

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 512 247**

51 Int. Cl.:

**H01S 3/03** (2006.01)

**H01S 3/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.01.2011 E 11250037 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.08.2014 EP 2362502**

54 Título: **Técnica de selección de modo para un láser de guía de ondas**

30 Prioridad:

**21.01.2010 GB 201000969**

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

**23.10.2014**

73 Titular/es:

**ROFIN-SINAR UK LTD (100.0%)  
York Way, Willerby  
Kingston upon Hull, HU10 6HD, GB**

72 Inventor/es:

**MARKILLIE, GAVIN ALAN JAMES y  
LEE, JASON ROBERT**

74 Agente/Representante:

**LAZCANO GAINZA, Jesús**

**ES 2 512 247 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

Técnica de selección de modo para un láser de guía de ondas.

5 La presente invención se relaciona con una técnica de selección de modo en un láser y más particularmente, aunque no exclusivamente, con un láser de guía de ondas de bloque de  $\text{CHO}_2$  excitado por RF, en donde una porción hundida se localiza en una superficie de la guía de ondas para proporcionar una región de propagación de espacio libre dentro de la guía de ondas. La posición y tamaño de la porción hundida puede variarse para proporcionar la selección de modo.

10 Un típico láser de guía de ondas de bloque de  $\text{CHO}_2$  excitado por RF se describe en la patente de los Estados Unidos núm. 5,123,028, concedida a Coherent, Inc., Estados Unidos. Un par de electrodos planos rectangulares que tienen superficies reflectoras de luz expuestas se separan y dimensionan a manera de guiar la luz, es decir, una guía de ondas, en un plano perpendicular a las superficies reflectoras. La luz paralela a las superficies reflectoras no se fuerza por otros que por los espejos resonadores ubicados en los extremos de los electrodos. La estructura del resonador se diseña como un resonador inestable de ramal negativo en las dimensiones no guías de ondas. Un resonador estable se usa en la dimensión de guía de ondas pero el espejo que se separa del extremo de la guía se basa en parte en la configuración del resonador inestable. Más particularmente, se selecciona la longitud del electrodo y los espejos se posicionan de manera que el radio de curvatura del frente de onda del haz de luz de láser en la cavidad resonante de guía de ondas estable en la localización del espejo sustancialmente ajusta los radios de curvatura de los espejos seleccionados para el resonador inestable. Claramente esto es válido para todos los láseres; de cualquier otra manera la trayectoria no se auto repite y usted no obtiene un láser. Nosotros entendemos que esta patente significa que el radio de curvatura del frente de onda en la superficie del espejo sustancialmente se ajusta al radio de curvatura del espejo para el caso de un frente de ondas de salida sustancialmente plano y por lo tanto vuelve a entrar en la guía de ondas.

El objetivo del anteriormente mencionado diseño es proporcionar un láser de guía de ondas de bloque de  $\text{CO}_2$  el cual es estable y genera una salida de alta potencia para una longitud dada. Adicionales características del diseño se notan en relación a tener un resonador separado de los extremos de la guía de ondas para reducir la degradación, que tiene una estructura de soporte de electrodos mejorada la cual permite la expansión térmica de los electrodos, una mejora del sistema de enfriamiento, los montajes de espejo el cual permite un ajuste desde el exterior de la carcasa del láser, un medio para preionizar la descarga y que tiene una estructura de soporte de electrodo la cual no confina la descarga. Mientras que este diseño logra altas energías en tasas de repetición rápidas, la calidad de modo proporciona un  $M^2$  de 1.2 en ambos el eje de guía de ondas y el eje de resonador inestable. No se toman medidas adicionales para mejorar la calidad de modo del dispositivo.

La patente de los Estados Unidos núm. 6,856,639, concedida a Gosudarstvennoye Predpriyatye Nauchnoissledovatel'skiy Institut Lazernoy Fizike, Rusia y Amada Company, Limited, Japón propone un láser de gas tipo bloque de alta potencia. En esta patente, ellos consideran que el láser anterior descrito en la patente de los Estados Unidos núm. 5,123,028 limita la potencia de salida debido al requerimiento de que los electrodos no puedan separarse más de 2 mm. Ellos consideran que la restricción de 2 mm se requiere para generar el modo fundamental en el volumen del estrecho, eje de guía de ondas, y consecuentemente, esta restricción al volumen de la región activa del láser reduce la potencia de salida que puede obtenerse.

45 En la patente de los Estados Unidos núm. 6,856,639, se describe un láser de gas que comprende un par de electrodos alargados dispuestos para definir la región de descarga entre dos superficies opuestas de dichos electrodos alargados, en donde la región de descarga define un eje longitudinal, un eje ancho y un eje estrecho. El láser de gas incluye además un gas de láser que se dispone en dicha región de descarga y un medio de excitación para energizar los electrodos para excitar el gas de acción láser. Un primer espejo se dispone en el frente de un primer extremo del par de electrodos alargados, en donde el primer espejo se separa del extremo a lo largo del eje de longitud por una primera distancia, y un segundo espejo se dispone en el frente de un segundo extremo del par de electrodos alargados. Por otra parte, las dos superficies de electrodos opuestas definen una curvatura de electrodo, respectivamente, que se adapta tal que un frente de onda del modo de radiación transversal fundamental en relación al eje estrecho sustancialmente coincide con la curvatura del espejo en el primer espejo en la primera distancia.

Esta disposición permite al modo transversal fundamental operar a través de los electrodos mientras que permite que los electrodos tengan una separación con un espacio mínimo de aproximadamente 2.5 mm a 3.7 mm. Este espacio se incrementa a 3.5 mm a 6.0 mm en los extremos de los electrodos. Mientras esta disposición logra buena selección de modo, esto se debe a que no tiene guía de ondas en el diseño con propagación de espacio libre del modo fundamental proporcionando en ambos ejes, con una hendidura que se forma entre los electrodos para preferentemente seleccionar el modo fundamental. Ellos no muestran que la potencia se incrementa con el volumen de la región de láser activa. Una mayor desventaja de este diseño es que los electrodos son difíciles de fabricar ya que debe maquinarse una curvatura con una tolerancia alta en cada electrodo. Esta tolerancia debe aplicarse además en la disposición de los espejos alrededor de la estructura y así cualquier cálculo equivocado o

desalineamiento puede sustancialmente afectar la calidad de la salida de haz de luz. Adicionalmente, los efectos térmicos pueden variar la curvatura de los electrodos afectando así la calidad del modo previsto.

La patente de los Estados Unidos núm. 5,216,689, que es una continuación de la anteriormente mencionada patente de los Estados Unidos núm. 5,123,028, también considera el perfilado de electrodos. En una modalidad, se forman extensiones en los extremos de los electrodos entre las cuales la descarga se minimiza. Las extensiones forman superficies recombinantes entre los extremos de los electrodos y los espejos para extinguir especies oxidantes que se generan por la descarga antes que ellas alcancen los espejos. Esta disposición se considera para prevenir la degradación de los espejos y no tiene efecto sobre el desempeño de la selección de modo del láser.

La patente de los Estados Unidos núm. 5,892,782, concedida a Inc., Estados Unidos describe un láser el cual incluye un resonador híbrido de onda partida que produce un haz de luz de láser de alta calidad a partir de un medio láser de baja ganancia. El resonador híbrido de onda partida incluye una cavidad de resonador que se forma por un par de superficies de espejo de resonador que se posicionan en los extremos opuestos del medio láser y un par de paredes del resonador que se posicionan en lados opuestos de la cavidad del resonador. Las paredes del resonador se separan una de otra por una distancia de separación tal que la cavidad del resonador tiene un número de Fresnel entre aproximadamente 0.5 y 1.5. Al menos una de las paredes del resonador incluye un filtro de oscilación de primer anillo para el medio de acción láser para filtrar las oscilaciones de anillo dentro del medio láser. Este filtro puede tomar la forma de una porción hundida que se forma en una o ambas paredes del resonador. Una o más de las paredes del resonador pueden incluir porciones de las primera y segunda paredes inclinadas una con respecto a otra para conformar un interferómetro de separación de frente de onda. Los espejos resonadores se inclinan fuera de eje con respecto a las paredes del resonador. Este láser no tiene electrodos dispuestos para conformar una guía de ondas. Adicionalmente, el filtro actúa para detener un parásito en vez de dar selección de modo.

La patente de los Estados Unidos núm. 4,710,941, concedida a los Estados Unidos de América representado por el Secretario del Ejército, describe un láser de guía de ondas de CW CO<sub>2</sub> en el cual los electrodos se perfilan o más particularmente se maquinan para proporcionar una pluralidad de hendiduras en ellas igualmente separadas a lo largo de los electrodos. Estas estructuras de electrodos perforadas se usan para permitir que un número largo de moléculas excitadas normalmente atrapadas entre los electrodos de excitación escapen, permitiendo que moléculas de estado de tierra entren y se bombeen a su nivel de acción láser superior, de esta manera incrementando la inversión de población y eficiencia del láser. Las hendiduras en esta disposición son de dimensiones de agujero de alfiler y se disponen en orden que ellas no influyen la descarga o la calidad del haz de luz. Las hendiduras no proporcionan ninguna selección de modo al láser.

La patente WO 01/48880, concedida a VA Instruments, Rusia, describe un láser de gas donde las hendiduras se proporcionan con un resonador inestable el cual tiene un ramal negativo de inestabilidad y con bombeo de alta frecuencia. Dicho láser comprende electrodos metálicos extendidos los cuales crean un espacio de descarga. Las hendiduras se hacen sobre la superficie de los electrodos, en el lateral de la descarga y se sitúan ortogonalmente al eje óptico del láser. Los electrodos con esta configuración crean una combinación de un ducto guía en el resonador de manera que la radiación prolifera a lo largo del eje de láser, con espacio libre para proliferar la radiación en la dirección ortogonal al eje del láser. Las hendiduras generan un sistema de filtros espaciales para seleccionar un modo principal de la radiación de láser además de hacer posible la reducción de la divergencia del rayo del láser. Este documento enseña múltiples hendiduras, al menos de cinco a diez, igualmente separadas a lo largo de ambos electrodos que se requieren para proporcionar selección de modo. El ancho y la profundidad de cada hendidura se describen para estar entre 1 mm y 5 mm. No hay discusión o información dimensional dada para la longitud de la hendidura en el eje óptico, así podemos asumir que esta longitud no se considera por los autores de este documento por tener ningún significado para la selección de modo. La presente aplicación encuentra que para seleccionar una longitud de una hendidura, o mejor descrito ahora como una porción hundida, una simple porción hundida puede proporcionar selección de modo similar.

Es un objetivo de al menos una modalidad de la presente invención proporcionar un láser en el cual se selecciona preferentemente el modo fundamental.

Es un objetivo adicional de al menos una modalidad de la presente invención proporcionar un láser de una configuración conocida en el cual una porción hundida de una longitud preferente se proporciona en al menos una de las superficies de una guía de ondas.

Es todavía otro objetivo adicional de al menos una modalidad de la presente invención proporcionar un método de construir un láser de modo selectivo.

De acuerdo a la presente invención se proporciona un láser de gas de guía de ondas de modo selectivo de acuerdo con la reivindicación 1.

En este sentido, el frente de onda sale y vuelve a entrar en la guía de ondas dentro de la región de descarga en el

eje de propagación. No es requerimiento que el radio de curvatura del frente de onda tenga una salida sustancialmente plana y por ello vuelve a entrar en la guía de ondas.

5 La porción hundida puede tener la forma de una ranura, un agujero circular u otra forma que actúe para producir la selección de modo de guía de ondas de orden más bajo dentro de los confines de la región de descarga, por la creación de una región interna dónde el modo transversal experimenta propagación de espacio libre como oposición a la guía de ondas en el primer eje. Preferentemente una sola porción hundida se localiza en uno o ambos electrodos. Esto simplifica la construcción de los electrodos por reducir la cantidad y tolerancias que se requieren en la maquinación de múltiples porciones hundidas. Alternativamente puede haber más de una porción hundida en uno o ambos electrodos, pero al menos una de las porciones hundidas debe tener una longitud en el eje de propagación que esté en el intervalo, 0,1 a 1 del intervalo de Rayleigh.

15 Por seleccionar una longitud de porción hundida en el eje de propagación que esté en el intervalo, 0,1 a 1 del intervalo de Rayleigh, puede alcanzarse la selección de modo. El intervalo de Rayleigh se define como la distancia que se requiere para que el modo de guía de ondas de orden más bajo entre en espacio libre por su ancho de haz de luz de momento de segundo orden para incrementar por un factor de la raíz cuadrada de dos por el efecto de difracción.

20 Preferentemente, la altura de la guía de ondas a lo largo del primer eje está en el intervalo de 1 mm a 4 mm. Esto proporciona una descarga de forma de banda. Esto se presta además para ser un láser de bloque donde la altura representa un espacio interelectrodo. Ventajosamente, la altura de la guía de ondas está en el intervalo de 1.3 mm a 2.8 mm.

25 Preferentemente, la porción hundida tiene una profundidad mayor que una vigésima parte de la altura de la guía de ondas. Alternativamente, la profundidad es mayor que una cuadragésima parte de la longitud de la porción hundida. La profundidad se selecciona para prevenir rebotes secundarios desde el fondo de la porción hundida de vuelta a la guía de ondas. Así la profundidad se selecciona para proporcionar una descarga estable con reflexión no deseada o suprimir completamente la descarga mientras se previene la reflexión de vuelta a la guía de ondas. En una modalidad de la presente invención, la profundidad es infinita y se crea una hendidura o agujero a través de al menos una superficie de la guía de ondas. Tal hendidura o agujero puede ser a través de un electrodo.

35 Ventajosamente, la porción hundida se proporciona en la primera superficie y una porción hundida adicional se proporciona en la opuesta segunda superficie de la guía de ondas. Así la porción hundida proporciona una región simétrica en el eje de propagación. Las superficies primera y segunda pueden ser superficies de electrodo de disposición opuestas. Alternativamente, las superficies primera y segunda pueden ser paredes laterales de disposición opuestas de la región de descarga, por ejemplo, porciones hundidas localizadas en separadores de cerámica.

40 Preferentemente, la cavidad resonante es un resonador inestable en un eje ortogonal al primer eje dando un modo de onda progresivo y un modo de onda de reversa, y en donde dicho modo de onda de reversa tiene un cinturón de haz de luz. La cavidad puede considerarse como un resonador de ramal negativo. En una modalidad, esta cavidad resonante proporciona un láser de guía de ondas plano híbrido.

45 Preferentemente, la porción hundida se localiza sobre un eje óptico del resonador inestable. En este sentido la porción hundida se alinea con el eje de propagación para asegurar que se inflencie el modo de onda. Con mayor preferencia, la porción hundida se localiza sustancialmente sobre el cinturón de haz de luz. Ventajosamente además, la porción hundida tiene un ancho tal que sobre una mayoría de su longitud, entre una mitad y todo del modo de onda de reversa se recubre por la porción hundida.

50 Preferentemente, la región de descarga se crea entre los electrodos alargados primero y segundo con un espacio interelectrodo igual a la altura de dicha guía de ondas. En este sentido una porción hundida puede maquinarse en una superficie de uno o ambos electrodos. Preferentemente, la porción hundida se delimita enteramente por la región de descarga y se crea así dentro de la región de descarga. Alternativamente una mayoría de la porción hundida puede delimitarse por la región de descarga. En este sentido, la porción hundida puede localizarse en un extremo de la guía de ondas. Los extremos de la guía de ondas pueden comprender superficies que son conocidas en la técnica.

60 En una modalidad de la presente invención, la descarga es un gas de láser de CO<sub>2</sub> excitado por RF. Esto proporciona una oportunidad para tener un láser sellado.

De acuerdo con la presente invención se proporciona además un método de acuerdo con la reivindicación 14.

Otras características pueden describirse con respecto al primer aspecto.

65 Preferentemente el láser es un láser de bloque de CO<sub>2</sub> excitado por RF con un resonador de ramal negativo.

Las modalidades de la presente invención se describirán ahora, a manera de ejemplo solamente, en los cuales:

- 5 La Fig. 1 es una ilustración esquemática de un láser de modo selectivo de acuerdo con una modalidad de la presente invención;
- La Fig. 2 es una vista en sección transversal a través de una parte de un láser de modo selectivo que ilustra la cavidad de resonador inestable de acuerdo con una modalidad adicional de la presente invención;
- 10 Las Figs. 3(a)-(d) proporcionan ilustraciones de porciones hundidas para el uso en el láser de la Fig. 2;
- La Fig. 4 es una ilustración de una porción hundida seleccionada de acuerdo con una modalidad preferente de la presente invención;
- 15 La Fig. 5 ilustra variaciones de modo de láser para diferentes longitudes de pulso sobre (a) láser que incluye electrodos planos alargados y (b) el láser en donde una porción hundida se forma en cada uno de los electrodos planos; y
- Las Figs. 6(a)-(d) ilustran arreglos de electrodos apropiados para el uso en modalidades adicionales de la presente invención.
- 20 La referencia se hace inicialmente a la Fig. 1 de los dibujos la cual ilustra un láser de modo selectivo, generalmente indicado por el número de referencia 10, de acuerdo con una modalidad de la presente invención. El láser 10 comprende un par de electrodos planos rectangulares alargados 12, 14 que se forman de un metal conductor tal como el aluminio. Las dimensiones planas de los electrodos 12, 14 determinarán el tamaño de la región de descarga 16, que se crea entre ellos, y en consecuencia la potencia de salida del láser 10. Para un láser de 100 W en CO<sub>2</sub> los electrodos pueden tener alrededor de 480 mm de largo y 45 mm de ancho. Los electrodos 12, 14 se adaptan típicamente para incluir uno o más canales refrigerantes (no se muestran) a través de los cuales puede fluir el agua.
- 25 Los electrodos 12, 14 se separan por una altura de guía de ondas, o espacio interelectrodo 18. Típicamente el espacio 18 es de 1 mm a 4 mm de altura, con una altura en el intervalo 1.3 mm a 2.8 mm en una modalidad preferente. Los electrodos 12, 14 se sujetan aparte a la altura deseada 18.
- La región de descarga 16 se confina entonces dentro de la primera y la segunda superficies guías de ondas 24, 26. Esto proporciona un área de sección transversal sin fronteras que se define por el espacio 18 a lo largo de un primer eje entre las superficies de guías de ondas y el ancho de la superficie de electrodo sobre un segundo eje, ortogonal al primer eje. Un tercer eje, ortogonal a los ejes primero y segundo define la dirección de propagación a través de la región de descarga 16.
- 35 Como se conoce en la técnica, los electrodos se excitan a partir de un generador de radiofrecuencia, RF, 32 el cual se acopla por impedancia a los electrodos 12, 14, vía una red 34. La descarga 16 se crea por excitación de un gas de láser 36 que se localiza entre los electrodos 12, 14. En la modalidad preferente, el gas de láser 36 es un mezcla estándar de CO<sub>2</sub> de helio, nitrógeno, y dióxido de carbono en la proporción 3:1:1, con un 5 % adicional de xenón, en una presión de relleno de 100 a 150 mbar. La salida está en una longitud de onda principal de 10.6 micrones. La disposición se sella dentro de una carcasa (no se muestra).
- 40 A ambos extremos 38, 40 de los electrodos 12, 14, se dispone un par de espejos 42, 44. Cada espejo 42, 44 se fija a un soporte (no se muestra) el cual puede hacerse ajustable desde el exterior de la carcasa si se desea. Los espejos 42, 44 se forman típicamente a partir de un sustrato de silicio o cobre el cual se recubre, primeramente, con oro o plata, y, en segundo lugar, con un apilamiento dieléctrico de fluoruro de torio y sulfuro de zinc. Se aplica un recubrimiento vertical de fluoruro de torio o, preferentemente, germanio. El espejo posterior 42 se dimensiona para proporcionar una superficie reflectante 46, la cual cubre la región de descarga 16, así que toda la luz del extremo 38 se refleja de vuelta a la región 16. El espejo frontal 44, es más corto, así que una porción de la luz 48 se acopla, pasa el borde duro del espejo 58, afuera del resonador 50 como la salida del láser.
- 45 Los espejos 42, 44 se seleccionan para proporcionar un resonador inestable de ramal negativo 50 en el segundo eje. Esto se ilustra mejor en la Fig. 2. El espejo posterior o trasero 42 es esférico con un radio de curvatura de 515 mm y el espejo frontal o acoplador de salida 44 es también esférico con un radio de curvatura de 453 mm. En esta disposición un cinturón de haz de luz se forma en la región de descarga 16. En la presente invención, el láser 10 incluye además una porción hundida 54 que se maquina dentro de un electrodo 12. En la modalidad se muestra una porción hundida de ajuste 56 que se maquina dentro del electrodo opuesto 14, con cada porción hundida 54, 56 que se disponen en una superficie guía de ondas 24, 26 respectivamente. La porción hundida 54 se delimita enteramente por la superficie guía de ondas 24. En otras modalidades la porción hundida puede substancialmente delimitarse por la superficie guía de ondas 24. Esta porción hundida 54 puede considerarse como un agujero que se suprime de la superficie guía de ondas el cual extiende la altura de guía de ondas en el primer eje. Claramente, la
- 50
- 55
- 60

porción hundida puede formarse como un agujero a través del electrodo, en una modalidad de la presente invención, como se muestra en la Fig.6 (d).

5 Las dimensiones y localización de la porción hundida 54 determinarán la selección de modo en el láser 10. En el resonador inestable de ramal negativo 50, un punto confocal 52 se genera y su localización se usa para determinar la posición de la porción hundida 54 que se localiza en un electrodo 12. Se hace referencia ahora a la Fig. 3 la cual ilustra una selección de porciones hundidas de diferentes formas y dimensiones y su posición con referencia al punto confocal 48 del resonador 50. En la Fig. 3(a) una porción hundida circular 54a se ilustra con un diámetro de 15 mm. Esto se seleccionó para la disposición de resonador que se muestra en la Fig. 2. La porción hundida 54a tiene una profundidad de 3 mm. La profundidad se selecciona para proporcionar propagación de espacio libre en el primer eje, es decir un frente de onda en la guía de ondas 18 encontrará una trayectoria más ancha en la porción hundida 54a y, como resultado, ocurrirá una propagación de espacio libre en el eje de propagación a lo largo de la longitud de la porción hundida la cual es paralela con el eje de propagación o tercer eje. En cada extremo de la porción hundida 54a, en el tercer eje, el frente de onda se atenuará ya que solamente una porción pasará dentro de la guía de ondas reducida/ primer eje. Esta atenuación se considera para seleccionar preferencialmente el modo de guía de ondas de más bajo orden.

20 La Fig. 3(b) ilustra una porción hundida 54b que tiene una forma sustancialmente rectangular o de rombo. Esta porción hundida 54b, la cual puede considerarse como una ranura, se posiciona centralmente en el punto confocal 52. La porción hundida 54a se centra también en el punto confocal. La porción hundida 54b tiene dimensiones de 15 mm en el segundo eje y 25 mm en el tercer eje. La profundidad se mantiene en 3 mm.

25 La Fig. 3(c) es una porción hundida más estrecha 54c con una longitud reducida en el segundo eje a 4 mm y en el tercer eje a 15 mm. La porción hundida 54c se mueve también de forma que una primera pared 58 se localiza simétricamente en el punto confocal 52. La porción hundida 54c se direcciona hacia el espejo posterior 42. La profundidad se mantiene en los 3 mm que se describieron anteriormente.

30 La Fig. 3(d) muestra una porción hundida 54d que tiene las mismas dimensiones que la porción hundida 54c pero se posiciona 5 mm a partir del punto confocal 52 hacia el espejo posterior 42.

Cada porción hundida 54, se selecciona para proporcionar selección de modo repetible que actúa sobre el ancho entero del haz de luz en la dirección de enfoque solamente. Típicamente la porción hundida 54 se localizará simétricamente con respecto al eje óptico y el foco de intracavidad es decir el punto confocal. Es necesario así diseñar primeramente el resonador inestable 50 para determinar la salida deseada para la región de descarga 16. En contraste con la patente de los Estados Unidos núm. 5,123,028, se debe notar que no se requiere un frente de onda plano en los extremos de la guía de ondas y así pueden usarse todavía espejos esféricos, pero ahora en una configuración donde ellos pueden elegirse para estar mucho más cerca de los extremos de la guía de ondas. Esto proporcionará a los espejos 22, 24 características y posiciones conjuntamente con las dimensiones y espacio de descarga 18. Tal aproximación geométrica determinará el punto confocal 52, el cinturón de haz de luz, la ubicación del borde duro geométrico y la ubicación del eje óptico.

45 Con el resonador 50 definido, pueden determinarse las dimensiones de la porción hundida 54. La porción hundida 54 se posicionará simétricamente a través del eje óptico y relativo al foco de intracavidad es decir el punto confocal 52. La porción hundida 54 se localiza sustancialmente sobre la posición de cinturón de haz de luz y tiene un ancho tal que excede una mayoría de su longitud, entre una mitad y todo el modo de onda inverso se superpone por la porción hundida. Esto puede calcularse a partir de una combinación de óptica difractiva y geométrica.

50 La longitud de la porción hundida 54 en el tercer eje se selecciona para proporcionar selección de modo suficiente. Se conoce que el intervalo de Rayleigh es la distancia requerida para que el modo de guía de ondas de orden más bajo entre al espacio libre por su ancho de haz de luz de momento de segundo orden para incrementar por un factor de la raíz cuadrada de dos por los efectos de la difracción. Usando una combinación de óptica difractiva y geométrica, la porción hundida se selecciona por tener una longitud a lo largo del tercer eje en un intervalo de 0.1 a 1 del intervalo de Rayleigh. Se encontró que una longitud de alrededor de 15 mm para el resonador de láser descrito anteriormente proporciona selección de modo suficiente.

55 El ancho de la porción hundida 54 en el segundo eje se selecciona para proporcionar suficiente tolerancia para la desalineación de los espejos 22, 24. Como la inclinación de los espejos afectará el ancho y localización del haz de luz, esta desalineación se toma en consideración en el ancho de la porción hundida 54 para asegurar que la selección de modo que se desea ocurra en el segundo eje a límites tolerables. Esto es en contraste al láser que se describe en la patente de los Estados Unidos núm. 6,856,639 el cuál tiene pequeña tolerancia ya que los electrodos tienen que ajustarse a las dimensiones del haz de luz. Una negociación se puede lograr aquí entre la potencia de salida y el ancho de la porción hundida para permitir un margen para desalineaciones. En una modalidad preferente el ancho se selecciona como 4 mm.

65 Finalmente se determina la profundidad de la porción hundida 54. La profundidad puede escogerse para

indistintamente (a) suprimir completamente la descarga mientras que se previene la no deseada reflexión de retorno dentro de la guía de ondas o (b) permitir una descarga estable sin reflexión no deseada. Se encontró que, para la modalidad preferente, una profundidad de 0.5 mm previene rebotes secundarios para longitudes de porciones hundidas de aproximadamente 100 mm mientras que permite una descarga estable para operar. Se requiere una negociación ya que una porción hundida profunda puede resultar en una descarga inestable mientras que una porción hundida poco profunda permitirá rebotes secundarios. Son apropiadas una profundidad mayor que una vigésima parte del espacio 18 y/o una profundidad mayor que una cuadragésima parte de la longitud de la porción hundida. Sin embargo, para un láser de bloque al menos, la porción hundida se puede extender enteramente a través de la pared guía de ondas o electrodo para suprimir completamente la descarga mientras proporciona una superficie no reflectora para los rebotes. Adicionalmente, como la porción hundida 54 causará inestabilidad de descarga, puede requerirse mejoras en la impedancia de acoplamiento 34. Tal mejoramiento puede resultar en un incremento en el número de bobinas dispuestas entre los electrodos 12, 14.

Se hace referencia ahora a la Fig. 4 de los dibujos la cual ilustra una porción hundida 54e, de acuerdo con una modalidad preferente de la presente invención. La porción hundida 54e tiene una primera pared 58 que se dispone simétricamente en el punto confocal 52 y el eje óptico. La porción hundida 54e se direcciona hacia el espejo posterior 42. La porción hundida 54e tiene una longitud de 15 mm y un ancho de 4 mm lo cual se calcula para contener casi todo el modo de espacio libre, mientras que permite algún desalineamiento. La profundidad se reduce a 0.5 mm. Una porción hundida idéntica 56 se maquina dentro de la superficie de guía de ondas 24 así que las porciones hundidas 54, 56 se encuentran directamente opuestas una de otra. En este sentido, una sola porción hundida está presente en cada electrodo. Los tamaños de porción hundida 54, 56 pueden seleccionarse de manera que ellas se encuentren en el centro de los electrodos mientras que se lleve a cabo además la selección de modo de guía de ondas requerida en el eje óptico. En esta disposición los electrodos pueden tener el mismo diseño para ahorrar en costos de fabricación.

Las Fig. 5(a) y 5(b) muestran modos de salida para el láser 10 descritos anteriormente en donde el láser de la Fig. 5(a) es como el láser que se presentó en la Fig. 2 sin una porción hundida y la Fig. 5(b) muestra los resultados para el mismo láser, ahora con un par de porciones hundidas 54, 56 como se describe para la Fig. 4. Para este resultado, el láser 10 se opera como se describe en la Fig. 1, con longitudes de pulso de 10  $\mu$ s, 100  $\mu$ s y 400  $\mu$ s en un 40% de dureza. En ambos casos la longitud de onda está toda en el ramal de 10 P para 10.6  $\mu$ m. El modo de guía de ondas en la disposición de láser que no tiene porción hundida, la Fig. 5(a) muestra grandes variaciones sobre las longitudes de pulso mientras que con la porción hundida, el modo de guía de ondas es estable sobre todas las longitudes de pulso. Cómo puede observarse, la selección de modo mejorada se logra en la disposición de la Fig. 5(b).

Mientras la presente invención se muestra con aplicación a un láser de bloque que tiene una dimensión de guía de ondas entre los electrodos, la porción hundida puede incorporarse en otras configuraciones de media ganancia para proporcionar selección de modo. Se hace referencia ahora a la Fig.6 de los dibujos la cual ilustra una selección de configuraciones de ganancia media apropiada para la inclusión de porciones hundidas de la presente invención. La Fig. 6(a) proporciona una disposición de guía de ondas en donde los ejes de guía de ondas se determinan a partir de la distancia entre los separadores 20a, 22a. La porción hundida 54f se localiza en una pared lateral 28a que se maquina dentro del dieléctrico cerámico. La Fig. 6(b) es una disposición en anillo en donde el eje de guía de ondas está entre los electrodos cilíndricos interno 12b y externo 14b. La porción hundida 54g se localiza en la superficie 28b del electrodo interno 12b. En la Fig. 6(c) se ilustra una disposición de bloque que no forma parte de la invención, pero que es útil para entender la invención en donde la porción hundida 54h se localiza en el extremo 36c del electrodo 14c. Una mayoría de la porción hundida 54h se delimita por la superficie de guía de ondas 26c ya que la descarga se crea en tres lados de la porción hundida 54h. La Fig. 6(d) ilustra además una configuración de bloque. En esta modalidad la porción hundida 54i se forma a través del electrodo 12d, que proporciona una hendidura que se extiende a partir de la superficie de guía de ondas 24d hasta la superficie de salida 60. La descarga se suprimirá enteramente en la localización de la porción hundida 54i. Se podrá apreciar que estos ejemplos no son exhaustivos

Una ventaja principal de la presente invención es que proporciona un láser en el cual se selecciona preferentemente el modo de orden más bajo.

Una ventaja adicional de la presente invención es que las configuraciones de láser actuales se pueden modificar, por incorporarles una porción hundida, para alcanzar selección de modo.

Es todavía otra ventaja adicional de la presente invención que proporciona un método de producción de un láser de modo selectivo el cuál es relativamente simple y puede implementarse a un bajo costo.

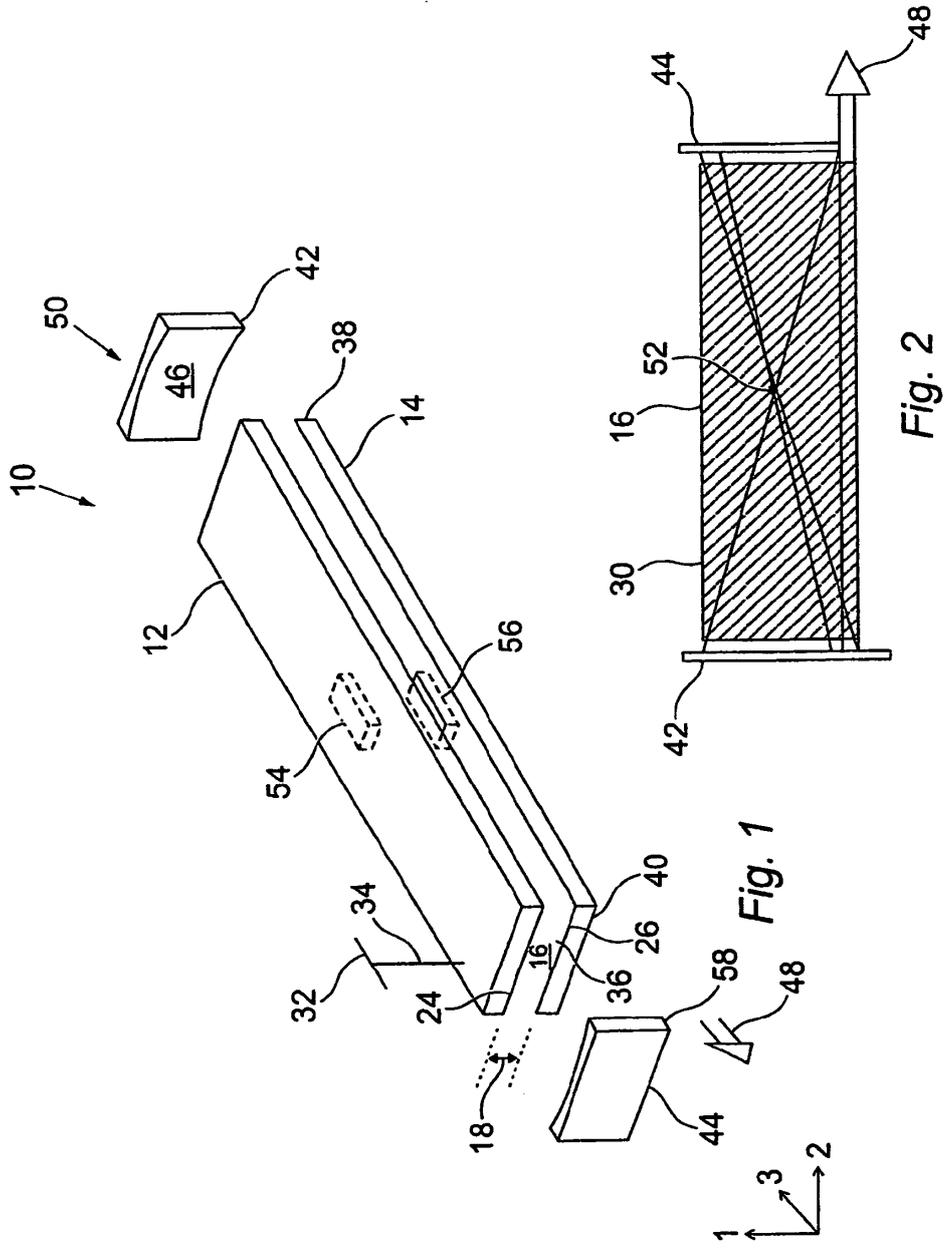
Se pueden hacer modificaciones a la invención descrita en la presente sin apartarse del alcance de ella. Por ejemplo, la porción hundida puede formar cualquier forma y puede conformarse para acoplar idealmente el cinturón o forma de haz de luz a la posición de la porción hundida. La porción hundida puede disponerse en cualquier posición en el eje de propagación. Mientras la presente invención se describe con referencia a un láser de bloque de

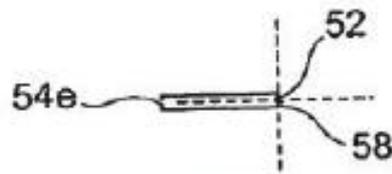
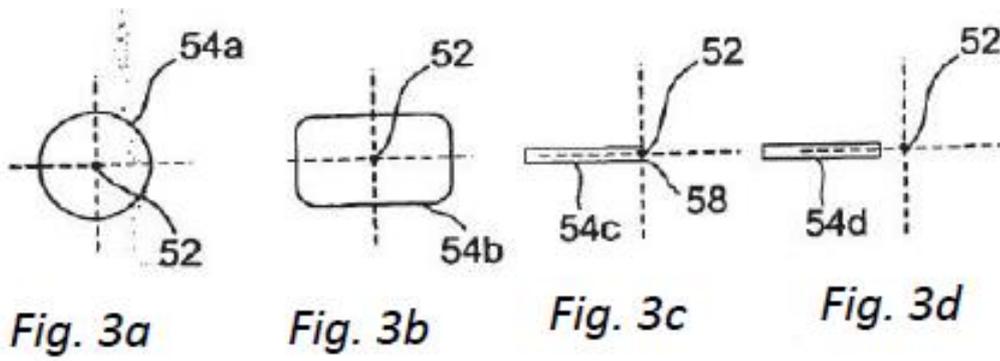
CO<sub>2</sub> la invención encontrará aplicación en otros láseres de otros gases de descarga, material de estado sólido, material semiconductor o tipos de colorante líquido.

## REIVINDICACIONES

1. Un láser de gas de guía de ondas de modo selectivo (10) que comprende:
  - 5           - una cavidad resonante (50) que comprende un par de espejos (42, 44) dispuestos en cada extremo (38, 40) de los electrodos, y que tiene un eje de propagación de haz de luz de láser (3); primera y segunda superficies (24, 26), dichas superficies se alargan y separan para conformar una guía de ondas que tiene una altura de guía de ondas (18) a lo largo de un primer eje (1) que se extiende entre dichas superficies;
  - 10          - dicho primer eje es ortogonal a dichas superficies y a dicho eje de propagación de haz de luz de láser;
  - una región de descarga (16) entre los electrodos primero y segundo (12, 14), dicha región de descarga se contiene dentro de al menos una porción de dicha guía de ondas para de esta manera crear un haz de luz de láser de salida (48) a lo largo de dicho eje de propagación de haz de luz de láser (3); **caracterizado porque:**
  - 15          - una porción hundida (54) se localiza sobre al menos una de dichas superficies, dichas porciones hundidas se delimitan enteramente por dichas en al menos una de dichas superficies y dicha porción hundida tiene una profundidad a lo largo del primer eje, un ancho a lo largo del segundo eje, dicho segundo eje es ortogonal a dicho primer eje y a dicho eje de propagación de haz de luz de láser, una longitud a lo largo del eje de propagación de haz de luz de láser que comprende entre 0.1 y 1 del intervalo de Rayleigh, así, se crea una región dentro de dicha guía de ondas en la cual la propagación de espacio libre de dicho haz de luz de láser de salida ocurre en la dirección de dicho primer eje.
2. Un láser de gas de guía de ondas de modo selectivo de acuerdo con la reivindicación 1 en donde dicha altura de guía de ondas (18) se selecciona del intervalo de 1 mm a 4 mm.
3. Un láser de gas de guía de ondas de modo selectivo de acuerdo con la reivindicación 2 en donde dicha altura de guía de ondas (18) se selecciona de un intervalo de 1.3 mm a 2.8 mm.
4. Un láser de gas de guía de ondas de modo selectivo de acuerdo con la reivindicación 2 o reivindicación 3 en donde dicha porción hundida (54) tiene una profundidad mayor que una vigésima parte de dicha altura de guía de ondas (18).
5. Un láser de gas de guía de ondas de modo selectivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes en donde dichas superficies primera y segunda (24, 26) son superficies respectivas de dichos primer (12, 12c, 12d) y segundo (14, 14c, 14d) electrodos y dichas superficies son rectangulares y planas y forman un láser de guía de ondas de bloque.
6. Un láser de gas de guía de ondas de modo selectivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 5 en donde dichas primera (28b) y segunda superficies son superficies respectivas de dichos primer y segundo electrodos (12b, 14b) y dichas superficies son cilíndricas.
7. Un láser de gas de guía de ondas de modo selectivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 5 en donde dichas primera (28a) y segundas superficies son superficies respectivas de paredes laterales de primer y segundo dieléctricos cerámicos (20, 22) dispuestos entre dichos primer y segundo electrodos (12a, 14a) planos, rectangulares.
8. Un láser de gas de guía de ondas de modo selectivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de la 1 a la 6 en donde dicha porción hundida (54i) se extiende enteramente a través de dicho primer electrodo (12d) a lo largo de dicho primer eje (1).
9. Un láser de gas de guía de ondas de modo selectivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes en donde dicha porción hundida (54) tiene una forma rectangular sustancial (54b, 54c, 54e, 54f, 54h, 54i) que tiene una longitud al largo del eje de propagación y en donde la longitud es dicha longitud de porción hundida.
10. Un láser de gas de guía de ondas de modo selectivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes en donde dicha porción hundida 54 tiene una forma circular sustancial (54a) que tiene un diámetro y en donde el diámetro es igual a dicha longitud de porción hundida.
11. Un láser de gas de guía de ondas de modo selectivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes en donde una porción hundida adicional (56) se proporciona en dicha segunda superficie (26) y las porciones hundidas (54, 56) se sitúan directamente opuestas una de otra.

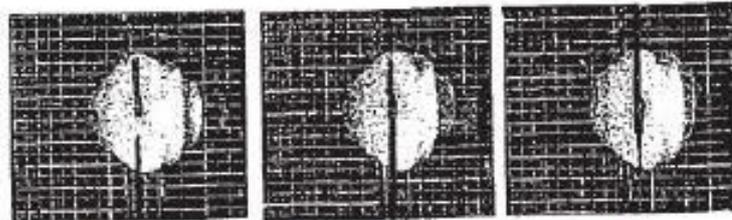
- 5
12. Un láser de gas de guía de ondas de modo selectivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes en donde dicha cavidad resonante (50) es un resonador estable a lo largo de dicho primer eje (1) y un resonador inestable de ramal negativo a lo largo de un segundo eje (2), el segundo eje es ortogonal a dicho primer eje y a dicho eje de propagación de haz de luz de láser (3).
- 10
13. Un láser de gas de guía de ondas de modo selectivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes en donde dicha descarga (16) se crea por un gas de láser (36) de CO<sub>2</sub> excitado por RF (32, 34).
- 15
14. Un método de fabricar un láser de gas de guía de ondas de modo selectivo (10), que comprende los pasos:
- proporcionar una cavidad resonante (50) que comprende un par de espejos (42, 44) dispuestos en cada extremo (38, 40) de los electrodos, y que tiene un eje de propagación de haz de luz de láser (3);
  - proporcionar primer y segundo electrodos (12, 14), los electrodos tienen una primera y segunda superficies planas rectangulares alargadas (24, 26), dichas superficies están separadas para conformar una guía de ondas que tiene una altura de guía de ondas (18) a lo largo de un primer eje (1) que se extiende entre dichas superficies, dicho primer eje es ortogonal a dichas superficies y a dicho eje de propagación de haz de luz;
  - crear una región de descarga (16) entre los electrodos, dicha región de descarga se contiene dentro de al menos una porción de dicha guía de ondas para de esta manera crear un haz de luz de láser de salida (48) a lo largo del eje de propagación del haz de luz de láser;
- 20
- caracterizado porque:**
- una porción hundida (54) se maquina dentro de al menos una de dichas superficies, dicha porción hundida se localiza en dicha en al menos una de dichas superficies para estar delimitada enteramente por dicha en al menos una de dichas superficies y dicha porción hundida tiene una profundidad a lo largo del primer eje, un ancho a lo largo del segundo eje, dicho segundo eje es ortogonal a dicho primer eje y a dicho eje de propagación de haz de luz de láser, una longitud a lo largo del eje de propagación de haz de luz de láser que comprende entre 0.1 y 1 del intervalo de Rayleigh, así, se crea una región dentro de dicha guía de ondas en la cual la propagación de espacio libre de dicho haz de luz de láser de salida ocurre en la dirección de dicho primer eje.
- 25
- 30
15. Un método de acuerdo con la reivindicación 14, en donde dicho láser es un láser de bloque de CO<sub>2</sub> excitado por RF con un resonador estable a lo largo de dicho primer eje (1) y un resonador inestable de ramal negativo a lo largo de un segundo eje (2), el segundo eje es ortogonal a dicho primer eje y a dicho eje de propagación de haz de luz de láser (3).
- 35





*Fig. 4*

40% de Dureza



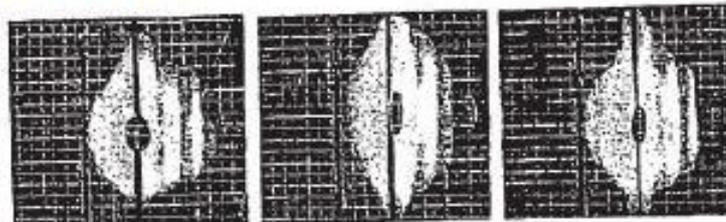
LP=10µs

LP=100µs

LP=400µs

*Fig. 5a*

40% de Dureza

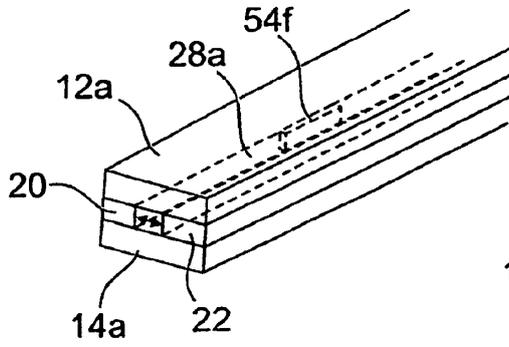


LP=10µs

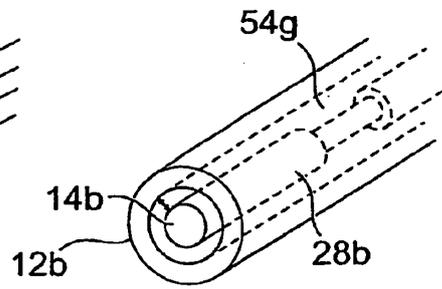
LP=100µs

LP=400µs

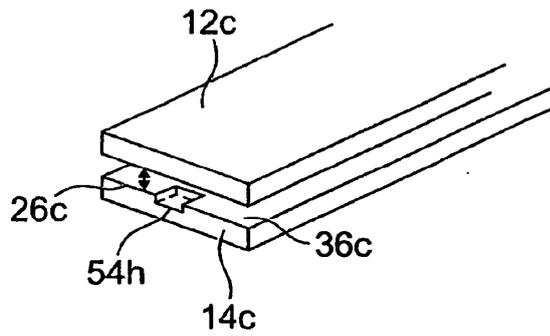
*Fig. 5b*



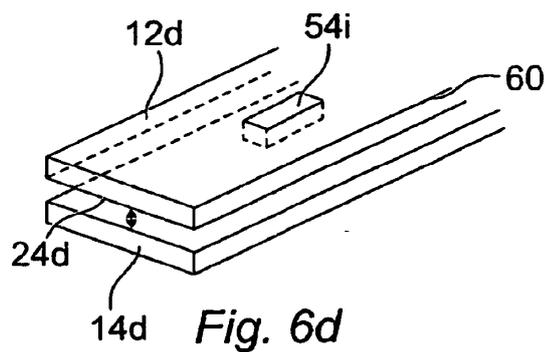
*Fig. 6a*



*Fig. 6b*



*Fig. 6c*



*Fig. 6d*