182, 192) curvados que se enfrentan el uno al otro entre las placas (152) del electrodo para formar un resonador, con respecto a los rayos de curvatura y una separación del primero y segundos reflectores (182, 192) es tal que el resonador en el plano de espacio libre paralelo a las placas (152) del electrodo es inestable y sustancialmente confocal, y
caracterizado por que el tercer reflector (212) curvado externo al resonador operable para dirigir el haz resonador a una salida (282) del recipiente (272) de gas láser;
doblando el tercer reflector curvado el haz resonador de nuevo a lo largo de la sección adyacente de las placas (152) de electrodo sustancialmente paralelas que es paralela a un eje óptico del resonador, actuando la sección adyacente de las placas (152) de los electrodos sustancialmente paralelos como una banda (232) de guía de onda adicional, externa al resonador, ubicada entre el tercer reflector (212) curvado y la salida (282) del recipiente (272) de gas laser en donde el tercer reflector (212) curvado es adyacente a un extremo del resonador y la salida (282) de recipiente (272) de gas laser es adyacente y opuesta al extremo del resonador.
2. Un dispositivo láser de gas como se reivindicó en la reivindicación 1, caracterizado por estar adaptado a un acople exterior del haz (292) resonador desde el resonador pasando el segundo reflector (192) curvado, teniendo el último un radio de curvatura tal que el haz resonador acoplado por fuera es divergente y sale del resonador en un ángulo a un eje longitudinal del resonador inestable para incidir sobre el tercer reflector (212) curvado externo al resonador.
3. Un dispositivo láser de gas como se reivindicó en la reivindicación 1 o 2, en el cual el tercer reflector (212) curvado, es operable para enfocar el haz resonador sustancialmente en una salida (312) de la banda (232) de guía de onda adicional para formar una cintura (333) de haz en la dirección del espacio libre sustancialmente del mismo tamaño que la cintura del haz formado en la dirección de la guía de onda ortogonal, perpendicular a las placas (152) del electrodo.
4. Un dispositivo láser de gas como se reivindicó en la reivindicación 3, que comprende medios (242) de filtrado espacial operables para conformar el haz para utilizar y ubicar sustancialmente a la salida (312) de la banda (232) de guía de onda adicional y adaptado para retirar los lóbulos laterales en la dirección del espacio libre para generar de esta manera un haz redondo de difracción limitada interno al recipiente (272) de gas para láser.
5. Un dispositivo láser de gas como se reivindicó en la reivindicación 1 o 2, en el cual el tercer reflector (213) curvado es operable para enfocar el haz de salida del resonador en la dirección del espacio libre más allá de la salida (323) de la banda (233) de guía de onda adicional.
6. Un dispositivo láser de gas como se reivindicó en la reivindicación 5, que comprende medios (243) de filtrado espaciales colocados sustancialmente en la cintura (333) del haz de espacio libre y adaptado para retirar los lóbulos laterales del haz en la dirección del espacio libre para generar de esta manera un haz de difracción limitada.
7. Un dispositivo láser de gas como se reivindicó en la reivindicación 5 o 6, que comprende un elemento (343) óptico que está ubicado donde un espacio libre y el tamaño del haz de la guía de onda son ortogonales el uno al otro, y sustancialmente el mismo, y el elemento óptico tiene una potencia óptica tal que las diferentes divergencias en las direcciones ortogonales son hechas sustancialmente iguales (353), generando de esta manera un haz de difracción limitada circular.
8. Un dispositivo láser de gas como se reivindicó en la reivindicación 5, 6 y 7, en el cual los medios (243) de filtrado espacial y el elemento (343) óptico se pueden colocar internos o externos al recipiente de gas láser.
9. Un dispositivo láser de gas como se reivindicó en cualquier reivindicación precedente, en el cual la banda (232/233) de guía de onda adicional es adyacente y coplanar con la guía de onda formada por las placas (152) del electrodo.
10. Un dispositivo láser de gas como se reivindicó en cualquier reivindicación precedente, en el cual el tercer reflector (212/213) curvado es ajustable en ángulo.

11. Un dispositivo láser de gas como se reivindicó en cualquier reivindicación precedente, en el cual el primero y segundo reflectores (182/184/185, 192/194/195) curvados tienen rayos de curvatura para formar un resonador casi confocal en el plano paralelo a las placas (152) del electrodo.
- 5 12. Un dispositivo láser de gas como se reivindicó en cualquier reivindicación precedente, en el cual se crea una descarga mediante excitación de radiofrecuencia del gas contenido dentro del espacio (162) entre las placas (152) del electrodo sustancialmente paralelo.
13. Un método para crear un haz láser inestable confocal en el recipiente (272) de gas láser, incluyendo dicho método:
originar una descarga de gas entre dos placas (152) de electrodos sustancialmente paralelas mediante excitación de radiofrecuencia del gas, formando dichas placas (152) de electrodos paralelos una guía de onda operable para enfocar
10 y reflejar un haz resonador láser;
extraer ganancia de la descarga de gas al reflejar el haz resonador resultante entre los primeros y segundos reflectores (182, 192) curvados que se enfrentan el uno al otro entre las placas (152) del electrodo para formar un resonador,
caracterizado porque guiar el haz resonador a una salida (282) del recipiente (272) de gas láser utilizando un tercer reflector (212) curvado externo al resonador;
15 en donde el haz es guiado a lo largo de la sección adyacente de las placas (152) del electrodo sustancialmente paralelas que es paralela a un eje óptico de resonador, actuando la sección adyacente de las placas (152) del electrodo sustancialmente paralelas como una banda (232) de guía de onda adicional ubicada entre el tercer reflector (282) curvado y la salida (282) del recipiente (272) de gas laser, siendo dicha banda (232) de guía de onda adicional externa al resonador,
20 en donde el tercer reflector (212) curvado es adyacente a un extremo del resonador y la salida (282) del recipiente (272) de gas láser es adyacente y opuesta al extremo del resonador.

FIG. 1(a)

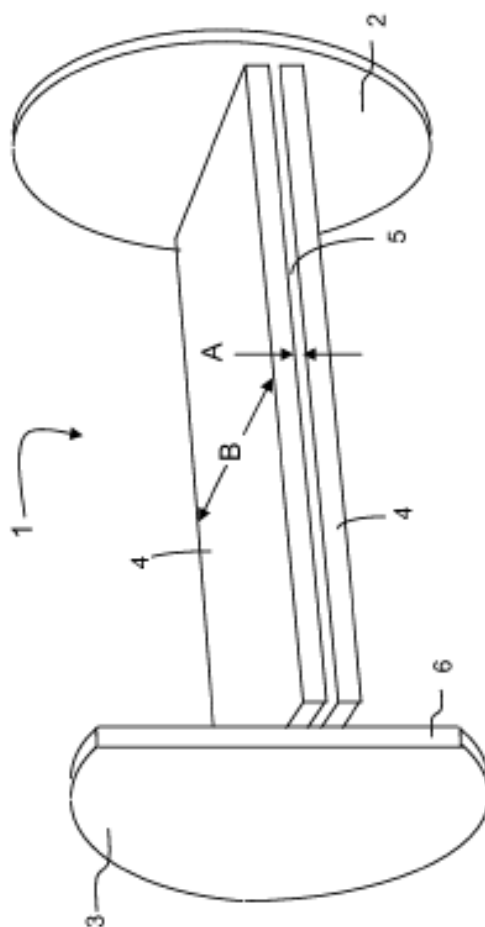


FIG. 1(b)

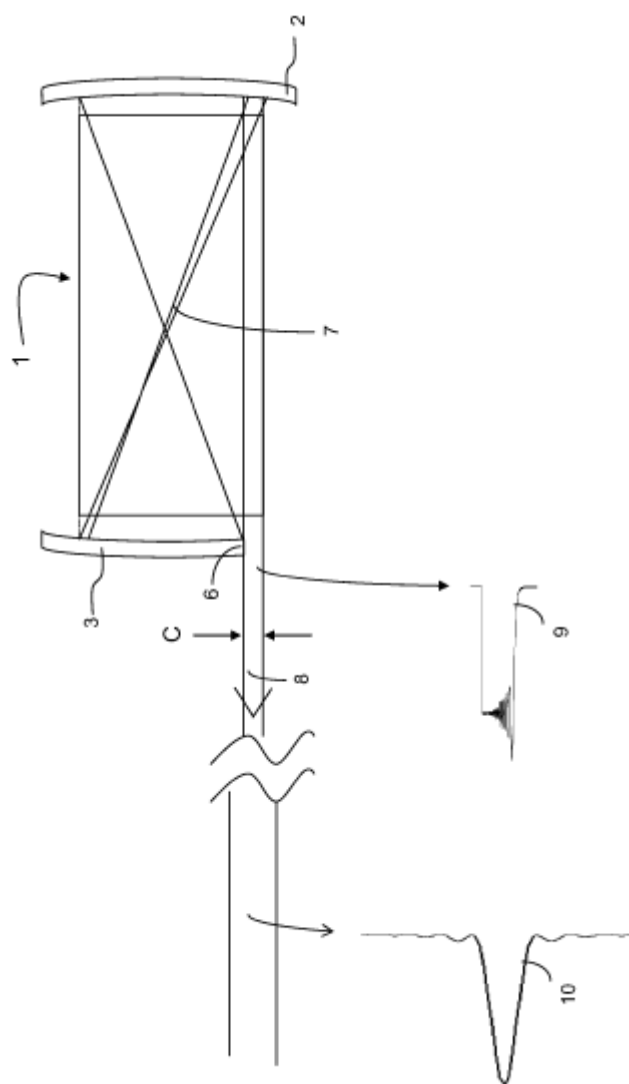


FIG. 1(c)

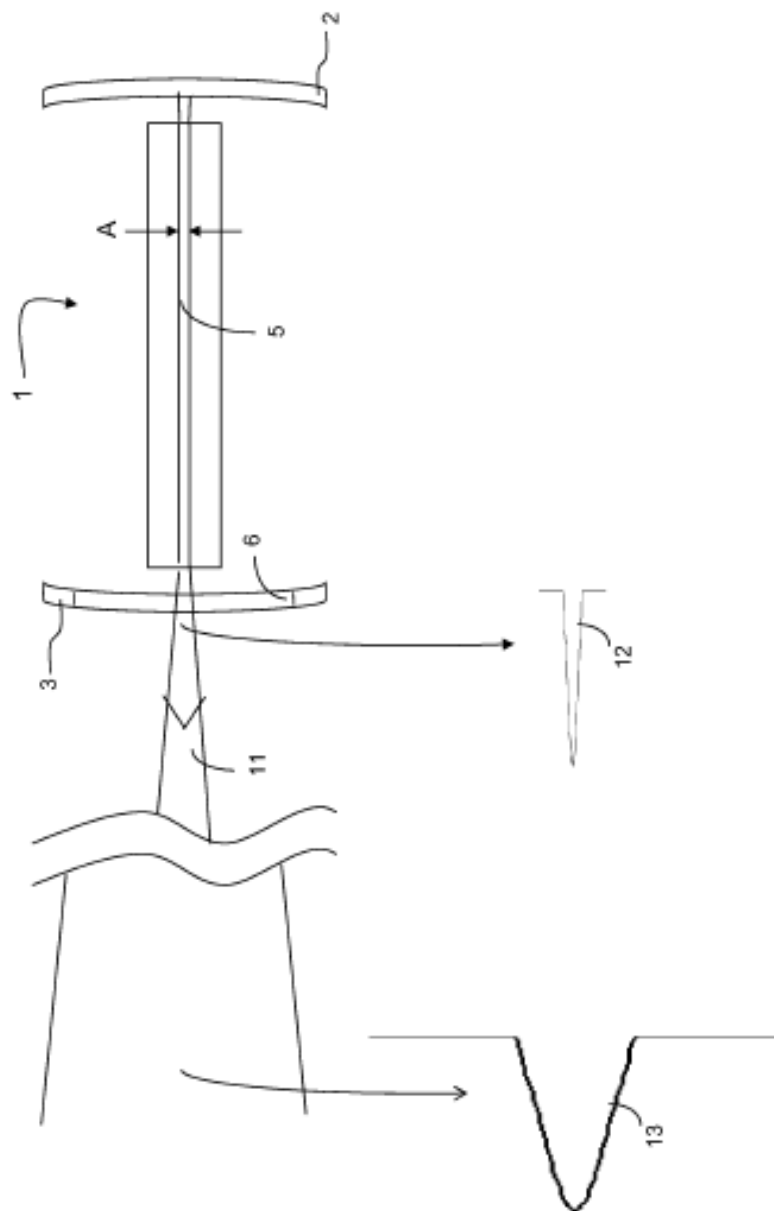


FIG. 2(a)

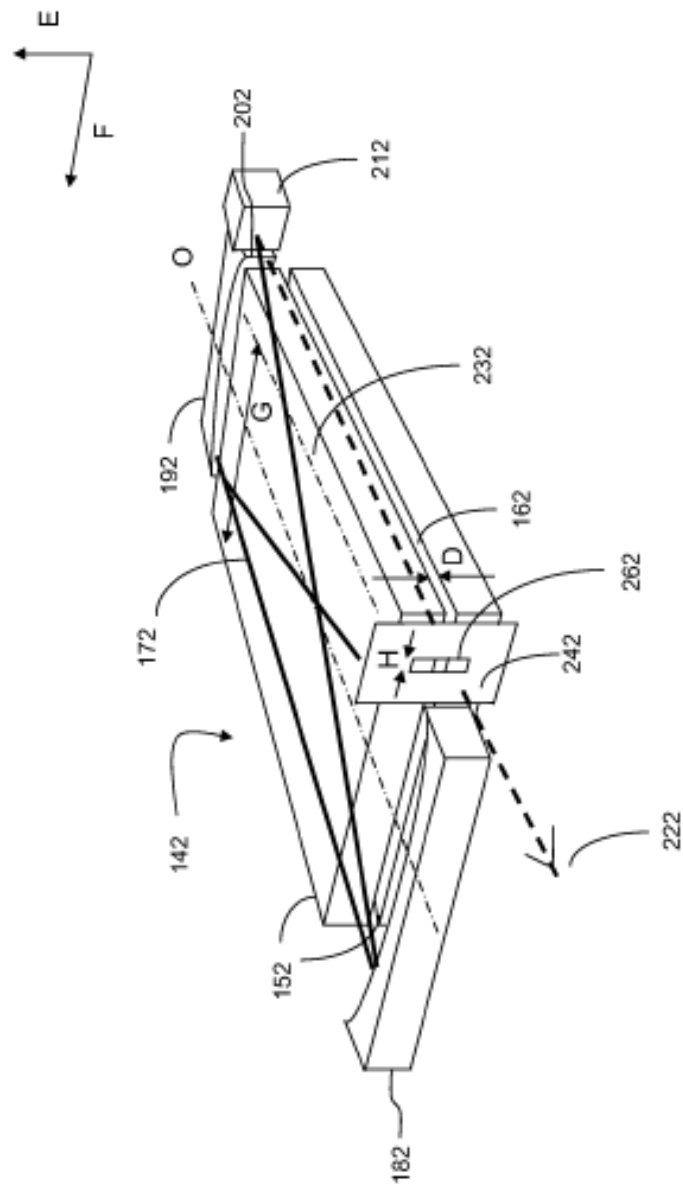


FIG. 2(b)

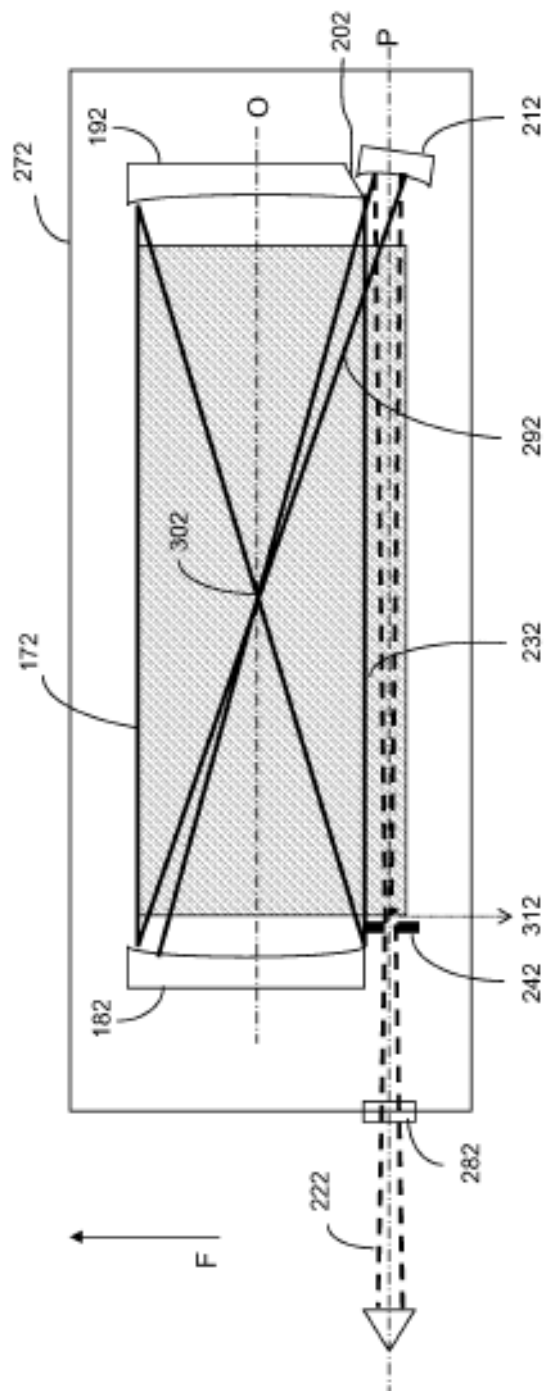


FIG. 2(c)

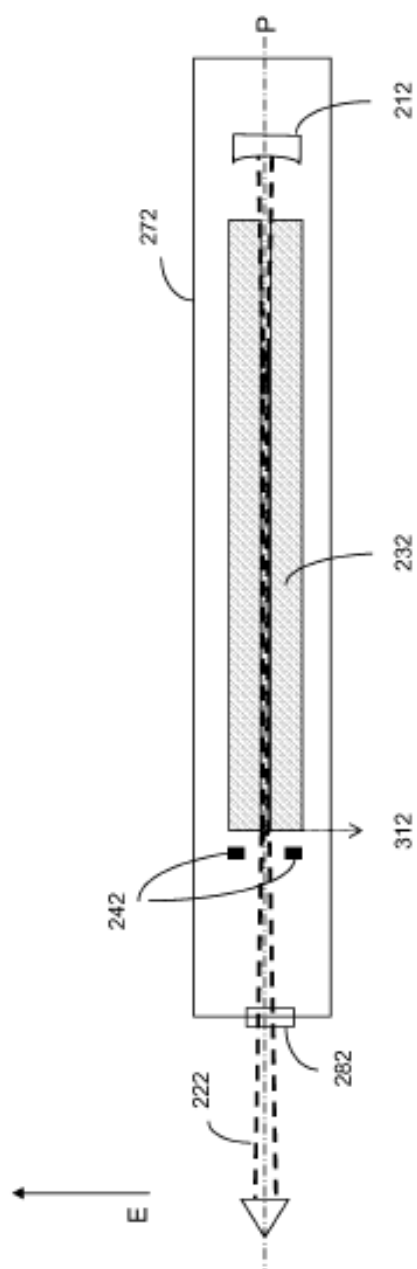


FIG. 3(a)

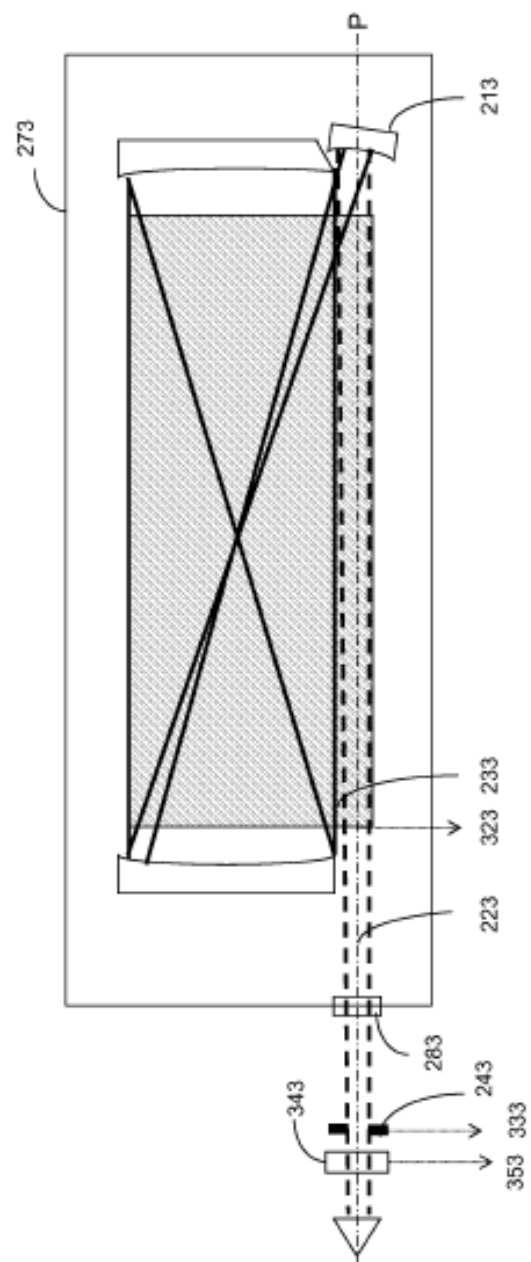


FIG. 3(b)

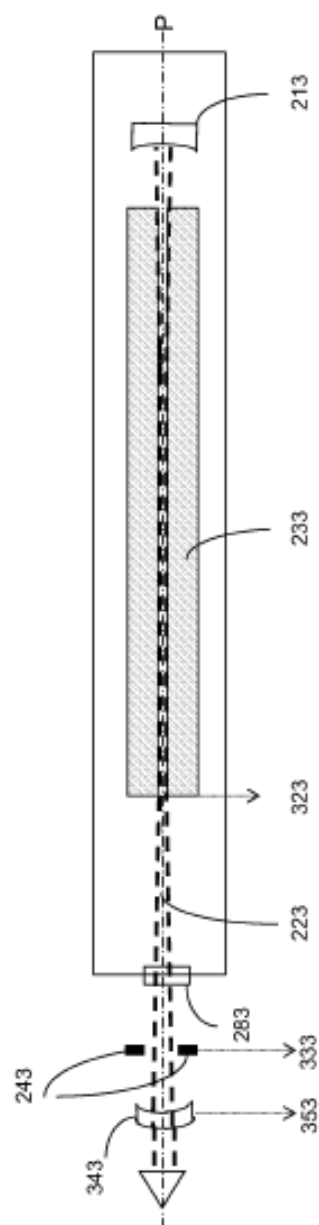


FIG. 4

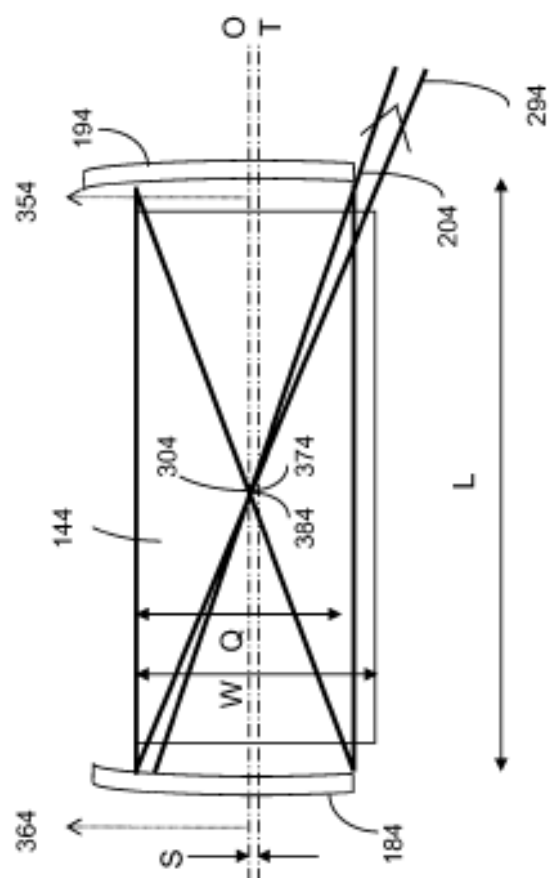


FIG. 5

