

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 658 750**

51 Int. Cl.:

**G02B 27/09** (2006.01)

**H01S 3/00** (2006.01)

**B23K 26/06** (2014.01)

**H01S 5/40** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.10.2014 PCT/FR2014/052642**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.04.2015 WO15059388**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.10.2014 E 14796824 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.12.2017 EP 3060957**

54 Título: **Aparato láser modular**

30 Prioridad:  
**21.10.2013 FR 1360222**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.03.2018**

73 Titular/es:  
**SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE (100.0%)  
18, Avenue d'Alsace  
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:  
**DUBOST, BRICE;  
MIMOUN, EMMANUEL y  
SCHWEITZER, JEAN-PHILIPPE**

74 Agente/Representante:  
**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 658 750 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).

## DESCRIPCION

## Aparato láser modular

La presente invención se refiere a un aparato para recocido, por láser, de sustratos de gran anchura, formado por una pluralidad de módulos láser que se pueden yuxtaponer sin limitación particular.

- 5 Se conoce cómo realizar un recocido, por láser local y rápido (calentamiento por láser flash), de revestimientos depositados sobre sustratos planos. Para ello se hace pasar el sustrato con el revestimiento a recocer bajo una línea láser, o una línea láser se hace pasar sobre el sustrato que lleva el revestimiento.

10 El recocido por láser permite calentar revestimientos delgados a altas temperaturas, del orden de varios centenares de grados, aunque se preserva el sustrato subyacente. Las velocidades de desplazamiento son, por supuesto, preferiblemente las más altas posibles, convenientemente al menos varios metros por minuto.

La presente invención se refiere particularmente a láseres que utilizan diodos láser. Éstos son actualmente las fuentes láser más interesantes desde el punto de vista de su precio y potencia.

15 Con el fin de obtener las potencias lineales requeridas para implementar un procedimiento con alta velocidad de desplazamiento, es deseable concentrar la radiación de un gran número de diodos láser en una sola línea láser. A nivel del sustrato que lleva el revestimiento a recocer, la densidad de potencia de esta línea láser debe ser generalmente lo más uniforme posible, con el fin de exponer todos los puntos del sustrato a la misma energía de recocido.

20 Por otra parte sería deseable poder tratar, a gran velocidad, sustratos de gran anchura tales como las hojas de vidrio planas de tamaño "jumbo" (6 m x 3,21 m) que provienen de los procesos de flotación. La problemática para obtener líneas láser muy largas es la realización de un sistema de yuxtaposición de módulos laser que permite el alargamiento de la longitud de la línea a voluntad, sin tener que fabricar ópticas monolíticas tan largas como la línea misma.

25 Ya se han previsto aparatos láser modulares. Así, la patente de EE. UU. 6 717 105 describe un aparato láser modular de diseño muy simple. En este aparato láser, cada módulo (oscilador láser 1a, 1b, 1c) genera un rayo láser que, después de la conformación, se refleja por un espejo (4a, 4b, 4c) y se proyecta, en forma de una línea láser, con un ángulo recto sobre el sustrato (5). Los medios de conformación (3a, 3b, 3c) del rayo láser se diseñan para formar, en la intersección con el sustrato, una línea láser que presenta un perfil de densidad de potencia que tiene la forma de un "sombrero de copa" (en inglés *top-hat*) con una parte central muy extensa en la que la densidad de potencia es alta y constante y, en ambos lados de esta meseta, flancos descendientes de gran pendiente (ver la figura 5 del documento US 6 717 105). Los perfiles se combinan por superposición de los flancos en pendiente para crear una sola línea combinada con una distribución de densidad de potencia lo más uniforme posible.

30 Sin embargo, los módulos láser que generan este tipo de línea láser con perfil de "sombrero de copa" son muy sensibles a posibles errores de posicionamiento de los módulos entre sí. En efecto, la gran inclinación de las pendientes en las zonas laterales superpuestas hace que una separación demasiado importante de los módulos conduzca fácilmente a una falta de densidad de potencia en la unión y, por el contrario, los módulos demasiado próximos entre sí conducirían a zonas de unión en las que la densidad de potencia es excesivamente alta.

35 El solicitante ha descubierto que es posible disminuir significativamente la sensibilidad de un aparato láser modular a errores en la colocación respectiva de los módulos láser al dotar a los módulos del aparato de un sistema óptico, de conformación de la línea láser, basado en microlentes que no crea un perfil de densidad de potencia de tipo "sombrero de copa", generalmente investigado en la técnica más reciente, sino un perfil de tipo "sombrero puntiagudo", es decir, un perfil que se acerca a un triángulo, con una pendiente que disminuye constantemente desde el centro a los extremos.

40 El documento WO 2007122061 describe un aparato láser con dos módulos láser que generan cada uno una línea láser en un plano de trabajo. Un módulo comprende un emisor láser, una primera y segunda alineación de microlentes convergentes en una dirección y una lente convergente en la dirección ortogonal. Los perfiles de densidad de potencia emitidos de un módulo se superponen en el plano de trabajo. Todos esos perfiles de los módulos láser se yuxtaponen en el plano de trabajo.

La presente invención tiene por objeto un aparato láser como el definido en la reivindicación 1.

45 Por tanto, en contraste con la técnica más reciente, en la presente invención no se pretende fabricar módulos láser que emiten cada uno una línea de láser con un perfil de densidad de potencia que comprende una meseta de potencia útil lo más amplia posible. Por el contrario, se pretende disminuir la extensión de la zona central de alta potencia ( $L_{90}$ ) a menos del 20%, preferiblemente a menos del 50% y en particular a menos del 10% de la longitud total de la línea láser del módulo, y también reducir el valor de la pendiente en ambos lados de la zona de máxima potencia. En efecto, cuanto menor es la pendiente de los dos flancos del perfil de densidad de potencia emitido por cada módulo, menos afectará un error de posicionamiento de los módulos al perfil de densidad de potencia

combinado formado por la alineación de los módulos. La forma ideal del perfil de potencia de una línea generada por cada módulo es, por tanto, el triángulo que tiene una altura ( $h$ ) igual a la potencia máxima y una base ( $b$ ) igual a la longitud de la línea láser.

5 Idealmente, la pendiente de los flancos del perfil de densidad de potencia es, por tanto, igual a la de este triángulo ( $2h/b$ ).

Sin embargo, el perfil real de densidad de potencia puede desviarse ligeramente de la forma triangular estricta.

Preferiblemente, la línea láser final generada por cada módulo láser tiene, en el plano de trabajo, un perfil de densidad de potencia con un máximo de densidad de potencia situado en el centro de la línea láser, y una disminución regular de la densidad de potencia desde el centro hacia los extremos de la línea, desviándose la pendiente de la disminución a lo sumo 20%, preferiblemente a lo sumo 10%, de la pendiente de un perfil perfectamente triangular de la misma  $L_{10}$  y  $L_{90}$ . La expresión "pendiente de la disminución" indica en esta memoria la pendiente media observada a través de una longitud igual a  $1/50$  de la longitud de la línea láser.

15 Los módulos de láser se yuxtaponen para que el perfil de densidad de potencia de la línea láser combinada, que resulta de la suma del conjunto de todos los perfiles de densidad de potencia individuales, sea un perfil en forma de sombrero de copa (top-hat) con una zona central que representa al menos 90% de la longitud total de la línea láser combinada del aparato, en donde la densidad de potencia varía a lo sumo 10%, preferiblemente a lo sumo 5% y, de manera particularmente conveniente, a lo sumo 1 %.

20 La pequeña anchura de la zona de potencia útil ( $L_{90}$ ) de los perfiles triangulares de cada módulo se compensa en el aparato de la presente invención por un solapamiento muy grande de las líneas láser individuales generadas por dos módulos adyacentes.

En efecto, para llegar a producir un perfil combinado de tipo sombrero de copa a partir de los perfiles individuales triangulares de tipo "sombrero puntiagudo", es indispensable que casi la totalidad de los puntos del perfil final resulte de la adición de al menos dos perfiles individuales que se superponen parcialmente.

25 En una realización preferida de la presente invención, los módulos láser se yuxtaponen de tal manera que cada extremo de una línea láser generada por un módulo láser se sitúa muy cerca del centro de la línea láser generada por el módulo adyacente. Por tanto, en la parte central del perfil combinado en donde la densidad de potencia es constante, cada punto de la línea láser forma parte preferiblemente de dos perfiles láser triangulares generados respectivamente por dos módulos láser diferentes adyacentes entre sí.

30 Esta manera de combinar perfiles es muy diferente a la utilizada en la técnica más reciente en la que generalmente se busca generar y combinar varios perfiles individuales de tipo "sombrero de copa", y en donde las zonas de superposición de los perfiles individuales no representan normalmente más de un pequeño porcentaje de la longitud total de la línea láser.

35 En un modo de realización del aparato de la presente invención en la que  $n$  módulos, que generan cada uno una línea láser de longitud  $L_i$  con un perfil de densidad de potencia de forma sustancialmente triangular, se yuxtaponen para formar una línea única de tipo "sombrero de copa" (ver figura 2), la longitud global ( $L_g$ ) de esta única línea es igual a

$$L_g = (n+1) \times 0,5 L_i.$$

Por tanto, la longitud global  $L_g$  es preferiblemente igual a un múltiplo de la semi-longitud de la línea láser generada por cada módulo de forma individual.

40 En la técnica más reciente se conocen sistemas de lentes que permiten proporcionar a las líneas láser un perfil de densidad de potencia de tipo sombrero de copa. Tal sistema se describe, por ejemplo, en la solicitud de patente US 2012/0127723. Comprende una primera red (4) de microlentes combinada con lentes convergentes (5) de mayor tamaño que reciben cada una la luz de varias microlentes. En el plano focal (8), cada lente convergente crea un perfil de densidad de potencia (9) en forma de sombrero de copa con una parte central relativamente ancha y flancos descendentes (10) que tienen una pendiente relativamente pronunciada.

45 En la presente invención, el conjunto de microlentes que permite obtener una línea láser de perfil triangular se coloca en el plano focal de una lente convergente que forma un perfil de densidad de potencia de tipo sombrero de copa. El conjunto de microlentes comprende una alineación de  $N$  microlentes cilíndricas de una longitud focal  $D$ .

50 Como se explicará a continuación con referencia a la figura 1, el perfil de densidad de potencia de la línea láser conformada por esta alineación de microlentes varía con la distancia respecto al conjunto de microlentes. En las inmediaciones de la alineación de microlentes es de tipo sombrero de copa. Su forma se vuelve más y más triangular a medida que se aleja de la alineación.

La distancia ( $D$ ) exacta en la que tiene la forma de un triángulo puede calcularse, de manera conocida, en virtud de la siguiente fórmula:

$$D = N \times F$$

en donde

N indica el número de microlentes, y

F indica la longitud focal de cada microlente,

- 5 con la condición de que el tamaño del conjunto de microlentes sea despreciable con respecto a la distancia entre el conjunto de microlentes y la lente convergente que forma el perfil de densidad de potencia en sombrero de copa.

Convenientemente, el plano de trabajo (sustrato) se colocará a una distancia igual a  $D \pm 15\%$ , preferiblemente a  $D \pm 5\%$ , e idealmente de forma precisa a una distancia D con respecto a la alineación de microlentes.

- 10 Por supuesto, es posible y fácil para el experto en la técnica elegir, usando la fórmula anterior, una alineación de microlentes apropiada para obtener un perfil de densidad de potencia triangular a una distancia D determinada.

El aparato láser modular de la presente invención comprende preferiblemente al menos 5 módulos, en particular al menos 10 módulos.

Los módulos láser se yuxtaponen convenientemente para que las líneas láser generadas se combinen en una sola línea láser de una longitud total superior a 1,2 m, preferiblemente superior a 2 m, en particular superior a 3 m.

- 15 Bajo la perspectiva del tratamiento por láser de sustratos de tipo "jumbo" que tienen una anchura de 3,21 m, la parte central de la línea láser en donde la densidad de potencia es sustancialmente constante tiene preferiblemente una longitud comprendida entre 3,20 y 3,22 m.

- 20 Por otra parte, los módulos láser se ensamblan y montan en el aparato láser para que las líneas láser generadas corten el sustrato, o plano de trabajo, preferiblemente en un ángulo pequeño, normalmente inferior a  $20^\circ$ , preferiblemente inferior a  $10^\circ$  con respecto a la normal del sustrato. El aparato puede diseñarse para que los módulos láser estén fijos, desplazándose el sustrato por debajo o por encima de la alineación de módulos, generalmente en una dirección perpendicular al eje principal de la línea láser. Como una variante, el aparato puede diseñarse para que el sustrato esté fijo y la alineación de módulos láser se desplace por encima o por debajo del sustrato proyectando la línea láser en el mismo.

- 25 Ahora se describirá la invención con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

la figura 1 es un esquema explicativo que representa un sistema óptico que permite la obtención de una línea láser que presenta un perfil de densidad de potencia de forma triangular, y

la figura 2 es un esquema explicativo que muestra la manera de combinar varios perfiles de densidad de potencia de forma triangular para obtener un perfil combinado de tipo sombrero de copa.

- 30 En la figura 1, la combinación de una alineación de microlentes 1 y de una lente convergente 2 da como resultado, en el plano focal 4 de esta última, una línea de láser que presenta un perfil A de densidad de potencia de tipo sombrero de copa. Una segunda alineación de microlentes 3 se coloca de forma precisa en el plano focal 4 de la lente convergente 2. Cada una de las microlentes de la alineación 3 produce un haz en principio convergente, después divergente más allá del punto focal. Los haces de las dos microlentes en los extremos de la alineación de microlentes se cruzan en el punto 5. Este punto de cruce 5 de los dos haces más externos de la línea láser se sitúa en la línea recta 6, paralela a la alineación de microlentes 3, en donde el perfil de densidad de potencia de la línea láser tendrá el perfil triangular B. Esta línea recta 6 se encuentra a una distancia D con respecto a la alineación de microlentes 3. El sustrato a tratar (no representado) deberá colocarse de modo que la línea recta 6 se sitúe en el plano de éste. A una distancia D' mayor que D, la forma del perfil C de densidad de potencia se aproximará de nuevo a la de un sombrero de copa.
- 35
- 40

- El medio para dar forma a la línea láser, que comprende una primera alineación de microlentes 1, una lente convergente 2 y una segunda alineación de microlentes 3 colocada en el plano focal de la lente convergente 2, protege el sistema contra la falta de homogeneidad de intensidad de irradiación en el caso de fallo de una o varias fuentes láser individuales colocadas detrás de una o más de las microlentes de la alineación de microlentes 1. En efecto, la luz procedente del conjunto de las fuentes láser de un módulo se mezcla en la lente convergente 2, después le da forma el conjunto de microlentes 3. El fallo de un diodo de láser colocado detrás de una microlente de la primera alineación de microlentes dará como resultado una disminución de la potencia de la línea láser, pero no una falta de uniformidad de la intensidad.
- 45

- La figura 2 muestra los perfiles de densidad de potencia 1a, 1b, 1c, 1d de cuatro líneas láser generadas por cuatro módulos (no mostrados) yuxtaponidos de acuerdo con la presente invención. Los cuatro perfiles son de forma idéntica. Cada perfil presenta un máximo de densidad de potencia 2, una anchura  $L_{90}$  en el 90% de la densidad de potencia máxima, y una anchura  $L_{10}$  en el 10% de la densidad de potencia máxima. El perfil punteado 3 corresponde al perfil de densidad de potencia que resulta de la adición de los perfiles triangulares individuales. Este perfil tiene
- 50

## ES 2 658 750 T3

una forma de de tipo sombrero de copa. Los módulos láser (no mostrados) se colocan de modo que, en la parte de meseta del perfil global 3, cada uno de los puntos del perfil resulta de la adición de los perfiles de dos módulos láser adyacentes.

**REIVINDICACIONES**

1. Aparato láser que comprende varios módulos láser que generan cada uno una línea láser en un plano de trabajo, comprendiendo cada uno de los módulos de láser:

- al menos un medio para generar una línea láser; y

5 - un medio para dar forma a la línea láser,

comprendiendo dicho medio para dar forma a la línea laser

una primera alineación de microlentes (1), una lente convergente (2) y una segunda alineación de microlentes (3) colocada en el plano focal (4) de la lente convergente (2), de modo que la línea láser final generada por cada módulo láser presenta, en el plano de trabajo, un perfil de densidad de potencia con una anchura ( $L_{90}$ ) en el 90% de la densidad de potencia máxima y una anchura ( $L_{10}$ ) en el 10% de la densidad de potencia máxima, estando comprendida la relación  $L_{90}/L_{10}$  entre 1/15 y 1/5, y estando yuxtapuestos los módulos láser para que las líneas láser generadas por los módulos se combinen, en dicho plano de trabajo, en una sola línea láser de una longitud total superior a 1,2 m.

10 2. Aparato láser según la reivindicación 1, caracterizado por que la relación  $L_{90}/L_{10}$  está comprendida entre 1/12 y 1/7, preferiblemente entre 1/10 y 1/8.

20 3. Aparato láser según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que la línea láser final generada por cada módulo láser presenta, en el plano de trabajo, un perfil de densidad de potencia con un máximo de densidad de potencia situado en el centro de la línea láser y una disminución de la densidad de potencia desde el centro hacia los extremos de la línea, desviándose la pendiente de la disminución a lo sumo 20%, preferiblemente a lo sumo 10%, de la pendiente de un perfil perfectamente triangular de la misma  $L_{10}$  y  $L_{90}$ .

25 4. Aparato láser según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que los módulos láser se yuxtaponen de modo que el perfil de densidad de potencia de la línea láser combinada, que resulta de la suma del conjunto de los perfiles de densidad de potencia individuales, es un perfil en forma de sombrero de copa con una zona central que representa al menos 90% de la longitud total de la línea láser combinada del aparato en donde la densidad de potencia varía a lo sumo 10%, preferiblemente a lo sumo 5% y de manera particularmente conveniente a lo sumo 1 %.

5. Aparato láser según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que los módulos láser se yuxtaponen de tal manera que cada extremo de una línea de láser generada por un módulo láser está situado en las inmediaciones del centro de la línea láser generada por el módulo adyacente.

30 6. Aparato láser según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que comprende al menos 5 módulos, preferiblemente al menos 10 módulos.

7. Aparato láser según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que los módulos láser se yuxtaponen para que las líneas láser generadas por los módulos se combinen en una sola línea láser de una longitud total superior a 2 m, en particular superior a 3 m.

35

