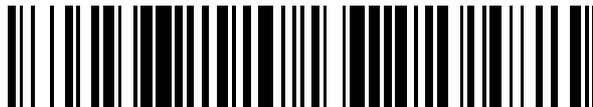


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 488 715**

51 Int. Cl.:

**H01S 3/02** (2006.01)

**H01S 3/042** (2006.01)

**B23K 26/32** (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.03.2012 E 12160606 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.05.2014 EP 2642619**

54 Título: **Dispositivo resonador láser con componentes ópticos soldados por láser**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.08.2014**

73 Titular/es:

**TRUMPF LASER MARKING SYSTEMS AG  
(100.0%)  
Ausserfeld  
7214 Grüşch, CH**

72 Inventor/es:

**ZIOLEK, CARSTEN, DR.;  
ZIMER, HAGEN;  
KRUSE, DIETMAR, DR. y  
MARZENELL, STEFAN, DR.**

74 Agente/Representante:

**AZNÁREZ URBIETA, Pablo**

**ES 2 488 715 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 resonador láser con componentes ópticos soldados por láser

La presente invención se refiere a un dispositivo resonador láser con varios  
5 componentes ópticos y con una placa de soporte donde está fijado al menos uno  
de los componentes ópticos.

El documento US 5.170.409 describe un resonador láser donde las fijaciones del  
espejo del resonador, de vidrio de cuarzo, están pegadas con un adhesivo UV  
sobre una placa soporte plana de vidrio o vidrio de cuarzo. Dado que la placa  
10 soporte y las fijaciones del espejo se pueden producir con materiales cuyos  
coeficientes de dilatación térmica son relativamente bajos, la estabilidad térmica  
del resonador láser mejora.

En otro dispositivo resonador láser conocido, las superficies de los componentes  
ópticos a montar se metalizan y a continuación se sueldan mediante un tampón  
15 de soldadura sobre una placa soporte que dispone de contactos opuestos  
metálicos correspondientes. Sin embargo, la metalización de las superficies a  
soldar genera un alto coste. Además, si el componente óptico y la placa soporte  
tienen coeficientes de dilatación diferentes, en caso de una carga térmica se  
pueden producir tensiones en el material que pueden conducir a un desajuste de  
20 los componentes ópticos o incluso a destruir la unión soldada.

Cuando se endurece el adhesivo o se solidifica el tampón de soldadura, se  
producen efectos de contracción que pueden conducir a un desajuste de los  
componentes ópticos y sólo permiten un montaje automático de forma limitada.  
Además, en caso de potencias láser elevadas y un tamaño constructivo reducido,  
25 existe el peligro de que se produzca una evaporación del adhesivo o del tampón  
de soldadura por la carga térmica, ensuciándose la cavidad del resonador. Esto  
provoca desde un comportamiento inestable del dispositivo resonador láser hasta  
un fallo total del mismo.

Para evitar la deformación por efectos de contracción, durante la adhesión se  
30 debería reducir al mínimo el espesor del intersticio de adhesión y no se debería  
producir ningún ángulo interno. En un caso ideal, los componentes ópticos y la  
placa soporte están en contacto plano. De este modo, la cantidad de grados de  
libertad en los que se puede posicionar el componente óptico con respecto a la  
placa soporte se limita a aquellos movimientos dentro de la superficie de contacto.

Por ejemplo, de acuerdo con los documentos US 6. 320.706 y US2008/0260330, la utilización de elementos auxiliares de conformación adecuada entre el componente óptico y la placa soporte elimina dicha limitación y no obstante posibilita un contacto plano tanto con respecto al componente óptico como con respecto a la placa soporte.

El objetivo de la presente invención es evitar efectos de contracción, tensiones de material y evaporaciones en un dispositivo resonador láser del tipo mencionado en la introducción y aumentar así la precisión de ajuste y la durabilidad de los componentes ópticos, así como también proporcionar un procedimiento de montaje correspondiente.

Este objetivo se resuelve según la invención mediante un dispositivo resonador láser con varios componentes ópticos y con una placa soporte de vidrio, en particular vidrio de cuarzo, vitrocerámica o cerámica cristalina, sobre la que está fijado al menos uno de los componentes ópticos, estando este o estos componentes ópticos fijados sobre la placa soporte formados por vidrio, en particular vidrio de cuarzo, vitrocerámica o cerámica cristalina, y unidos por fusión de material directamente a la placa soporte a través de al menos una unión por soldadura láser o fijados mediante un elemento intermedio de vidrio, en particular vidrio de cuarzo, vitrocerámica o cerámica cristalina, que está unido por fusión de material en cada caso mediante una unión por soldadura láser tanto con el componente o los componentes ópticos como con la placa soporte.

De acuerdo con la invención, uno o más componentes ópticos de vidrio, vitrocerámica o cerámica cristalina del dispositivo resonador láser están montados por soldadura con rayo láser (también denominada "soldadura de vidrio por rayo láser") en la placa soporte, también hecha de vidrio, vitrocerámica o cerámica cristalina, o en el elemento intermedio. En el caso de los componentes ópticos soldados por láser, se puede tratar por ejemplo de espejos resonadores, un cuerpo láser de estado sólido, una lente, en particular una lente de índice gradual para el acoplamiento de luz bombeada, y en caso dado un modulador, pudiendo todos ellos producirse con vidrio o vidrio de cuarzo o cerámica cristalina (por ejemplo BK7, Yb:vidrio, sílice fundida, SF57, Nd cerámico:YAG). La placa soporte está hecha preferentemente de una vitrocerámica, por ejemplo Zerodur o ULE.

Hasta ahora, la soldadura de vidrio por rayo láser se ha utilizado para soldar de forma localmente selectiva fibra de vidrio de sílice a vidrios ópticos. Para ello es necesario que el punto de unión sea accesible para el rayo láser. De este modo se pueden unir por fusión de material, por ejemplo, fibras de cables de fibra óptica

con componentes de vidrio ópticamente activos o pasivos de alta calidad mecánica y óptica. La aportación de calor necesaria para soldar los componentes se consigue con ayuda de un láser de CO<sub>2</sub>. Por ejemplo en L. Schaefer, M. Schmidt, Welding of glass fibres onto lagrescale substrates with high mechanical stability and optical quality, Physics Procedia 5 (2010), páginas 145-152 se describe la soldadura por rayo láser de fibras de vidrio en sustratos.

De forma especialmente preferente, todos los componentes ópticos están hechos de vidrio, en particular vidrio de cuarzo, de vitrocerámica o de cerámica cristalina, y están unidos por fusión de material mediante soldadura láser a la placa soporte o a elementos intermedios. Dado que todos los componentes ópticos están soldados por láser, en el dispositivo resonador láser no existe metal de aportación ni adhesivo.

También preferentemente, todos los componentes ópticos unidos por fusión de material a la placa soporte están hechos de materiales con coeficientes de dilatación térmica iguales o similares a los de la placa soporte. Un coeficiente de dilatación similar de la placa soporte y de los componentes ópticos conduce a uniones por fusión de material prácticamente libres de tensión incluso en caso de carga térmica. De forma especialmente preferente, los componentes ópticos están hechos del mismo material que la placa soporte.

En otro aspecto, la invención también se refiere a un procedimiento para producir un dispositivo resonador láser configurado tal como se ha descrito más arriba, donde, de acuerdo con la invención, el componente óptico a fijar a la placa soporte se fija a la placa soporte y a continuación, con ayuda de un rayo láser, en particular un rayo láser de CO<sub>2</sub>, se une a la placa soporte bien directamente por soldadura por fusión de material, bien mediante un elemento intermedio unido en cada caso por soldadura con fusión de material.

En primer lugar, los componentes ópticos se posicionan individualmente sobre la placa soporte y a continuación se fijan mediante soldadura de vidrio por rayo láser. La disposición de los componentes ópticos puede realizarse de forma pasiva por fijación sobre la placa soporte o, alternativamente, utilizando diversos métodos de medición (por ejemplo procedimientos basados en cámaras, autocolimación, ajuste de reflejos de láser de prueba, aumento al máximo de la potencia de la luz láser), mediante control manual o también parcial o totalmente automatizado. La aportación de energía local necesaria para la soldadura de vidrio es suministrada por un láser, preferentemente un láser de CO<sub>2</sub>, cuyo rayo láser se mueve mediante un dispositivo de desviación adecuado sobre los

contornos de unión correspondientes de los componentes ópticos individuales. El usuario puede determinar la información sobre la posición de los contornos de unión mediante instrumentos de medida adecuados y transmitir dicha información al dispositivo de desviación. Alternativamente, instrumentos de medida  
5 adecuados, por ejemplo un sistema de cámaras, pueden registrar de forma parcial o totalmente automática los datos necesarios y transmitir éstos al dispositivo de desviación. Si se utiliza un láser de CO<sub>2</sub> con una longitud de onda de 10,6 µm, en general la profundidad de fusión sólo es de aproximadamente 10 µm. Si se utilizan otros tipos de láser, la profundidad de penetración de la irradiación láser y,  
10 con ésta, la profundidad de fusión, se puede optimizar dopando el vidrio utilizado con átomos extraños que aumenten la absorción de la radiación láser utilizada para la soldadura por rayo láser. La profundidad de fusión también depende del tamaño de los componentes y de la potencia del láser utilizado y no debería ser mayor de aproximadamente 500 µm, preferiblemente debería oscilar entre 10 y 30  
15 µm.

Para una mejor disipación del calor, en particular el medio láser de cuerpo sólido se puede enfriar por contacto sobre la placa soporte, mala conductora del calor, con el fin de disipar de forma eficiente el calor producido durante el funcionamiento del láser. Lo mismo es aplicable a un interruptor Q activo, por  
20 ejemplo un interruptor acústico-óptico.

A continuación se resumen de nuevo las ventajas del dispositivo resonador láser según la invención y del procedimiento de producción correspondiente:

- La soldadura de vidrio es más económica que en el procedimiento de soldeo, donde se debe metalizar la superficie de los componentes ópticos.
- 25 • La profundidad de fusión durante la soldadura de vidrio es muy pequeña (aproximadamente 10 µm - 30 µm). Los componentes soldados por láser sólo se calientan de forma muy localizada. Por ello, la contracción tiene poca importancia en comparación con los procedimientos de soldado y adhesión.
- Se elimina el posible riesgo de emisión de compuestos volátiles en caso de  
30 uniones por soldado o adhesión dependiendo del metal de aportación/fundente o adhesivo utilizado.
- Las uniones soldadas por fusión de material son menos sensibles al desajuste que los soportes mecánicos usuales.
- El procedimiento de producción es adecuado para la automatización.

- Los coeficientes de dilatación térmica adaptados de la placa soporte y los componentes ópticos conducen a uniones sin tensión incluso en caso de carga térmica.
- Un coeficiente de dilatación térmica bajo de la placa soporte conduce a una estructura térmicamente estable.

Otras ventajas de la invención se desprenden de las reivindicaciones, la descripción y las figuras. Del mismo modo, las características anteriormente mencionadas y las indicadas más abajo pueden ser utilizadas en cada caso de forma individual o en cualquier combinación de ellas. La forma de realización mostrada y descrita no se ha de entender como una enumeración definitiva, sino con carácter ilustrativo para la descripción de la invención.

En las figuras:

- Fig. 1: un láser de estado sólido con el dispositivo resonador láser según la invención, que presenta varios componentes ópticos unidos a una placa soporte por fusión de material mediante soldadura láser;
- Fig. 2: muestra la formación de una unión por fusión de material mediante soldadura láser entre la placa soporte y uno de los componentes ópticos mediante un rayo láser; y
- Fig. 3: otra variante de realización donde uno de los componentes ópticos está unido a la placa soporte mediante un elemento intermedio soldado por láser.

El láser de estado sólido 1 mostrado en la Fig. 1 presenta un dispositivo resonador láser 2 y un diodo láser 3 para el bombeo óptico del dispositivo resonador láser 2.

- El dispositivo resonador láser 2 incluye un resonador láser 4 definido por un espejo terminal HR 5 y un espejo de salida 6, un medio de láser de estado sólido 7 dispuesto en el resonador láser 4 y un modulador óptico 8 dispuesto en el resonador láser 4 entre el medio de láser 7 y el espejo de salida 6.

Como diodo láser 3 se utiliza un diodo láser de alto brillo acoplado mediante una fibra 9. El alto brillo posibilita altas densidades de potencia de bombeo en el medio láser 7. Para enfocar la luz de bombeo 10 representada con la línea discontinua 10 del diodo láser en el medio de láser 7, el extremo de fibra del diodo láser 3 acoplado por fibra está empalmado con una lente de índice gradual (lente GRIN) 11 de vidrio de cuarzo. De este modo sólo es necesario posicionar

correctamente esta lente GRIN 11, no siendo necesario un posicionamiento y sujeción por separado del extremo de fibra.

El medio láser 7 puede ser por ejemplo Nd:vidrio, Er:vidrio o Yb:vidrio.

La cara frontal del medio láser 7 orientada hacia la lente GRIN 11 está provista de un revestimiento dieléctrico que es transmisor de la luz bombeada 10 y altamente reflectante para la luz láser 12 y, en consecuencia, constituye el espejo terminal HR 5. El espejo de salida 6 está formado por una óptica independiente de vidrio de cuarzo cuya cara frontal orientada hacia el medio láser 7 está provista de un revestimiento dieléctrico parcialmente reflectante a la luz láser 12 y, en consecuencia, constituye el espejo de salida 6.

El modulador óptico 8 está realizado como un conmutador Q activo, por ejemplo como modulador acústico-óptico o como modulador electro-óptico, o como un conmutador Q pasivo.

En el ejemplo de realización mostrado, todos los componentes ópticos del dispositivo resonador láser 2, es decir, el espejo de salida 6, el medio láser 7 con el espejo terminal HR 5 previsto en el mismo, el conmutador Q 8 y también la lente GRIN 11, están montados por fusión de material sobre una placa soporte 13 de vitrocerámica, por ejemplo Zerodur o ULE (*Ultra Low Expansion* - expansión ultrabaja) vidrio de silicato de titanio), en cada caso mediante uniones soldadas 14. Los dos grupos de materiales se caracterizan por unos coeficientes de dilatación térmica muy bajos, con lo que el dispositivo resonador láser 2 se puede estructurar con una alta estabilidad térmica. Cada componente óptico 6, 7, 8, 11 está fijado a la placa soporte 13 mediante al menos un cordón de soldadura láser, preferentemente dos cordones de soldadura láser 14.

Para configurar los cordones de soldadura láser 14, el espejo de salida 6, el medio láser 7 con el espejo terminal HR 5 previsto en el mismo, el conmutador Q 8 y la lente GRIN 11 se disponen sobre la placa soporte 13 y después, tal como muestra la Fig. 2, se sueldan en cada caso por sus dos bordes longitudinales a la placa soporte 13 mediante un láser 20, por ejemplo un láser de CO<sub>2</sub>. La profundidad de fusión de los cordones de soldadura láser 14 en la placa soporte 13 y los componentes ópticos 6, 7, 8, 11 unidos a ésta por fusión de material oscila tan sólo entre aproximadamente 10 µm y aproximadamente 30 µm.

En la Fig. 3, el componente óptico 6, 7, 8, 11 está fijado a la placa soporte 13 mediante un elemento intermedio 30 de vidrio, en particular vidrio de cuarzo, vitrocerámica o cerámica cristalina, que está unido por fusión de material

mediante una soldadura láser 14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub> tanto con al componente óptico 5, 6, 7, 8, 11 como a la placa soporte 13.

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo resonador láser (2) que comprende varios componentes ópticos (5, 6, 7, 8, 11) y una placa soporte (13) de vidrio, en particular vidrio de cuarzo, vitrocerámica o cerámica cristalina, sobre la que está fijado al menos uno de los componentes ópticos (5, 6, 7, 8, 11), donde el al menos un componente óptico (5, 6, 7, 8, 11) fijado sobre la placa soporte (13) está formado por vidrio, en particular vidrio de cuarzo, vitrocerámica o cerámica cristalina, y está unido por fusión de material directamente a la placa soporte (13) mediante al menos una unión por soldadura láser (14) o está fijado mediante un elemento intermedio (30) de vidrio, en particular vidrio de cuarzo, vitrocerámica o cerámica cristalina, estando éste unido por fusión de material en cada caso mediante una unión por soldadura láser (14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>) tanto al al menos un componente óptico (5, 6, 7, 8, 11) como a la placa soporte (13).
2. Dispositivo resonador láser según la reivindicación 1, caracterizado porque el al menos un componente óptico fijado sobre la placa soporte (13) es un espejo de resonador (5, 6).
3. Dispositivo resonador láser según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque el al menos un componente óptico fijado sobre la placa soporte (13) es un medio láser de estado sólido (7).
4. Dispositivo resonador láser según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el al menos un componente óptico fijado sobre la placa soporte (13) es un modulador óptico (8).
5. Dispositivo resonador láser según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el al menos un componente óptico fijado sobre la placa soporte (13) es una óptica de acoplamiento (11) prevista para acoplar luz de bombeo (10), en particular una lente de índice gradual.
6. Dispositivo resonador láser según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque todos los componentes ópticos (5, 6, 7, 8, 11) están hechos de vidrio, en particular vidrio de cuarzo, de vitrocerámica o de cerámica cristalina, y están unidos por fusión de material mediante soldadura láser (14) a la placa soporte (13) o a un elemento intermedio (30).

- 5 7. Dispositivo resonador láser según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque uno o más de los componentes ópticos (5, 6, 7, 8, 11) unidos por fusión de material a la placa soporte (13) o al elemento intermedio (30) están hechos de materiales con coeficientes de dilatación térmica iguales o prácticamente iguales a los de la placa soporte (13) o del elemento intermedio (30).
- 10 8. Dispositivo resonador láser según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque una unión por soldadura láser (14; 14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>) está formada por al menos un cordón de soldadura láser que se extiende a lo largo del contorno de unión del componente óptico (5, 6, 7, 8, 11) dispuesto en la placa soporte (13) o en el elemento intermedio (30).
- 15 9. Dispositivo resonador láser según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la profundidad de fusión de la unión por soldadura láser (14) en la placa soporte (13) y en el al menos un componente óptico (5, 6, 7, 8, 11) unido por fusión de material con la misma es como máximo de aproximadamente 500  $\mu\text{m}$ , preferentemente de entre 10  $\mu\text{m}$  y 30  $\mu\text{m}$ .
- 20 10. Dispositivo resonador láser según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la placa soporte (13), el elemento intermedio (30) y/o al menos uno de los componentes ópticos (5, 6, 7, 8, 11) unidos a éstos por fusión de material están dopados con átomos extraños de modo que resulta una profundidad de penetración óptima para la unión por soldadura láser (14; 14<sub>1</sub>, 14<sub>2</sub>) de la radiación láser utilizada para la soldadura por rayo láser.
- 25 11. Dispositivo resonador láser según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque, además de la placa soporte (13), al menos uno de los componentes ópticos (5, 6, 7, 8, 11), preferentemente el medio láser (7) o el modulador óptico (8), está en contacto térmico con al menos otra superficie a través de la cual el componente óptico se enfría.
- 30 12. Procedimiento para producir un dispositivo resonador láser (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque un componente óptico (5, 6, 7, 8, 11) a fijar en la placa soporte (13) se dispone en la placa soporte (13) o en el elemento intermedio (30) soldado por láser a la misma y a continuación se suelda por fusión de material con la placa

soporte (13) o con el elemento intermedio (30) con ayuda de un rayo láser (20), en particular un rayo láser de CO<sub>2</sub>.

- 5 **13.** Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado porque el componente óptico (5, 6, 7, 8, 11) a fijar en la placa soporte (13) se suelda por fusión de material a lo largo de su contorno de unión marginal a la placa soporte (13) o al elemento intermedio (30) con ayuda del rayo láser (20).

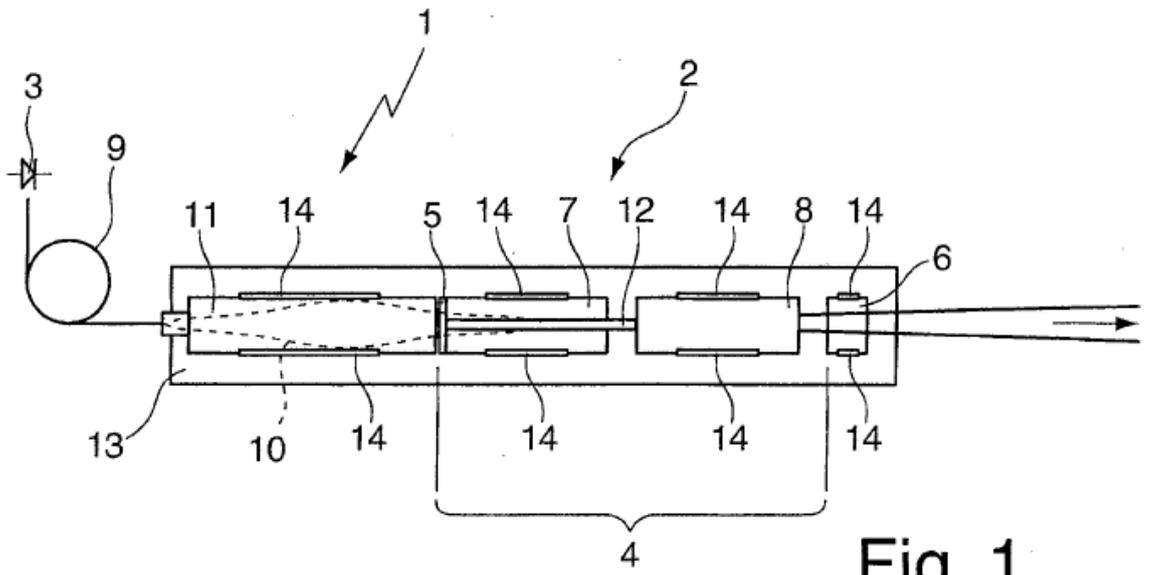


Fig. 1

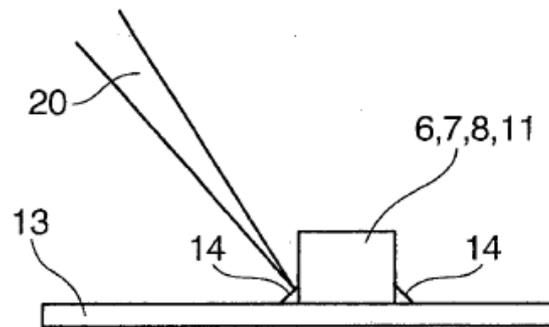


Fig. 2

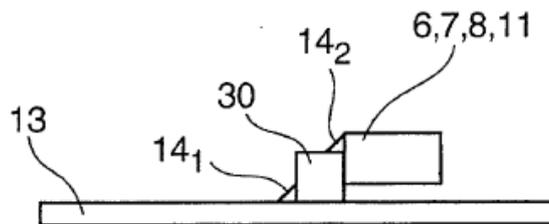


Fig. 3