



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 364 880**

51 Int. Cl.:  
**F02P 23/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06019157 .4**

96 Fecha de presentación : **13.09.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1767777**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.03.2007**

54

Título: **Motor de combustión interna con un dispositivo de generación de luz láser.**

30

Prioridad: **22.09.2005 AT A 1559/2005**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**15.09.2011**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**15.09.2011**

73

Titular/es: **GE JENBACHER GmbH & Co. OHG**  
**Achenseestrasse 1-3**  
**6200 Jenbach, AT**

72

Inventor/es: **Kopecek, Herbert;**  
**Iskra, Kurt;**  
**Weinrotter, Martin;**  
**Graf, Josef y**  
**Klausner, Johann**

74

Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 364 880 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

Motor de combustión interna con un dispositivo de generación de luz láser

La presente invención se refiere a un motor de combustión interna con un dispositivo de generación de luz láser.

5 Los dispositivos convencionales de generación de luz láser, que se emplean en el campo del encendido por láser de motores de combustión interna, presentan, en general, un resonador láser, que está configurado de tal forma que la luz láser emitida por el dispositivo de generación de luz láser presenta un perfil de Gauss (estructura de modos TEM<sub>00</sub>), es decir, que la distribución de la intensidad cae transversalmente con un desarrollo exponencial. Además, en particular en láser de impulsos, se utilizan con frecuencia también dispositivos de generación de luz láser con resonador láser inestable. También en este concepto de resonador, se produce una distribución de la intensidad variable transversalmente sobre la sección transversal del haz.

15 Un inconveniente esencial para el empleo de alta capacidad de motores de combustión interna encendidos por láser consiste en la eficiencia reducida, con la que la luz láser es introducida en el volumen de plasma que debe calentarse para el encendido seguro de la mezcla de combustible y aire. Estas pérdidas resultan, por una parte, a partir de las pérdidas de transmisión de la radiación láser, que pasa por el volumen de encendido antes de la rotura del plasma inducida por láser y, por otra parte, a partir de pérdidas, que se producen a través del paso lateral de la radiación láser del volumen de plasma en virtud del tamaño demasiado reducido del plasma o lateralmente en virtud de la geometría del foco muy dilatada.

El problema de la invención es desarrollar un motor de combustión interna del tipo indicado al principio, de tal manera que se eleva la eficiencia, con la que se utiliza la luz láser para el encendido.

20 Este problema se soluciona por medio de un motor de combustión interna con las características de la reivindicación 1.

En un motor de combustión interna de este tipo, es posible introducir la energía mínima necesaria para la generación de un núcleo de plasma a través de radiación láser, que presenta una estructura de modos TEM<sub>00</sub>, en la cámara de combustión. Esta radiación láser presenta propiedades de enfoque ideales.

25 Por lo demás, la energía total necesaria para la generación de un núcleo de llama inflamable es introducida en forma de una luz láser rica en energía, que se configura posteriormente, con una estructura de modos de orden transversal superior en la cámara de combustión. Es así como se realiza ya durante la configuración de un volumen de plasma suficientemente grande, de modo que se reducen al mínimo las pérdidas a partir de radiación que pasa lateralmente por el plasma con anterioridad en el tiempo o en el espacio.

30 En el sentido de esta publicación, por una estructura de modos transversal se entiende el patrón de intensidad de una haz electromagnético en un plano perpendicular (es decir, transversal) a la dirección de propagación del haz. Las estructuras de modos, que pueden ser generadas a través de un resonador de láser, son del tipo electromagnético transversal (TEM).

De acuerdo con la simetría del resonador láser, la estructura de los modos TEM es diferente.

35 El modo TEM<sub>00</sub> es el modo básico con perfil de Gauss.

Con preferencia, tanto la luz láser con estructura de modos TEM<sub>00</sub> como también la luz láser, que presenta una estructura de modos de orden transversal superior, son emitidas en forma de impulsos.

40 Con preferencia, tanto la luz láser con estructura de modos TEM<sub>00</sub> como también la luz láser, que presenta una estructura de modos de orden transversal superior son generadas con el mismo dispositivo de generación de luz láser. A tal fin debe preverse que el dispositivo de generación de luz láser presente un resonador láser, que está configurado de tal forma que puede ser accionado de manera estable con relación a al menos dos modos de diferente orden transversal de la luz láser emisible.

Con preferencia, en la invención se emplea un resonador láser del tipo Fabry-Perot.

La designación "transversal" se refiere a cualquier dirección en ángulo recto al eje óptico del resonador láser.

45 Se conoce a partir de la literatura que en sistemas láser con circuito pasivo de calidad a través de absorbentes saturables puede aparecer una serie secuencial de la configuración de diferentes estructuras de modos (R. Wu, T. L. Chen, J. D. Myers, M. J. Myers, C. Ardí, Multipulses Behavior in a Erbium Glass Laser Q Switched by Cobalt Spinal, AeroSense 2003, SPIE Vol. 5086, Orlando, Florida, 21 – 25 de Abril de 2003).

50 No obstante, en este caso se trata de efectos no planificados que se producen en diferentes estructuras de modos y con secuencia temporal imprevista, cuya impresión no está optimizada, además, sobre los plasmas inflamables para

la generación y para el recalentamiento de un plasma inflamable inducido por láser.

5 Para la forma de realización preferida de la invención se propone un dispositivo de generación de luz láser, cuya configuración del resonador láser posibilita a través de una configuración adecuada de las superficies ópticas una variabilidad de la condición de la estabilidad del resonador láser. A este respecto, está previsto que las superficies ópticas del resonador láser estén configuradas y dispuestas entre sí de tal manera que el diámetro de un rayo de luz introducido en el resonador láser sea variable. Tal resonador láser se conoce también bajo la designación “resonador telescópico”.

10 En el resonador láser de un dispositivo de generación de luz láser de este tipo están dispuestos un medio láser y un absorbedor pasivo saturable, estando configurada y dispuesta con preferencia en cada caso una superficie de medio láser y del absorbedor de tal manera que forma un espejo del resonador láser. Muy en general, puede estar previsto que las superficies ópticas del resonador láser se formen por las superficies de medio láser y del absorbedor.

De manera alternativa, también puede estar prevista, naturalmente, una óptica separada, en particular un espejo separado.

15 La configuración de las superficies del medio láser activo y/o del absorbedor pasivo saturable en la forma de realización preferida tiene en este caso, por una parte, la función de determinar la variabilidad geométrica de la configuración de los modos, que es necesaria para la estabilidad a ajustar del resonador láser.

20 Por otra parte, debe garantizarse una variabilidad transversal del absorbedor pasivo saturable con el propósito de que se pueda realizar una configuración segura de un modo TEM<sub>00</sub> en una primera etapa. Con un retardo, que corresponde al desarrollo temporal del núcleo de plasma, se puede generar entonces una radiación rica en energía con una estructura de modos de orden transversal superior con el objetivo de garantizar a través de un acoplamiento más eficiente de la luz láser y de la prevención de pérdidas de paso temporales o espaciales una calefacción incrementada del plasma a las temperaturas necesarias para un encendido seguro de una mezcla de combustible y aire.

25 La configuración de impulsos secuenciales a través de la estabilización de diferentes modos y el comportamiento temporal diferente resultante de ello del absorbedor saturable tiene especialmente el objetivo de excitar el modo TEM<sub>00</sub> necesario para la capacidad de enfoque ideal en el medio láser de una manera electiva en primer lugar para la configuración, para garantizar la formación de plasma en el foco láser. A continuación, deben excitarse de manera selectiva modos de orden superior para la configuración, para posibilitar una calefacción adicional del plasma ya formado. La configuración de modos de órdenes transversales superiores posibilita en este caso adicionalmente un aprovechamiento más eficiente de todo el volumen del medio láser activo.

35 Para el aprovechamiento óptimo de la energía láser de los impulsos siguientes, el intervalo de tiempo (retraso), calculado entre el final del impulso precedente y el comienzo del impulso siguiente, entre los impulsos es 10 ns – 200 ns (nanosegundos), con preferencia 30 ns – 70 ns. Dentro de este retraso, la radiación de impulsos siguientes se acopla de manera eficiente en el plasma existente del impulso precedente, sin tener que conseguir él mismo la intensidad umbral alta necesaria para la formación del plasma. Por lo tanto, también modos transversales mal enfocables de orden superior pueden contribuir al calentamiento del plasma. En el caso de retrasos superiores a 200 ns, el plasma está refrigerado hasta tal punto que la radiación láser no se acopla ya y penetra a través del volumen de gas caliente resultante sin formación de plasma. En este caso, la intensidad umbral necesaria para la formación de plasma es incluso mayor que en el caso normal.

40 La configuración selectiva del modo TEM<sub>00</sub> se puede conseguir en la forma de realización preferida (resonador telescópico) a través de las medidas constructivas representadas a continuación.

45 A través de la configuración de las superficies arqueadas del medio láser y del absorbedor saturable se fuerza una trayectoria de los rayos en el resonador láser, que es adecuada para modificar la condición de estabilidad de la radiación periférica en el resonador láser. Esto se consigue a través de la selección adecuada de los valores para la curvatura y la distancia de las superficies ópticas, que forman el telescopio. La estabilidad del resonador láser debe ajustarse en este caso de tal forma que no se suprime la configuración de la radiación en modos transversales superiores, pero la configuración de principio del resonador láser como resonador estable hemisférico permite la configuración de un modo TEM<sub>00</sub>.

50 Para conseguir la configuración TEM<sub>00</sub> de forma selectiva antes de la configuración de una estructura de modos de orden transversal superior, se pueden realizar modificaciones en el medio láser (modulación de la intensificación) y/o en el absorbedor saturable (modulación de las pérdidas).

55 En una forma de realización, se configura el medio láser de tal forma que a través de la variación de la concentración de los materiales interactivos, la absorción de la radiación de la bomba configura una distribución de la energía de excitación de tal forma que se garantiza una excitación tanto del modo básico TEM<sub>00</sub> como también de

modos de orden transversal superior. Por consiguiente, la geometría del resonador láser se puede configurar de tal forma que se garantiza la configuración tanto del modo básico TEM<sub>00</sub> como también de modos de orden transversal superior.

5 En otra forma de realización, el absorbedor saturable se configura de tal forma que la transmisión inicial a las zonas, que son cubiertas por el modo TEM<sub>00</sub>, se mantiene más elevada que en las zonas, que son recorridas durante la configuración por modos de orden transversal superior. La transmisión inicial superior en estas zonas espaciales se puede conseguir a través de diseño especial del absorbedor saturable, como por ejemplo a través de una reducción de la longitud de la trayectoria óptica en el absorbedor saturable o a través de una reducción de la concentración de las dotaciones necesarias para la función del absorbedor saturable en forma de un perfil de gradientes. De esta manera, se consigue en cada caso una intensidad de saturación, variable en dirección transversal, del absorbedor.

10 Se consigue una posibilidad sencilla para modificar la sección transversal de actuación en el absorbedor a lo largo de las coordenadas radiales —es decir, en dirección transversal— a través de la adición de absorbedores saturables con diferente duración (perfil escalonado). De acuerdo con ello, los modos láser, que se propagan en la zona exterior del absorbedor, recorren zonas espaciales de otra intensidad de saturación y, por lo tanto, se estabilizan con retraso de tiempo.

15 Para ajustar el retraso de tiempo de la emisión de la luz láser con diferente estructura de modos, con preferencia entre los impulsos a una distancia necesaria para un encendido seguro, puede ser necesario controlar de manera selectiva en el tiempo el comportamiento de estabilización de los modos de orden transversal superior. Por lo tanto, si el modo TEM<sub>00</sub> se estabilizase demasiado pronto en comparación con modos más elevados, se posibilita la configuración de los modos de orden transversal superior a través de modulación de la sección transversal de la amplificación o bien de la pérdida también en la dirección de una estabilización más ligera con relación al modo TEM<sub>00</sub>. De acuerdo con la geometría de la bomba y la distribución de la energía de excitación en el medio láser puede ser necesario, por lo tanto, elevar los mecanismos de pérdida en el absorbedor saturable para el modo TEM<sub>00</sub>. Esto se realiza de una manera conveniente a través de la prolongación de la trayectoria óptica en el absorbedor saturable o a través de concentración más elevada de los iones del absorbedor en el centro con geometría constante.

20 Otra posibilidad para excitar de manera selectiva la configuración de radiación láser desplazada en el tiempo con diferente estructura de modos transversales, consiste en la utilización de reactividades especialmente radiales o bien transversales, de diferente altura del espejo de desacoplamiento. Tales espejos se emplean en láser de laboratorio con los llamados resonadores inestables. Presentan una capacidad de reflexión radialmente variable, para estimular una estabilización del láser a lo largo de los ejes ópticos. Las variantes con otro desarrollo de la capacidad de reflexión y sobre una curvatura diseñada como resonador estable son adecuadas, en principio, para la generación de impulsos múltiples y se pueden producir fácilmente de acuerdo con el estado de la técnica como propiedades no homogéneas de dotación de los cristales.

30 En presencia de cristales láser dotados de forma homogénea y de absorbedores saturables de espesor uniforme así como de espejos de desacoplamiento recubiertos de la misma manera con capacidad de reflexión constante, se puede conseguir una configuración de impulsos múltiples también a través de la distribución no homogénea de la luz de la bomba. Los láseres de circuito pasivo de calidad con resonadores estables tienden a la configuración exclusiva del modo TEM<sub>00</sub> o bien a una estabilización simultánea de varios modos transversales. Para garantizar la configuración de modos desplazados temporalmente de orden superior, se puede configurar la distribución de la luz de la bomba de forma no homogénea, de tal manera que a través del empleo de elementos ópticos adecuados en la trayectoria de los rayos del láser de la bomba, solamente se acopla la energía necesaria para la estabilización del modo TEM<sub>00</sub> a lo largo del eje óptico, sin embargo una porción elevada de la energía de la bomba se distribuye en el volumen de modos transversales superiores. Esta óptica adicional permite, en principio, también una distribución controlada de la energía de la bomba y abre una posibilidad para controlar el intervalo de tiempo de los impulsos. Una distribución no homogénea de la luz podría prepararse de manera alternativa también a través de varias fuentes de luz de la bomba que iluminan con diferente intensidad o fibras de guía óptica de la bomba. Naturalmente, para la generación de la luz láser con una estructura de modos transversal variable en el tiempo se puede utilizar también una combinación de varias de las medidas mencionadas anteriormente.

40 Una gran ventaja de la variante del dispositivo de generación de luz láser, en la que la luz láser se emite por impulsos, reside en que en primer lugar a través de la formación de los impulsos múltiples se eleva claramente la eficiencia de la utilización de la energía láser (a un impulso corto, bien enfocable para la generación de plasma sigue un segundo impulso, para elevar el contenido de energía del plasma o al menos para mantenerlo durante un periodo de tiempo prolongado), y en segundo lugar a través de la diferente propagación o forma espacial de los modos de láser, debe incrementarse claramente el volumen del plasma, lo que es especialmente ventajoso durante el encendido de mezclas pobres.

Adicionalmente, un láser de este tipo de construcción puede ejercer una influencia positiva sobre el efecto no deseado de las deposiciones en la ventana de la cámara de combustión utilizada, puesto que la densidad de la

energía en la ventana se distribuye sobre dos o más impulsos.

Por ejemplo, podría introducirse luz láser en la cámara de combustión del motor de combustión, que presenta en secuencia temporal una estructura de modos  $TEM_{00}$  y una estructura de modos  $TEM_{p=0, 1-8}$ . La luz con una estructura de modos  $TEM_{p=0, 1-8}$  presenta aproximadamente la estructura de un cilindro hueco, estando presentes tangencialmente varios puntos cero.

Se solicita también protección para un procedimiento para el encendido de una mezcla de combustible y aire que se encuentra en la cámara de combustión de un motor de combustión interna, en particular de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, a través de la luz láser emitida desde un dispositivo de generación de luz láser, siendo modificada temporalmente la estructura de modos transversales de la luz láser.

Por ejemplo, en un procedimiento de este tipo puede estar previsto introducir en primer lugar para la generación de un plasma en la mezcla de combustible y aire, una luz láser con una estructura de modos  $TEM_{00}$  en la cámara de combustión y a continuación introducir para el recalentamiento del plasma una luz láser en una estructura de modos de orden transversal superior en la cámara de combustión.

Otras ventajas y detalles de la invención se deducen con la ayuda de las siguientes figuras así como de la descripción de las figuras correspondientes. En este caso:

Las figuras 1a, 1b muestran dos formas de realización diferentes del resonador láser que se emplean en un motor de combustión interna de acuerdo con la invención.

Las figuras 2a-d muestran una representación esquemática de un absorbente saturable, la sección transversal de actuación del absorbente en dirección transversal, la intensidad de la luz láser emitida en función del tiempo y la estructura espacial de la luz láser emitida en función del tiempo.

Las figuras 3a-d muestran una representación esquemática de un absorbente saturable, la sección transversal de actuación del absorbente en dirección transversal, la intensidad de la luz láser emitida en función del tiempo y la estructura espacial de la luz láser emitida en función del tiempo, para otra forma de realización de un absorbente.

La figura 4 muestra un ejemplo de realización con óptica de corrección para influir sobre la distribución de la luz de la bomba con el propósito de que esté disponible energía de luz de la bomba suficiente para modo de orden superior, para conseguir el umbral láser.

La figura 5a muestra una variante, en la que la capacidad de reflexión del recubrimiento de la superficie del espejo de partida se varía con el propósito de que tanto la distribución de la luz de la onda como también el umbral láser posibiliten una configuración de impulsos múltiples.

La figura 5b muestra una representación de la capacidad de reflexión variable del recubrimiento de la superficie de acuerdo con la figura 5a, y

La figura 6a, b muestra ejemplos de realización de un motor de combustión de acuerdo con la invención.

La figura 1a muestra un ejemplo de realización de un dispositivo de generación de luz láser 1 de acuerdo con la invención, que comprende un resonador láser 2 de la longitud  $L$  y una óptica de acoplamiento 3 para la radiación de un láser de bomba no representado en la figura 1. El resonador láser 2 presenta un medio láser 4 así como un absorbente pasivo saturable 5. Las superficies ópticas del resonador láser 2 se forman por medio de superficies del medio láser 4 y del absorbente 5. De esta manera, las superficies 6 y 7 forman los espejos del resonador láser 2. Las superficies 8 y 9 están configuradas de tal forma que resulta la trayectoria de los rayos de un telescopio, que está conectado en la figura 1a con una reducción y en la figura 1b con una ampliación de diámetro del rayo.

En la figura 1a se bombea de forma homogénea el medio láser 4 por medio de radiación acoplada sobre la óptica de acoplamiento 3. El absorbente pasivo saturable 5 está dotado de manera homogénea. El absorbente 5 está configurado en este caso en dirección transversal de tal forma que la longitud de la trayectoria óptica se incrementa a medida que aumenta la distancia desde el eje óptico 10. Con otras palabras, el absorbente pasivo saturable 5 presenta más sustancia a medida que se incrementa la distancia desde el eje óptico 10. Esto conduce a que en la zona del eje óptico 10, en la que está localizado el modo  $TEM_{00}$ , se produce una rotura prematura. En las zonas exteriores del absorbente saturable 5, en las que están localizados los modos de orden transversal superior, se produce, en cambio, una rotura retardada. Esto conduce, en general, a que se emita desde el dispositivo de generación de luz láser 1 en secuencia temporal un primer impulso con una estructura de modos  $TEM_{00}$  y un segundo impulso con una estructura de modos de orden transversal superior.

El dispositivo de generación de luz láser 1 representado en la figura 1b se diferencia del dispositivo de generación de luz láser 1 de la figura 1a porque, por una parte, las superficies 8 y 9 están configuradas de tal forma que se lleva a cabo una ampliación del diámetro del rayo y, por otra parte, el absorbente pasivo saturable 5 está configurado de tal forma que a medida que se incrementa la distancia desde el eje óptico 10 se lleva a cabo una reducción de la

longitud de la trayectoria óptica. Con otras palabras, el absorbedor pasivo saturable 5 presenta menos sustancia a medida que se incrementa la distancia desde el eje óptico 10. Esta medida ha sido tomada para conseguir un retraso de tiempo de la estabilización del modo TEM<sub>00</sub>, para reducir el intervalo de tiempo entre el primer impulso con estructura de modos TEM<sub>00</sub> y el segundo impulso con una estructura de modos de orden transversal superior.

- 5 De manera alternativa a la medida seleccionada en las figuras 1a y 1b de un absorbedor pasivo 5 dotado de forma homogénea, se pueden utilizar también absorbedores 5, que presentan una distribución variable en dirección transversal. Tales absorbedores se representan en las figuras 2a y 3a.

- 10 En la figura 2a, la concentración de iones del absorbedor saturable 5 se configura descendente a medida que se incrementa la distancia r en una primera forma de realización (curva 11 en la figura 2b) y se configura ascendente en una segunda forma de realización (curva 12 en la figura 2b). La intensidad que resulta de ello o bien la configuración espacial de la radiación láser emitida se representa en las figuras 2c y 2d.

- 15 En la figura 3a ha sido seleccionado un perfil escalonado en la concentración de iones del absorbedor saturable 5. Por decirlo así, se acoplan dos materiales dotados de forma homogénea. En una primera forma de realización, se ha seleccionado en este caso una concentración de iones más elevada en el centro del absorbedor (curva 13 en la figura 3b). En una segunda forma de realización, se ha seleccionado, en oposición a ello, una concentración de iones más baja (curva 14 en la figura 3b). La intensidad que resulta de ello o bien la configuración espacial de la radiación láser emitida se representa en las figuras 3c y 3d.

- 20 En la figura 4 se representa una variante del acoplamiento de la luz de la bomba, en el que una lente o bien óptica de corrección 28 con esmerilado adicional 26 modifica la distribución de la luz de la bomba 25 de tal manera que el pico de intensidad en otro caso típico en el centro se reduce en favor de las porciones que se encuentran radialmente más hacia el exterior, que se acoplan en zonas espaciales de modos transversales superiores. En este caso, son posibles diferentes variantes de realización de la óptica de corrección. En la forma representada, la lente 28 actúa en la zona central 29 con efecto de ampliación del rayo y en las zonas marginales 30 actúa con efecto de enfoque, de manera que la luz de la bomba 26 se concentra con un efecto más fuerte sobre las zonas exteriores del medio láser 4.

En la figura 5a se representa que se puede seleccionar una capacidad de reflexión diferente del recubrimiento 27 del espejo de desacoplamiento 7 del dispositivo de generación de luz láser 1, de tal manera que en zonas espaciales diferentes del resonador resultan umbrales de láser diferentes.

- 30 La figura 5b muestra cómo de acuerdo con la distribución de la intensidad de la luz de la bomba puede ser necesaria una reducción (línea de trazos) o una elevación (línea continua) del grado de reflexión (Ref) en el borde (-r, +r) frente al eje óptico (o), para posibilitar una estabilización desplazada en el tiempo del láser. La capacidad de reflexión (Ref) variable radialmente del espejo de desacoplamiento 7 se puede realizar aparte de un recubrimiento 27 naturalmente también de otra manera.

- 35 En la figura 6a se representa un motor de combustión interna 15 con un dispositivo de generación de luz láser 1 de acuerdo con la invención. La luz láser 16 emitida desde el dispositivo de generación de luz láser 1 es introducida a través de una guía óptica 17, una óptica de ampliación formada por las lentes 18 y 19 y una ventana de la cámara de combustión 20 en la cámara de combustión 21 de un cilindro 22. La ventana de la cámara de combustión 20 está configurada en este caso de tal forma que la luz láser 16 es enfocada en la cámara de combustión 21 sobre el volumen del foco 23.

- 40 La variante mostrada en la figura 6b se diferencia de la mostrada en la figura 6a, porque en la figura 6b está prevista una fuente de luz de la bomba 24, que acopla a través de la guía óptica 17 la radiación láser de la bomba 25 generada en el resonador láser 2, que presenta el medio láser 4, el absorbedor 5 y los espejos 6 y 7. Este último puede estar realizado de acuerdo con las figuras 1 a 5b.

## REIVINDICACIONES

- 1.- Motor de combustión interna con un dispositivo de generación de luz láser, caracterizado porque el dispositivo de generación de luz láser (1) está configurado de tal forma que es adecuado para emitir luz láser (16) con una estructura de modos transversal variable en el tiempo.
- 5 2.- Motor de combustión interna de acuerdo con la reivindicación 1 con una cámara de combustión, en la que se puede introducir una mezcla de combustible y aire, caracterizado porque el dispositivo de generación de luz láser (1) está configurado de tal forma que es adecuado para emitir luz láser (16), que presenta en secuencia temporal una estructura de modos TEM<sub>00</sub> y una estructura de modos de orden transversal superior, en el que la luz láser (16) que presenta una estructura de modos TEM<sub>00</sub> está configurada para la generación de un plasma inducido por láser en la mezcla de combustible y aire y en el que la luz láser (16), que presenta una estructura de modos de orden transversal superior, está configurada para el calentamiento del plasma.
- 10 3.- Motor de combustión interna de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el dispositivo de generación de luz láser (1) presenta un resonador láser (2), que está configurado de tal forma que puede ser accionado con relación a al menos dos modos de diferente orden transversal de la luz láser emisible (16), con preferencia estable.
- 15 4.- Motor de combustión interna de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado porque las superficies ópticas del resonador láser (2) están configuradas y dispuestas de tal manera que el diámetro de un rayo de luz introducido en el resonador láser (2) es variable.
- 20 5.- Motor de combustión interna de acuerdo con la reivindicación 3 ó 4, caracterizado porque en el resonador láser (2) están dispuestos un medio láser (4) y un absorbedor pasivo saturable (5).
- 6.- Motor de combustión interna de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque una superficie (6, 7) del medio láser (4) y del absorbedor (5), respectivamente, está configurada y dispuesta de tal manera que forma un espejo del resonador láser (2).
- 25 7.- Motor de combustión interna de acuerdo con la reivindicación 5 ó 6, caracterizado porque las superficies ópticas del resonador láser (2) se forman por las superficies (6, 7, 8, 9) del medio láser (4) y del absorbedor (5).
- 8.- Motor de combustión interna de acuerdo con una de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado porque el absorbedor (5) saturable está configurado de tal forma que presenta en dirección transversal (r) una intensidad de saturación variable.
- 30 9.- Motor de combustión interna de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado porque el absorbedor (5) saturable está configurado de tal forma que presenta en dirección transversal (r) al menos dos zonas de diferente intensidad de saturación.
- 10.- Motor de combustión interna de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado porque el absorbedor (5) saturable presenta en dirección transversal (r) una longitud de trayectoria óptica variable.
- 35 11.- Motor de combustión interna de acuerdo con la reivindicación 8 ó 10, caracterizado porque el absorbedor (5) saturable presenta en dirección transversal (r) una dotación variable.
- 12.- Motor de combustión interna de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 11, caracterizado porque el dispositivo de generación de luz láser es adecuado, con preferencia por medio de una óptica de corrección, para acoplar radiación láser de bomba (25) con una distribución de la intensidad no homogénea transversal en el resonador láser (2).
- 40 13.- Motor de combustión interna de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 11, caracterizado porque el resonador láser (23) presenta un espejo (6, 7), con preferencia un espejo de desacoplamiento (7), con capacidad de reflexión no homogénea transversal.
- 45 14.- Motor de combustión interna de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 13, caracterizado porque el dispositivo de generación de luz láser (1) es adecuado para emitir al menos dos impulsos de luz láser con diferente estructura transversal de modos, en el que entre dos impulsos de luz láser sucesivos, con preferencia entre el primero y el segundo impulsos de luz láser, está previsto un intervalo de tiempo entre 20 ns y 200 ns, con preferencia entre 30 ns y 70 ns.
- 50 15.- Procedimiento para el encendido de una mezcla de combustible y aire que se encuentra en la cámara de combustión de un motor de combustión interna de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 14, a través de la luz láser emitida desde un dispositivo de generación de luz láser, caracterizado porque la estructura transversal de modos de la luz láser (16) es variable en el tiempo.

16.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque en primer lugar para la generación de un plasma en la mezcla de combustible y aire se introduce luz láser (16) con una estructura de modos TEM<sub>00</sub> en la cámara de combustión (21) y a continuación para el recalentamiento del plasma se introduce luz láser (16) con una estructura de modos de orden transversal superior en la cámara de combustión (21).



Fig. 1a

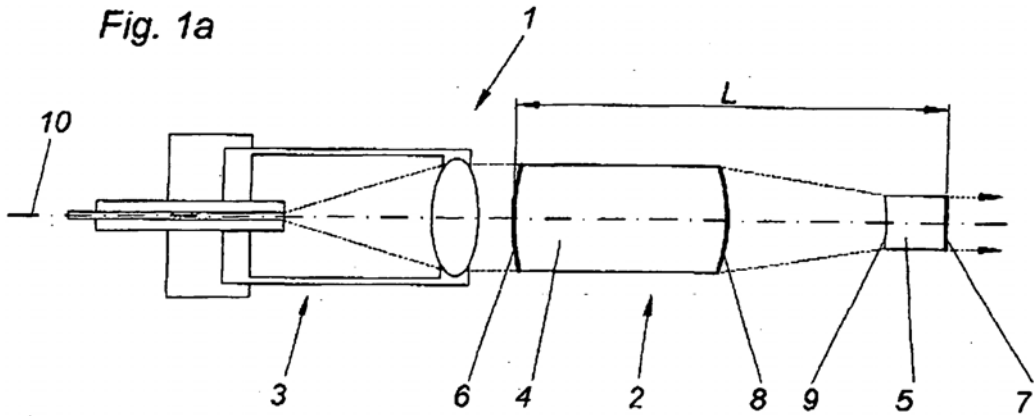


Fig. 1b

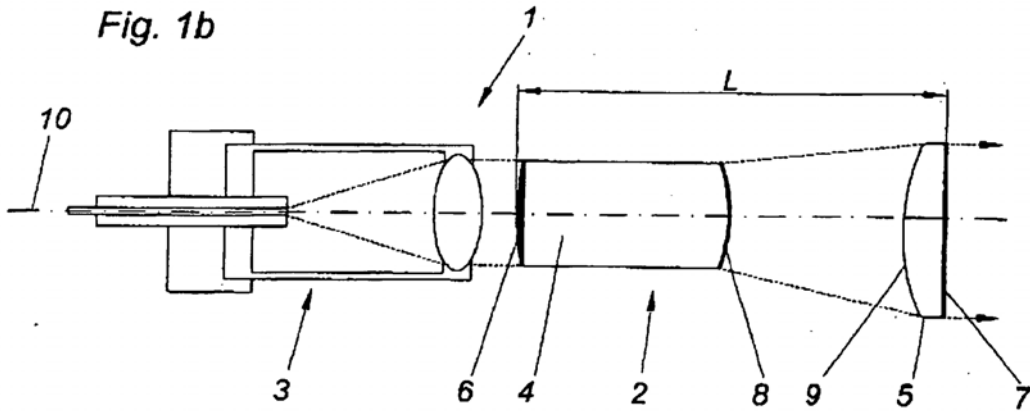


Fig. 2a

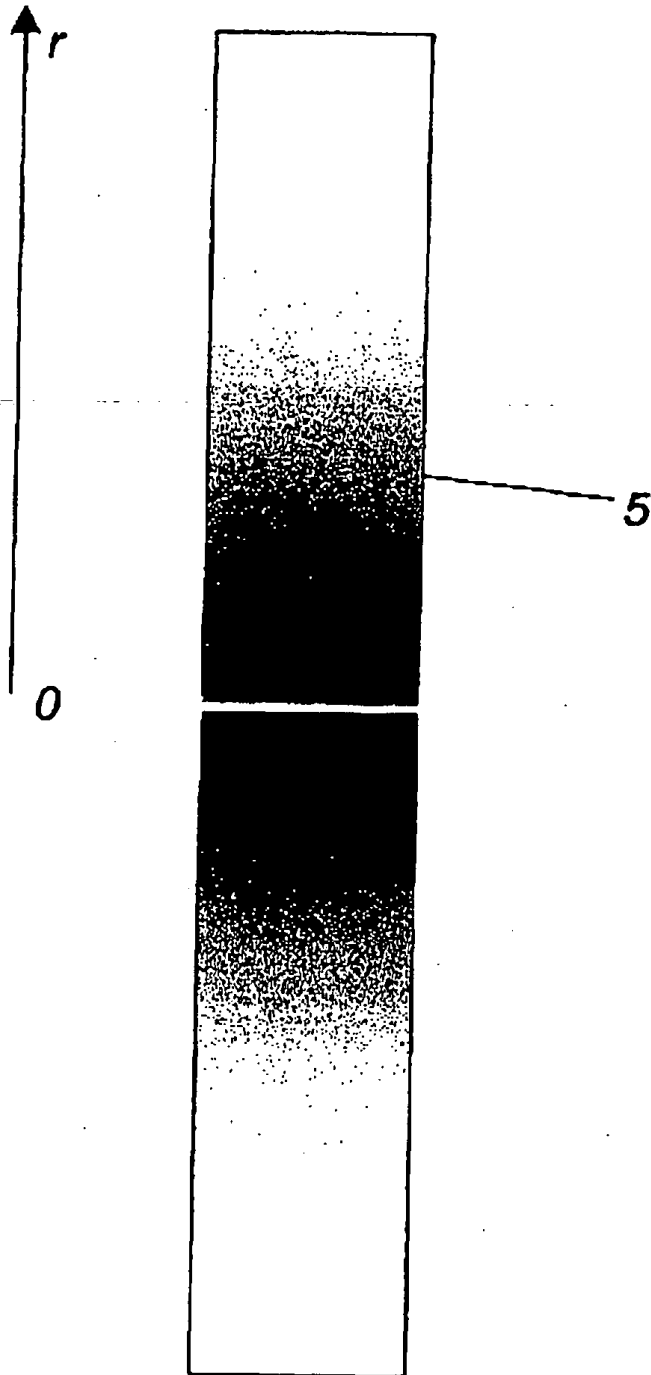


Fig. 2b

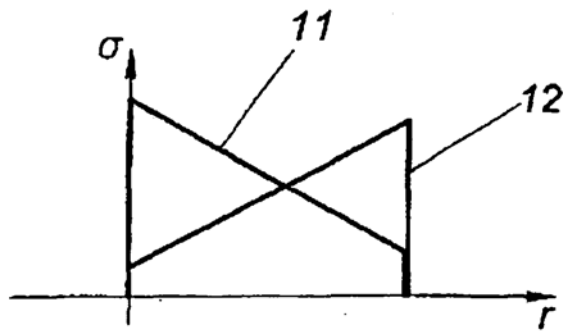


Fig. 2c

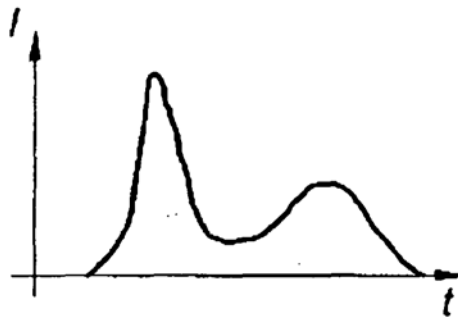


Fig. 2d

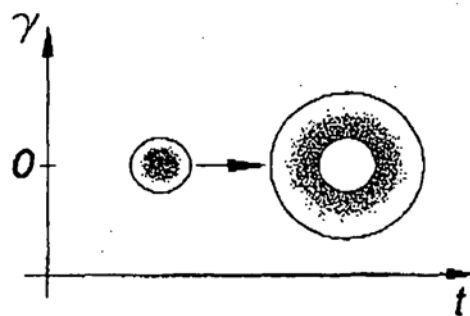


Fig. 3a

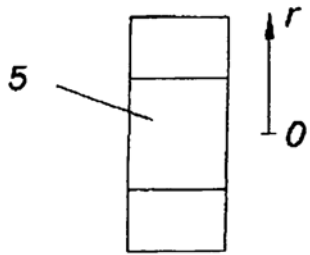


Fig. 3b

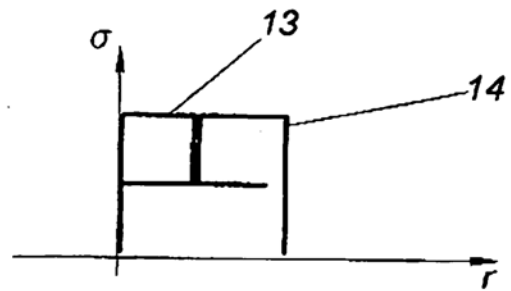


Fig. 3c

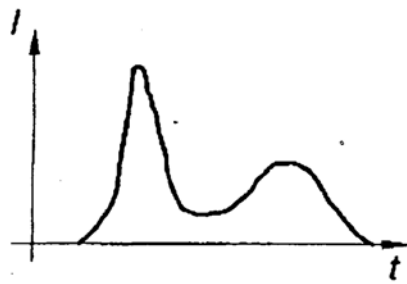


Fig. 3d

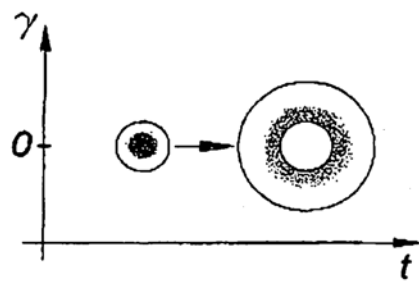
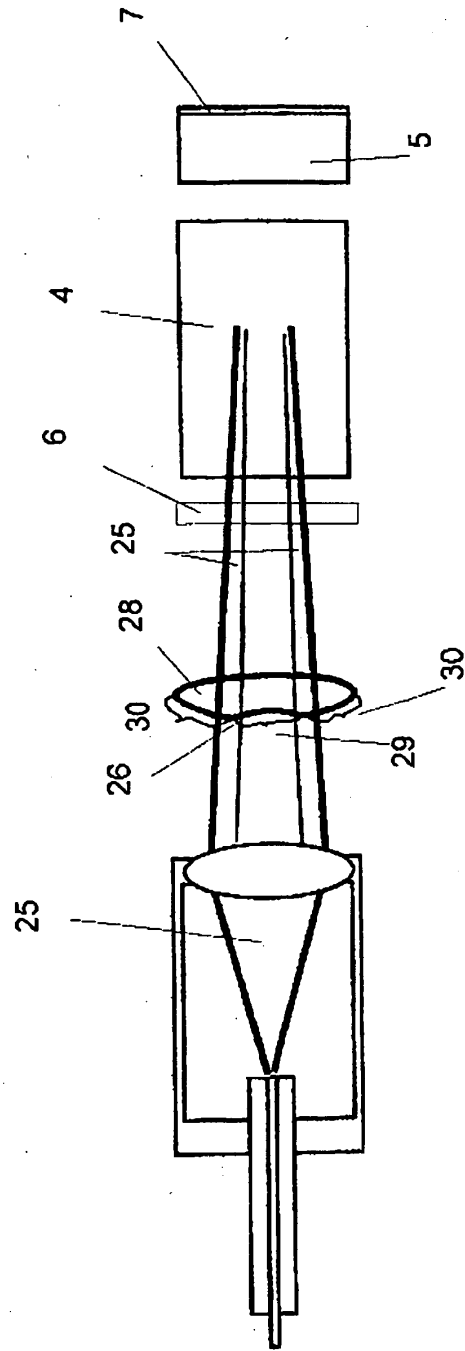


Fig. 4



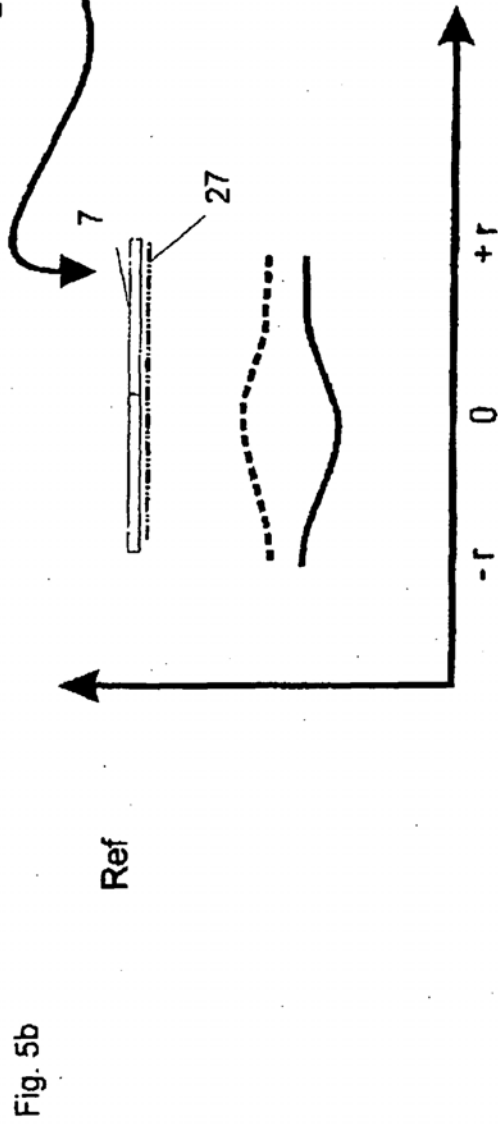
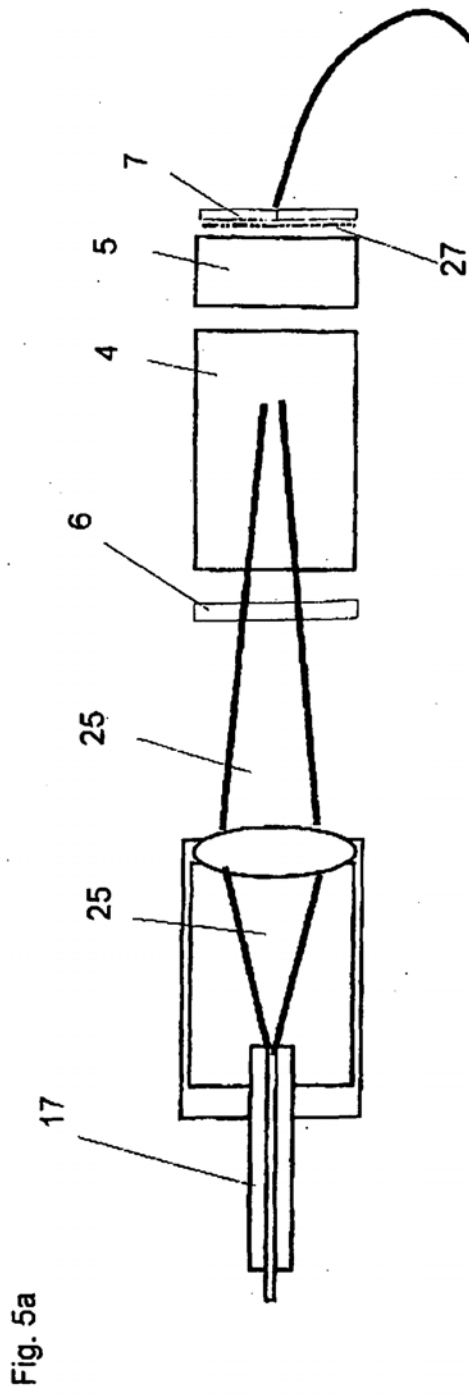


Fig. 6a

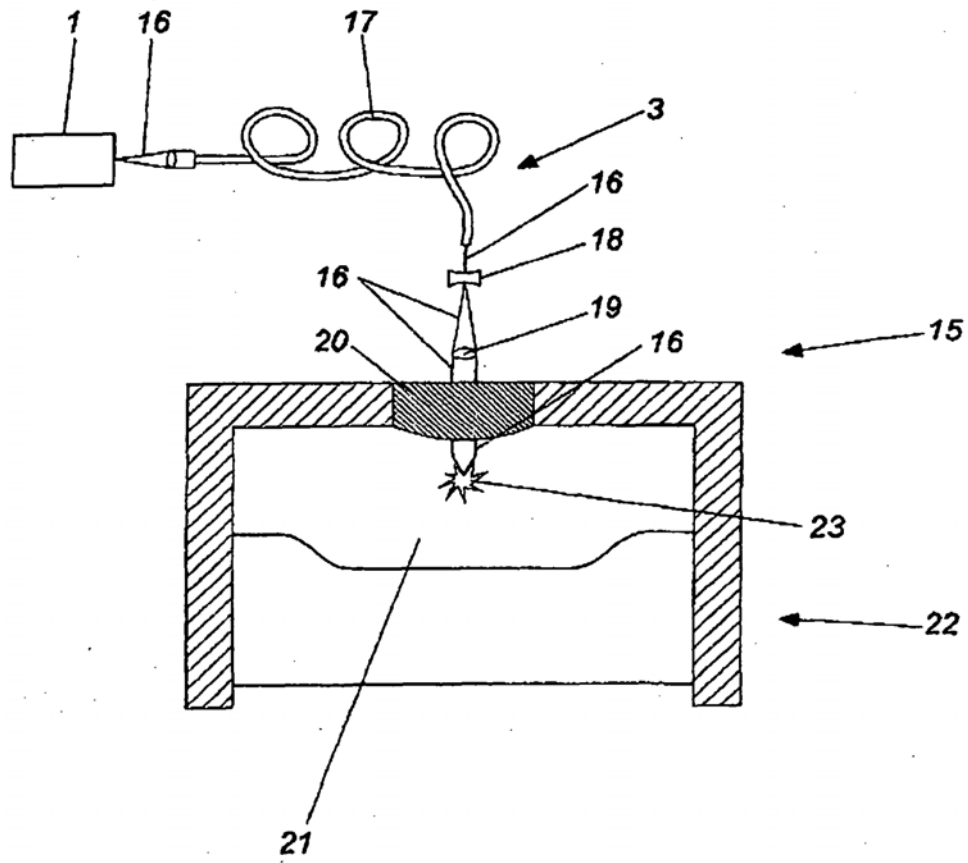


Fig. 6b

