

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 596**

51 Int. Cl.:
F02C 7/264 (2006.01)
F02P 23/04 (2006.01)
H05H 1/22 (2006.01)
H01S 3/0941 (2006.01)
F23Q 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06291930 .3**
96 Fecha de presentación: **14.12.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1798397**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.06.2007**

54 Título: **SISTEMA DE ENCENDIDO LÁSER.**

30 Prioridad:
14.12.2005 FR 0512688
05.04.2006 FR 0603013

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
05.01.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
05.01.2012

73 Titular/es:
Meggitt (France)
10 rue Mercœur
75011 Paris, FR

72 Inventor/es:
Gaborel, Gaël;
El-Rabii, Hazem;
Lapios, Jean-Paul y
De La Bardonnie, Jean

74 Agente: **Curell Aguilá, Mireya**

ES 2 371 596 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

Sistema de encendido láser.

5 La presente invención se refiere a un sistema de encendido láser para turbomáquina aeronáutica e industrial.

En particular, la invención se refiere a un sistema de encendido láser de un carburante pulverizado en una cámara de combustión, comprendiendo el sistema una fuente láser adaptada para generar un haz láser, una fibra óptica apropiada para transmitir el haz láser generado en la cámara de combustión y unos medios de acoplamiento de la fuente láser con la fibra óptica.

10 Son conocidos unos sistemas de encendido en los que una caja de encendido genera una descarga eléctrica transmitida por medio de un conductor eléctrico hacia una bujía constituida por dos electrodos entre los cuales se forma una chispa.

15 Sin embargo, estos sistemas de encendido no permiten encender unas mezclas pobres y presentan unos problemas de mantenimiento de la combustión o de reencendido en vuelo. Además, estos sistemas de encendido necesitan numerosos trabajos de mantenimiento.

20 Por otra parte, son conocidos unos sistemas de encendido láser por descarga eléctrica resonante, en particular a partir de los documentos WO 98/11388 y EP 0 290 154, en los que se enfoca un haz láser en una cámara de combustión hasta que la densidad de potencia de la radiación del haz láser genera la creación de un plasma y provoca la inflamación de gotas de carburante.

25 Sin embargo, estos sistemas de encendido son frágiles y tienen un rendimiento bajo.

La invención tiene por objeto un sistema de encendido láser adaptado para suministrar unas potencias elevadas y apropiadas para soportar unas condiciones de presión, vibración y temperatura importantes en particular relacionadas con una utilización en unas turbomáquinas aeronáuticas.

30 Con este fin, la invención tiene por objeto un sistema de encendido láser del tipo citado, caracterizado porque los medios de acoplamiento comprenden:

- 35 - una lente de acoplamiento apropiada para enfocar el haz láser en un punto focal situado corriente arriba de la fibra óptica;
- un conector de conexión de la fuente láser con la fibra óptica;
- 40 - unos medios de sostenimiento rectilíneos de una porción de entrada de la fibra óptica dispuestos corriente abajo del conector y que se extienden en una distancia previamente definida de la fibra óptica.

Según unos modos particulares de realización, el sistema de encendido láser comprende una o varias de las características siguientes:

- 45 - la lente de acoplamiento presenta una distancia focal comprendida entre 50 y 200 mm;
- los medios de sostenimiento rectilíneos de la fibra óptica se extienden en una distancia superior o igual a 20 cm para impedir la destrucción de la fibra óptica;
- 50 - los medios de acoplamiento de la fuente láser con la fibra óptica comprenden entre la fuente láser y la fibra óptica, una caja que contiene un gas que tiene un potencial de ionización superior al potencial de ionización del aire;
- la fuente láser es apropiada para producir un haz láser que tiene un perfil uniforme en campo próximo;
- 55 - el sistema de encendido comprende unos medios de acoplamiento de la fibra óptica con la cámara de combustión que comprenden por lo menos una lente convergente de colimación que presenta una distancia focal comprendida entre 30 y 400 mm;
- 60 - los medios del acoplamiento de la fibra óptica con la cámara de combustión comprenden además, corriente abajo de la lente de colimación, una lente de enfocado que presenta una distancia de enfocado comprendida entre 5 y 200 mm;
- la lente de enfocado es una lente de zafiro recubierta con una capa antirreflectante de óxido de silicio, estando el espesor de la capa de óxido de silicio definido a partir de la fórmula siguiente:
- 65

$$\text{Espesor de la capa de óxido de silicio} = \frac{m \times 0,25 \times \lambda}{n} \pm 50 \text{ nm}$$

- en la que:
- m es un número entero par;
 - λ es la longitud de onda del haz láser; y
 - n es el índice de refracción del óxido de silicio;

- 5
- la fuente láser es apropiada para generar un haz láser de potencia mínima igual a 20 mJ; y
 - los medios de acoplamiento de la fibra óptica con la cámara de combustión comprenden además una lente divergente dispuesta corriente abajo de la fibra óptica y corriente arriba de la lente de colimación, presentado la lente divergente una distancia focal comprendida entre -20 mm y -200 mm.
- 10

La invención se pondrá más claramente de manifiesto a partir de la descripción siguiente, dada únicamente a título de ejemplo y haciendo referencia a los planos, en los que:

- 15
- la figura 1 es una vista esquemática del sistema de encendido láser según la invención; y
 - la figura 2 es una vista esquemática en sección del sistema de encendido ilustrado en la figura 1, cuando está conectado a una cámara de combustión.

20 El sistema de encendido láser 2 según la invención está ilustrado en las figuras 1 y 2. Comprende una fuente láser 4 adaptada para generar un haz láser 6, y una fibra óptica 8 apropiada para transmitir el haz láser 6 en una cámara de combustión 10 de una turbomáquina aeronáutica o industrial.

25 De manera clásica, la cámara de combustión 10 comprende unos medios 11 de pulverización de gotas de carburante. El sistema de encendido láser 2 es apropiado para aplicar un haz láser de densidad de potencia elevada, es decir del orden de $10^{10} \text{ W.cm}^{-2}$ a $10^{12} \text{ W.cm}^{-2}$, a estas gotas de carburante para inflamarlas por descarga eléctrica no resonante.

30 La fuente láser 4 es del tipo Nd:Yag. Es apropiada para suministrar unos impulsos de potencia elevada que presentan un perfil uniforme en campo próximo. La potencia suministrada por la fuente láser es superior a 20 mJ y preferentemente superior a 50 mJ. A título de ejemplo, los impulsos láser suministrados presentan una longitud de onda igual a 1.064 nm, un diámetro de 4 mm y una potencia de 50 mJ para una duración de 6 ns.

35 La fibra óptica 8 es una fibra multimodo de diámetro de núcleo de 1 mm y de longitud comprendida entre 1 y 10 m.

La fibra óptica 8 está conectada a la fuente láser 4 por medio de una caja de acoplamiento hermética 12 fijada a una vaina rígida 16 con la ayuda de un conector 17.

40 La caja de acoplamiento 12 comprende una lente de acoplamiento 18 apropiada para enfocar el haz láser 6 procedente de la fuente láser 4 en un punto focal 20 situado corriente arriba de la entrada 22 de la fibra óptica para cubrir uniformemente el núcleo de la fibra óptica 8.

La lente de acoplamiento 18 es una lente convergente de distancia focal igual a 100 mm.

45 La caja de acoplamiento 12 está fijada herméticamente a la fuente láser 4. Contiene un gas que tiene un potencial de ionización superior al potencial de ionización del aire, tal como el helio.

50 La vaina rígida 16 está montada sobre la fibra óptica 8 y está fijada al conector 17. La misma se prolonga más allá del conector 17. La vaina es apropiada para mantener rectilínea y recta una porción de entrada 23 de la fibra óptica situada por el lado de entrada de la fibra óptica, para impedir una reflexión incontrolada del haz láser 6 en esta porción 23 de la fibra óptica y evitar los riesgos de descarga eléctrica de la fibra óptica. Esta vaina rígida 16 está constituida por un enmallado de hilo metálico o por un tubo rígido que se extiende en una longitud por lo menos igual a 20 cm y preferentemente en una longitud comprendida entre 20 cm y 50 cm.

55 El conector 17 es un conector conocido, por ejemplo un conector de estándar SMA. Realiza la conexión entre la fibra óptica 8 y la caja de acoplamiento 12. El conector 17 se extiende a lo largo de la fibra óptica en una longitud de 3 cm.

60 El sistema de encendido láser 2 comprende asimismo un conector de salida 24 fijado a la salida 26 de la fibra óptica 8 por medio de un conector 25 de estándar SMA.

El conector de salida 24 es apropiado para roscarse directamente sobre la cámara de combustión 10 de la turbomáquina alrededor de una abertura 27 de paso del haz láser 6. El conector de salida 24 soporta una lente de colimación 28 dispuesta corriente arriba de una lente de enfocado 30.

ES 2 371 596 T3

Se denomina asimismo bujía óptica por analogía con las bujías eléctricas utilizadas tradicionalmente.

5 La lente de colimación 28 presenta una distancia focal de 75 mm y está por tanto dispuesta a 75 mm de la salida 26 de la fibra óptica con el fin de obtener un haz paralelo.

La lente de enfocado 30 enfoca el haz láser 6 en un punto focal 32 situado en la cámara de combustión 10. La misma presenta una distancia de enfocado igual a 20 mm.

10 La relación entre la distancia focal de la lente de enfocado 30 y la distancia focal de la lente de colimación 28 determina el tamaño del punto focal en la cámara de combustión y por consiguiente, la potencia de cresta necesaria para obtener una descarga eléctrica sobre una mezcla aire/carburante.

15 La lente de enfocado 30 está fijada a la pared extrema del conector de salida 24, de manera que reemplaza la claraboya de zafiro que está montada generalmente sobre la abertura 27 de la cámara de combustión 10.

Con este fin, esta lente 30 es una lente de zafiro de manera que es capaz de resistir la temperatura de la cámara de combustión 10.

20 Como el índice de refracción del zafiro es elevado, la lente de enfocado 30 está recubierta por una capa antirreflejante de óxido de silicio. El espesor de la capa de óxido de silicio se define a partir de la fórmula siguiente:

$$\text{Espesor de la capa de óxido de silicio} = \frac{m \times 0,25 \times \lambda}{n} \pm 50 \text{ nm}$$

25 en la que: - m es un número entero par;
- λ es la longitud de onda del haz láser; y
- n es el índice de refracción del óxido de silicio;

30 Como variante, una fuente láser 4 del tipo con cavidad denominada estable o de cavidad denominada GRM (cavidad inestable con espejo de reflectibilidad variable) se utiliza en el sistema de encendido 2.

35 Asimismo como variante, la fuente láser 4 de tipo amplificador con fibras multimodos MOPA (Master Oscillator Power Amplifier) se utiliza en el sistema de encendido 2. Este tipo de fuente láser se basa en la amplificación en una fibra óptica de un impulso generado por un diodo láser. Estas fuentes láser utilizan unas fibras ópticas de pequeña abertura digital de manera que solamente se amplifican los modos muy poco divergentes de la fibra óptica.

Como variante, una lente de acoplamiento 18 que presenta una distancia focal comprendida entre 50 y 200 mm, o preferentemente entre 100 y 150 mm está montada en la caja de acoplamiento 12.

40 Como variante, la lente de colimación 28 presenta una distancia focal comprendida entre 30 y 400 mm o preferentemente entre 80 y 150 mm.

Como variante, la lente de enfocado 30 presenta una distancia de enfocado comprendida entre 5 y 200 mm o preferentemente entre 8 y 80 mm.

45 Ventajosamente, la fibra se mantiene recta mediante una vaina rígida 16 con el fin de evitar las curvaturas de ésta en las primeras decenas de centímetros, puesto que la utilización de una lente de enfocado 18 de larga distancia focal incrementa los riesgos de inflamación y de destrucción de la fibra óptica 8 si no se mantiene recta.

50 Ventajosamente, la gran distancia focal de la lente de acoplamiento 18 permite reducir el tamaño del punto focal 20 y reducir los riesgos de descarga eléctrica (creación de chispas) corriente arriba de la cara de entrada 22 de la fibra óptica.

55 Además, la gran distancia focal de la lente de acoplamiento 18 permite obtener un haz de pequeña abertura digital en la entrada 22 de la fibra óptica 8 de manera que el número de modos de propagación del haz láser 6 en el interior de la fibra óptica es bajo.

60 En consecuencia, el haz láser 6 presenta una buena calidad espacial a la salida 26 de la fibra óptica. Gracias al bajo número de modos de propagación del haz láser 6 en la fibra óptica 8 y a la pequeña longitud de ésta, la divergencia del haz láser 6 a la salida 26 de la fibra óptica es mucho más pequeña que la abertura digital de la fibra óptica.

Ventajosamente, la divergencia del haz láser 6 a la salida 26 de la fibra óptica 8 es mucho más pequeña que la abertura digital de la fibra óptica 8, de manera que la lente de colimación 28 puede presentar una larga distancia focal para un diámetro limitado.

ES 2 371 596 T3

Como el diámetro del punto de enfocado 32 en la cámara de combustión 10 es proporcional a la relación entre la distancia focal de la lente 30 y la distancia focal de la lente 28, la larga distancia focal de la lente 28 permite un diámetro del punto de enfocado más pequeño. En consecuencia, se reduce la potencia máxima necesaria para obtener una descarga eléctrica sobre una mezcla aire/carburante.

5 Como variante, la lente de enfocado 30 presenta un perfil esférico y una distancia de enfocado igual a 8 mm. Esta lente de enfocado 30 esférica se utiliza cuando las distancias de enfocado son inferiores a 20 mm con el fin de mejorar la relación distancia de enfocado/distancia de colimación.

10 Como variante, la lente de colimación 28 está reemplazada por un sistema de colimación constituido por una lente divergente y por una lente convergente. La lente divergente está dispuesta corriente abajo de la fibra óptica. La misma presenta una distancia focal comprendida entre -10 mm y -100 mm y preferentemente es igual a -10 mm. La lente convergente está dispuesta corriente abajo de la lente divergente. La misma presenta una distancia focal comprendida entre 20 mm y 200 mm y es preferentemente igual a 50 mm. Las dos lentes están separadas por una distancia comprendida entre 20 mm y 100 mm y es preferentemente igual a 40 mm. Este sistema de colimación telescópico permite reducir considerablemente la distancia de colimación y es por consiguiente muy ventajoso en el caso de los haces muy poco divergentes a la salida de las fibras ópticas.

20 Ventajosamente, la lente de enfocado 30 sirve para enfocar un haz láser y además, sirve de claraboya entre la bujía y la cámara de combustión 10.

Ventajosamente, una larga distancia de enfocado de la lente 30 permite, para un mismo tamaño de punto focal 32, enfocar a una mayor distancia en el interior de la cámara de combustión 10.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de un encendido láser (2) de un carburante pulverizado en una cámara de combustión (10), comprendiendo el sistema:

- una fuente láser (4) para generar un haz láser (6);
- una fibra óptica (8) apropiada para transmitir el haz láser generado (6) en la cámara de combustión (10);
- unos medios de acoplamiento (12, 16, 17, 18) de la fuente láser (4) a la fibra óptica (8);

comprendiendo los medios de acoplamiento (12, 16, 17, 18):

- una lente de acoplamiento (18);
- un conector (17) de conexión de la fuente láser (4) a la fibra óptica (8); y
- unos medios (16) de sostenimiento rectilíneos de una porción de entrada (23) de la fibra óptica (8) dispuestos corriente abajo del conector (17) y que se extienden en una distancia previamente definida de la fibra óptica (8);

caracterizado porque la lente de acoplamiento (18) es apropiada para enfocar el haz láser (6) en un punto focal (20) situado corriente arriba de la fibra óptica (8).

2. Sistema de encendido láser (2) según la reivindicación 1, caracterizado porque la lente de acoplamiento (18) presenta una distancia focal comprendida entre 50 y 200 mm.

3. Sistema de encendido láser (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los medios de sostenimiento rectilíneos (16) de la fibra óptica (8) se extienden en una distancia superior o igual a 20 cm para impedir la destrucción de la fibra óptica (8).

4. Sistema de encendido láser (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los medios de acoplamiento (12, 16, 17, 18) de la fuente láser (4) con la fibra óptica (8) comprenden entre la fuente láser (4) y la fibra óptica (8), una caja (12) que contiene un gas que tiene un potencial de ionización superior al potencial de ionización del aire.

5. Sistema de encendido láser (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la fuente láser (4) es apropiada para producir un haz láser (6) que tiene un perfil uniforme en campo próximo.

6. Sistema de encendido láser (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque comprende unos medios de acoplamiento (24, 28, 30) de la fibra óptica (8) con la cámara de combustión (10) que comprenden por lo menos una lente convergente de colimación (28) que presenta una distancia focal comprendida entre 30 y 400 mm.

7. Sistema de encendido según la reivindicación 6, caracterizado porque los medios de acoplamiento (24, 28, 30) de la fibra óptica (8) con la cámara de combustión (10) comprenden además, corriente abajo de la lente de colimación (28), una lente de enfocado (30) que presenta una distancia de enfocado comprendida entre 5 y 200 mm.

8. Sistema de encendido según la reivindicación 7, caracterizado porque la lente de enfocado (30) es una lente de zafiro recubierta con una capa anti reflectante de óxido de silicio, estando el espesor de la capa de óxido de silicio definido a partir de la fórmula siguiente:

$$\text{Espesor de la capa de óxido de silicio} = \frac{m \times 0,25 \times \lambda}{n} \pm 50 \text{ nm}$$

- en la que:
- m es un número entero par;
 - λ es la longitud de onda del haz láser; y
 - n es el índice de refracción del óxido de silicio;

9. Sistema de encendido láser (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la fuente láser es apropiada para generar un haz láser (6) de potencia mínima igual a 20 mJ.

10. Sistema de encendido láser (2) según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizado porque los medios de acoplamiento (24, 28, 30) de la fibra óptica (8) con la cámara de combustión (10) comprenden además una lente divergente dispuesta corriente abajo de la fibra óptica (8) y corriente arriba de la lente de colimación (28), presentando la lente divergente una distancia focal comprendida entre -20 mm y -200 mm.

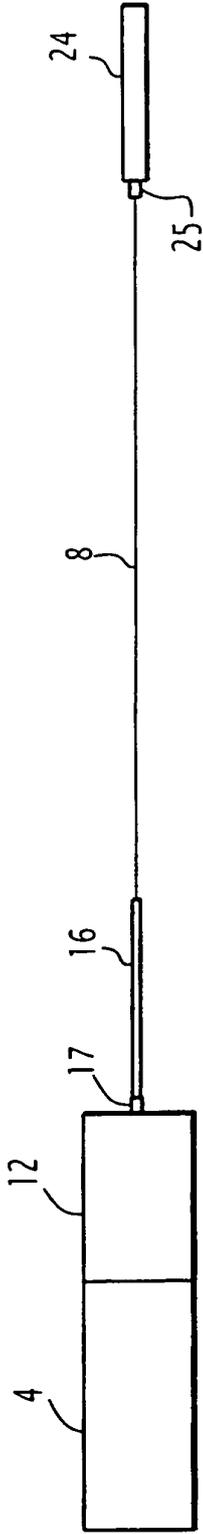


FIG. 1

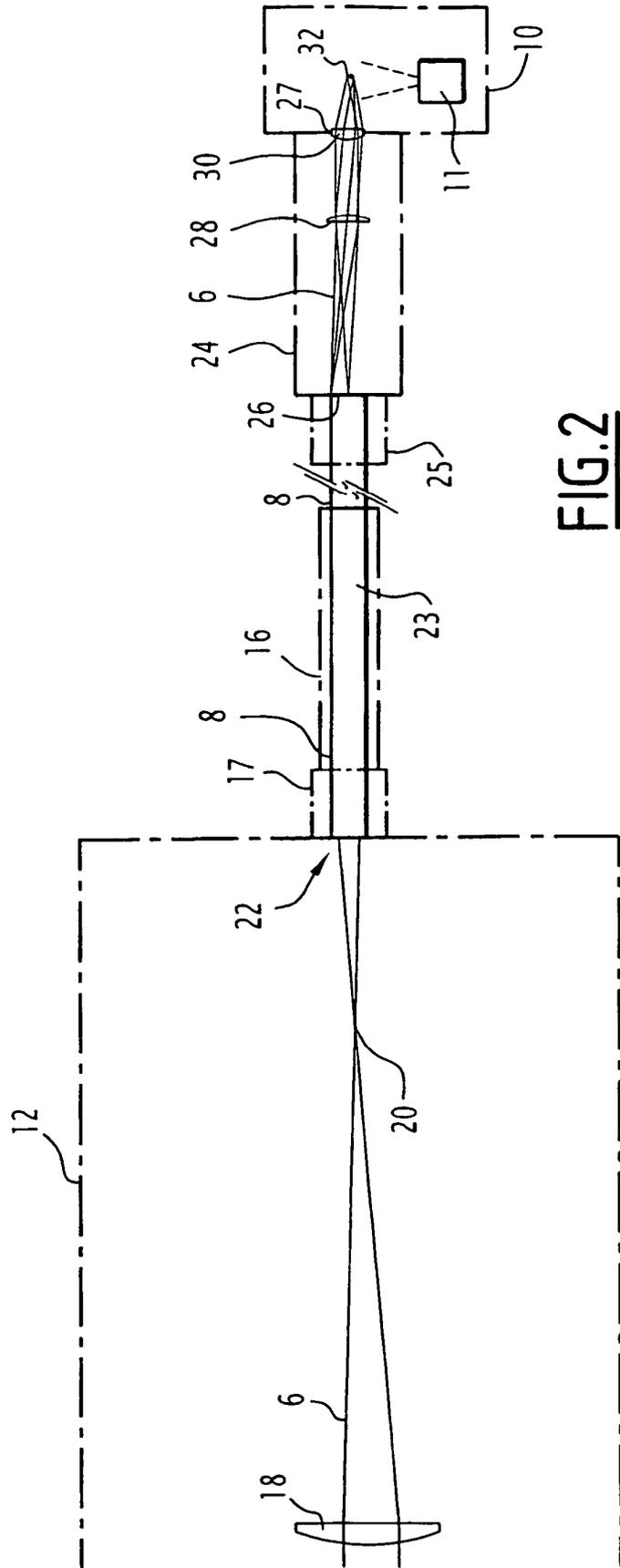


FIG. 2