



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 357 022**

51 Int. Cl.:

G02B 26/08 (2006.01)

G02B 5/08 (2006.01)

B23K 26/06 (2006.01)

B23K 26/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **99928820 .2**

96 Fecha de presentación : **21.06.1999**

97 Número de publicación de la solicitud: **1090321**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.04.2001**

54

Título: **Sistema de escaneo de láser acoplado por orificio.**

30

Prioridad: **24.06.1998 US 104273**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
15.04.2011

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
15.04.2011

73

Titular/es: **UTICA ENTERPRISES, Inc.**
13231 23 Mile Road
Shelby Township, Michigan 48315-2713, US

72

Inventor/es: **Macken, John, A.**

74

Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 357 022 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

Campo Técnico

La presente invención se refiere a un equipo de láser que utiliza óptica reflejante que puede tanto escanear un haz de láser como ajustar la trayectoria óptica para lograr una longitud focal variable del haz de láser.

5 Técnica Anterior

10 El sistema de escaneo de láser utiliza típicamente utiliza motores de galvanómetro para cambiar el ángulo de los espejos de escaneo. Normalmente, las direcciones X e Y son escaneadas por motores aparte. En muchas aplicaciones tales como de marcado o cortado, un haz de láser es escaneado sobre una pieza de trabajo. Para lograr una alta densidad de energía, el haz de láser se enfoca normalmente sobre esta pieza de trabajo. Se han desarrollado lentes de "campo plano" especializadas para lograr un buen foco sobre una superficie plana de la pieza de trabajo incluso con un ángulo de transmisión alto. Sin embargo, algunas aplicaciones requieren que el haz de láser pueda ser enfocado independientemente para adecuar una superficie contorneada. Normalmente, este enfoque se logra trasladando una o más lentes de un sistema óptico para lograr una distancia focal variable. Lastimosamente, los láseres de CO2 altamente energizados pueden producir una distorsión térmica en las lentes que incrementa el tamaño de la marca enfocada. Por lo tanto, es deseable utilizar componentes ópticos reflejantes para aplicaciones de láser de CO2 altamente energizados. La patente de EE. UU. N^o. 5,561,544 titulada "Sistema de Escaneo de Láser con óptica Reflejante", editada el 1 de octubre de 1996 por el mismo inventor que esta solicitud, representa un planteamiento anterior para resolver este problema. Esa patente revela un sistema de escaneo de haz de láser altamente energizado totalmente reflejante de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

25 En la patente 5,561,544 del solicitante se utiliza un espejo elíptico descentrado para enfocar el haz de láser sobre la pieza de trabajo. Un espejo elíptico descentrado tiene realmente dos puntos focales. En este caso, el punto focal está a una larga distancia de la elipse y se utiliza para el enfoque sobre la pieza de trabajo. El otro punto focal está próximo a la elipse y es interno al sistema óptico. Para separar los haces incidente y reflejado asociados con este espejo elíptico descentrado, hay típicamente un ángulo de 45° entre rayos procedentes del punto focal interno y que se dirigen al punto focal distante. Esta geometría descentrada introduce características menos deseables tales como la necesidad de una técnica de ajuste del enfoque que no introduce una traslación al punto focal externo o distante. Sin embargo, el inconveniente más significativo es el hecho de que la elipse descentrada 45° introduce astigmatismo en el haz de láser cuando hay un cambio sustancial en la longitud focal. Dicho de otra manera, el rango de ajuste de las distancias focales al foco externo es menor que el deseado. La presente invención supera este problema del ajuste focal y también utiliza menos espejos que la patente 5,561,544 del solicitante.

Revelación de la Invención

35 La presente invención es un sistema de escaneo de láser que utiliza óptica reflejante de acuerdo con la reivindicación 1. Un haz de láser es reflejado en un primer espejo cóncavo y devuelto hasta un foco en un primer punto focal (foco interno). Este haz de láser enfocado pasa a través de un pequeño orificio de un espejo. Seguidamente, el haz de láser se expande y se refleja en un segundo espejo cóncavo que, preferiblemente, es un espejo elíptico centrado. A continuación, el haz de láser invierte su sentido y retrocede hacia el espejo con un orificio. Cuando el haz de láser alcanza el espejo con orificio, el haz es mucho mayor que el pequeño orificio. 40 Seguidamente, el haz de láser se refleja predominantemente en el espejo con orificio pasando a través del orificio solamente un pequeño porcentaje del haz. Seguidamente, el haz de láser se refleja en uno o más espejos móviles que dirigen el haz de láser hacia la pieza de trabajo. El espejo con orificio puede ser uno de los espejos móviles que dirigen el haz. La distancia hasta el foco distante en la pieza de trabajo se puede ajustar trasladando el espejo elíptico centrado.

45 Consecuentemente, un objetivo de la presente invención es proponer un sistema de escaneo de un haz de láser de alta potencia totalmente reflejante mejorado con una longitud focal ajustable mejorada que incluye al menos un espejo de escaneo para dirigir angularmente una parte predeterminada de un haz de láser a lo largo de una trayectoria óptica hasta una pieza de trabajo. El sistema de escaneo tiene una primera superficie reflejante en la trayectoria óptica del haz de láser que se curva suficientemente para enfocar el haz de láser en un primer punto focal. El sistema tiene también al menos una segunda superficie reflejante en la trayectoria óptica que está espaciada del primer punto focal y es trasladable suficientemente en una dirección predeterminada para ajustar el foco del haz de láser en un segundo punto focal. El sistema tiene también una tercera superficie reflejante que está ópticamente entre la segunda superficie reflejante y el segundo punto focal para reflejar el haz de láser enfocado para ser dirigido. La trayectoria óptica tiene un segmento de haz de distancia predeterminada que se extiende desde la tercera superficie reflejante hasta el segundo punto focal de manera que la traslación de la segunda 55 superficie reflejante en la dirección predeterminada cambia la longitud de la trayectoria óptica desde la tercera

superficie reflejante hasta el segundo punto focal con lo que se cambia la distancia predeterminada para ajustar el foco del haz de láser que está siendo dirigido sin producir desviación angular significativa alguna al haz dirigido en la pieza de trabajo.

5 También es un objetivo de la presente invención en el antes mencionado sistema de escaneo mejorado utilizar menos superficies reflejantes situando un orificio en la tercera superficie reflejante en el primer punto focal.

10 Un objetivo más específico de la invención es un sistema de escaneo de haz de láser de gran potencia totalmente reflejante mejorado con una distancia focal ajustable que incluye al menos un espejo de escaneo para dirigir angularmente una parte predeterminada de un haz de láser a lo largo de una trayectoria óptica hasta una pieza de trabajo. El sistema de escaneo tiene un primer espejo en la trayectoria óptica del haz de láser que está suficientemente curvado para enfocar el haz de láser en un primer punto focal. El sistema tiene también un segundo espejo en la trayectoria óptica espaciado del primer punto focal y suficientemente curvado para enfocar el haz de láser en un segundo punto focal y suficientemente trasladable en una dirección predeterminada para ajustar el foco del haz de láser en el segundo punto focal. El sistema tiene un tercer espejo entre el primero y el segundo espejos que tiene un orificio en el primer punto focal para el paso del haz de láser hacia el segundo espejo. El tercer espejo refleja hacia el segundo punto focal sustancialmente la totalidad del haz de láser que ha sido pasado hacia el segundo espejo.

15 Son objetivos aún más específicos de la invención en el antes mencionado sistema de escaneo de haz de láser de gran potencia totalmente reflejante en el que el primer espejo es un espejo parabólico descentrado y/o el segundo espejo es un espejo elíptico centrado y/o el tercer espejo es móvil para dirigir el haz de láser hacia la pieza de trabajo.

20

Breve Descripción de los Dibujos

La figura 1 es una vista en perspectiva un tanto esquemática del sistema de escaneo de láser de la invención;

25 La figura 2 es una vista en sección transversal ampliada de algunos elementos ópticos del sistema de escaneo de láser tomada a lo largo de la línea 2-2 de la figura 1;

La figura 3 es una elipse que ilustra las características de un espejo; y

La figura 4 es un gráfico que ilustra el tamaño de un punto de enfoque mejorado alcanzable con la presente invención.

Descripción Detallada de las Realizaciones Preferentes

30 La figura 1 muestra una vista en perspectiva de un sistema 10 de escaneo de haz de láser totalmente reflejante. Un haz 20 de láser que se propaga en el sentido de la flecha 28 incide en el espejo o reflector 11 cóncavo. En esta ilustración, el reflector 11 es preferiblemente un espejo parabólico descentrado que enfoca el haz 20 de láser en el punto 21 focal. En la realización preferente, el punto 21 focal está centrado en un orificio 12 del espejo 15. La ubicación preferente del punto 21 es en el plano de la superficie reflejante del espejo 15. Seguidamente, el haz de láser diverge del punto 21 focal después de haber pasado a través del pequeño orificio 12. A continuación, el haz 21 de láser se propaga a lo largo de la trayectoria 20C del rayo e incide en el espejo 14 cóncavo. En la realización preferente, el espejo 14 cóncavo es sustancialmente un espejo elíptico centrado. La expresión "elipse centrada" se definirá más adelante en conjunción con la figura 3. Sin embargo, brevemente, un espejo elíptico centrado está sobre el eje mayor de la elipse. Este espejo 14 elíptico centrado se puede trasladar en una dirección 27 que es paralela al eje de la elipse. Para lograr la traslación del espejo 14, esta ilustración muestra el espejo 14 montado sobre una placa 17 que también se traslada. El haz de láser con rayos 20A y 20B incidentes se refleja en este caso en el espejo 14 elíptico y retorna respectivamente con los rayos 20D y 20E para incidir en el espejo 15.

35 40 45 50 En la realización preferente, el espejo 14 está alineado de manera tal que el rayo 20C central se propaga de retorno a través del orificio 12 del espejo 15. Sin embargo, la mayor parte del haz de láser se refleja en el espejo 15 sobre esta trayectoria de retorno. Esto será expuesto más adelante. En la realización preferente, el espejo 14 tiene el más próximo de los dos puntos focales concordante con el punto 21 focal. El segundo punto focal (distante) es mucho más lejano que el 21 y concuerda con la distancia de trabajo al foco externo del sistema de escaneo de láser. Este segundo punto focal de la elipse puede estar alejado aproximadamente 1 metro y concuerda con 22A, B y C de la figura 1 cuando el haz de láser es desviado por los espejos de escaneo.

En la realización preferente, el espejo 15 sirve también como uno de los dos espejos de escaneo para desviar el haz de láser hacia el punto focal deseado. Por lo tanto, este espejo está ilustrado como siendo capaz de rotar sobre el eje 25. En la realización preferente, el eje 25 pasa a través del orificio 12 para minimizar la traslación

del orificio 12. El haz de láser después de reflejarse en el espejo 15 incide, seguidamente, en el espejo 16 que también puede ser rotado sobre el eje 26. La combinación de estos dos espejos móviles permite dirigir el haz de láser hacia varias direcciones ilustradas alcanzando los puntos focales 22A, 22B, y 22C.

5 Como se puede ver en la figura 1, es necesario ajustar la distancia focal al foco sobre diferentes partes de la pieza 30 de trabajo. El cambio de la distancia focal se logra desplazando el espejo 14 a lo largo de la dirección 27 como se manifestó antes. Dado que el espejo 14 está sobre una elipse centrada, no existe dirección alguna del haz de láser reflejado cuando se cambia la distancia focal desplazando el espejo 14 en una dirección paralela al eje de la elipse. Esta dirección de traslación se corresponde con la dirección 27 de la figura 1.

10 La figura 2 es una sección transversal del sistema de escaneo de láser cortada a lo largo de la línea 2-2 de la figura 1. En la figura 2, el haz 20 de láser de entrada, se propaga en la dirección 28 e incide en el espejo 11 parabólico descentrado, seguidamente llega a un foco en 21. El espejo 15 tiene un orificio 12. El haz 21 de láser enfocado pasa a través del orificio 12 y se propaga hasta el espejo 14 elíptico centrado. El espejo 14 puede ser trasladado en la dirección 27 para lograr una variación en la distancia focal hasta el foco 22 externo. El haz de láser retorna por la trayectoria 20D, 20E incide en el espejo 15 y se refleja para finalmente alcanzar un punto 22 focal externo.

15 El orificio 12 tiene un diámetro d , y el haz de láser con los rayos 20D y 20E externos tiene un diámetro D proyectado en el espejo 15 visto en la dirección del espejo 14. En la realización preferente, más que aproximadamente 95% del haz de láser, definido por los rayos 20D y 20E, incide en el espejo 15 y menos que aproximadamente 5% del haz de láser pasa a través del orificio 12. Para lograr esto, debe cumplirse la inecuación:

20
$$D > 4,5 d.$$

En la práctica, es posible lograr una pérdida en la transmisión a través del orificio 12 incluso mucho menor que este 5%. Por ejemplo, si el orificio 12 tiene un diámetro d proyectado de 3 mm, y si el diámetro D proyectado del haz de láser que incide en el espejo 15 es 50 mm, en ese caso, la pérdida en la transmisión de luz láser que retorna a través del orificio 12 es menor que 0,4%. Sin embargo, la cantidad de luz láser que retorna realmente a la cavidad de láser es incluso mucho menor que 0,4%.

25 En la realización preferente, el espejo 15 sirve para el doble servicio como espejo con orificio y como uno de los espejos de escaneo de láser. La capacidad del espejo 15 para cambiar su ángulo está ilustrada por la flecha 25A curvada que indica el sentido del movimiento del espejo 15 alrededor de su eje 25. Sin embargo, se debe entender que también es posible, en otras realizaciones, que el espejo esté fijo y que el espejo o espejos de escaneo estén situados ópticamente entre el espejo 15 y el punto 22 focal externo. Por ejemplo, en la figura 1, el espejo 15 podría ser fijo y la totalidad del desvío podría ser realizada por el espejo 16. En otras realizaciones, podría haber también otro espejo de escaneo además del espejo 16.

30 La diferencia entre un espejo con una superficie elíptica centrada y un espejo con una superficie elíptica descentrada puede estar ilustrada mejor en la figura 3. EN la figura 3, hay una elipse 40, con dos puntos focales, 41 y 42. Hay también una línea 43 discontinua, que es el "eje focal" de la elipse 40. Este eje focal pasa a través de ambos puntos focales 41 y 42. Cuando se dice que un espejo tiene una "superficie elíptica" en ese caso esta superficie de espejo reflejante es realmente nada más que un segmento de una elipse tal como la 40 de la figura 3. Por ejemplo, el segmento 44 de la figura 3 representa un segmento de la sección transversal de un espejo que tiene una superficie 45 reflejante elíptica, que es realmente una parte o segmento de la totalidad de la elipse 40. Si se dice que la elipse es descentrada, esto significa que el eje focal 43, pasa a través de la superficie del espejo. Por ejemplo, en la figura 3, el eje focal pasa a través del centro del espejo 44.

35 Una elipse descentrada puede ser también la ilustrada en la figura 3. Aquí, se muestra que un segmento de sección transversal 49 está retirado del eje focal de la elipse. La luz que pasa a través del foco 41 y se refleja en el espejo 49 prosigue hacia el foco 42 como se muestra por la reflexión de los rayos 46. En esta ilustración, hay un ángulo A de aproximadamente 45° entre las flechas 45 incidente y reflejada. El sistema de escaneo de láser anterior utilizaba un espejo de enfoque que tenía una superficie elíptica descentrada. El sistema de esta invención utiliza una superficie elíptica centrada. Por lo tanto, el espejo 14 de la figura 2 se corresponde con el espejo 44 de la figura Figure 3. El punto focal 22 distante de la figura 2 se corresponde generalmente con el foco 42 de la figura 3. Cuando el espejo 44 de la figura 3 está situado exactamente en la superficie de la elipse 40, en ese caso, se puede decir que el espejo 44 está en la posición de diseño. La luz que sale legaría a un foco perfecto exactamente en 42. Sin embargo, si el espejo 44 de la figura 3 estuviera situado (trasladado) más cerca o más lejos del foco 41 que lo mostrado en la figura 3, en ese caso, la luz emitida desde 41 llegaría a un foco sobre el eje focal, pero no al punto focal 42 de diseño. Un objetivo de esta invención es incrementar el rango de ajuste alejado de los puntos focales elípticos exactos donde la luz de láser llega un buen foco óptico. Esta ventaja está ilustrada en la figura 4.

5 El objetivo del sistema de escaneo de láser es lograr una alta densidad de energía sobre la pieza de
trabajo 30. Esta alta densidad de energía es necesaria para realizar una tarea útil tal como corte o soldadura. Es
deseable tener un rango de ajuste focal grande donde el tamaño del punto focal sea menor que un valor
predeterminado. Cuando el elemento de enfoque mayor es un espejo elíptico descentrado tal como el que se
10 utilizaba en la patente de EE. UU: n°. 5,561,544, el gráfico del tamaño del punto enfocado en función de la
distancia desde el foco de diseño está ilustrado por la curva 60 etiquetada "45° elipse". Esto pone de manifiesto
que este gráfico tiene un tamaño 62 de punto mínimo que teóricamente iguala el límite de difracción del haz de
láser cuando la longitud focal óptica iguala el foco de la elipse expuesto de la figura 3. Esta distancia focal de la
15 elipse en el gráfico de la figura 4 es la línea 64 etiquetada distancia "0°" desde el foco de la elipse. Sin embargo, se
puede ver que cuando el punto focal óptico está hecho bien a una distancia 66 más corta o a una distancia 68 más
larga que la distancia focal de diseño de la elipse, en ese caso, la curva de la elipse de 45° produce un tamaño de
punto sustancialmente mayor que el mínimo. Por el contrario, la curva 70 etiquetada "0° elipse", tiene un tamaño
de punto focal que está limitado principalmente por el límite de la difracción. Esto significa que el enfoque del haz
de láser a una distancia más corta que la distancia focal de diseño, puede producir realmente un tamaño de punto
focal incluso menos que el logrado en el foco de diseño. Esto es consecuencia del hecho de que las aberraciones
geométricas introducidas por la elipse de 0° son insignificantes. En este caso, el tamaño del punto de enfoque está
determinado principalmente por el límite de la difracción. Incluso con una longitud focal más larga que el foco de
20 diseño, se puede producir un tamaño de punto casi como el limitado por la difracción (asumiendo un buen haz de
láser). Es verdad que esta curva de 0° sobrepasa realmente de la que está limitada por la difracción, pero el
resultado sigue siendo que es posible lograr un tamaño de punto menor con un volumen mayor con el sistema
óptico descrito en la presente que con el sistema óptico anterior. En la práctica, el volumen útil accesible para un
sistema de escaneo de láser se puede incrementar en más de un factor de 4 usando esta invención comparada
con la invención anterior.

25 El movimiento o traslación del espejo 14 se puede lograr utilizando varios mecanismos de traslación tales
como un deslizamiento impulsado por un tornillo deslizante y un motor eléctrico. Asimismo, la deformación de los
espejos 15,16 alrededor de sus respectivos ejes 25, 26 se puede lograr utilizando motores de galvanómetro con
retroalimentación de posición.

30 En la descripción de esta invención, el elemento 11 óptico ha sido denominado parábola descentrada y el
elemento 14 óptico ha sido denominado elipse centrada. Se debería entender que estas son las curvaturas
preferentes de estos elementos ópticos. Sin embargo, sería posible el uso de otras superficies de espejo cóncavas
con alguna degradación en su rendimiento. Por ejemplo, el espejo 14 podría ser una superficie esférica. Esto
agrandaría el diámetro del tamaño del punto focal en 22. Sin embargo, en algunas aplicaciones, este punto focal
agrandado puede ser aún aceptable. Hay otras cosas que podrían estar ligeramente descentradas o más próximas
35 a una parábola que podrían variar de una elipse por parte de una longitud de onda; es decir, puede estar próxima a
una elipse aún cuando sea denominada con algún otro nombre técnico.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (10) de escaneo de haz de láser de gran potencia totalmente reflejante con una longitud focal ajustable que incluye al menos un espejo (15, 16) de escaneo para dirigir angularmente una parte predeterminada de un haz (20) de láser a lo largo de una trayectoria óptica hacia una pieza (30) de trabajo, que comprende:
 - 5 un primer espejo (11) en la trayectoria óptica del haz (20) de láser y curvado suficientemente para enfocar el haz (20) de láser en un primer punto (21) focal;

un segundo espejo (14) en la trayectoria óptica espaciado de dicho primer punto (21) focal; y

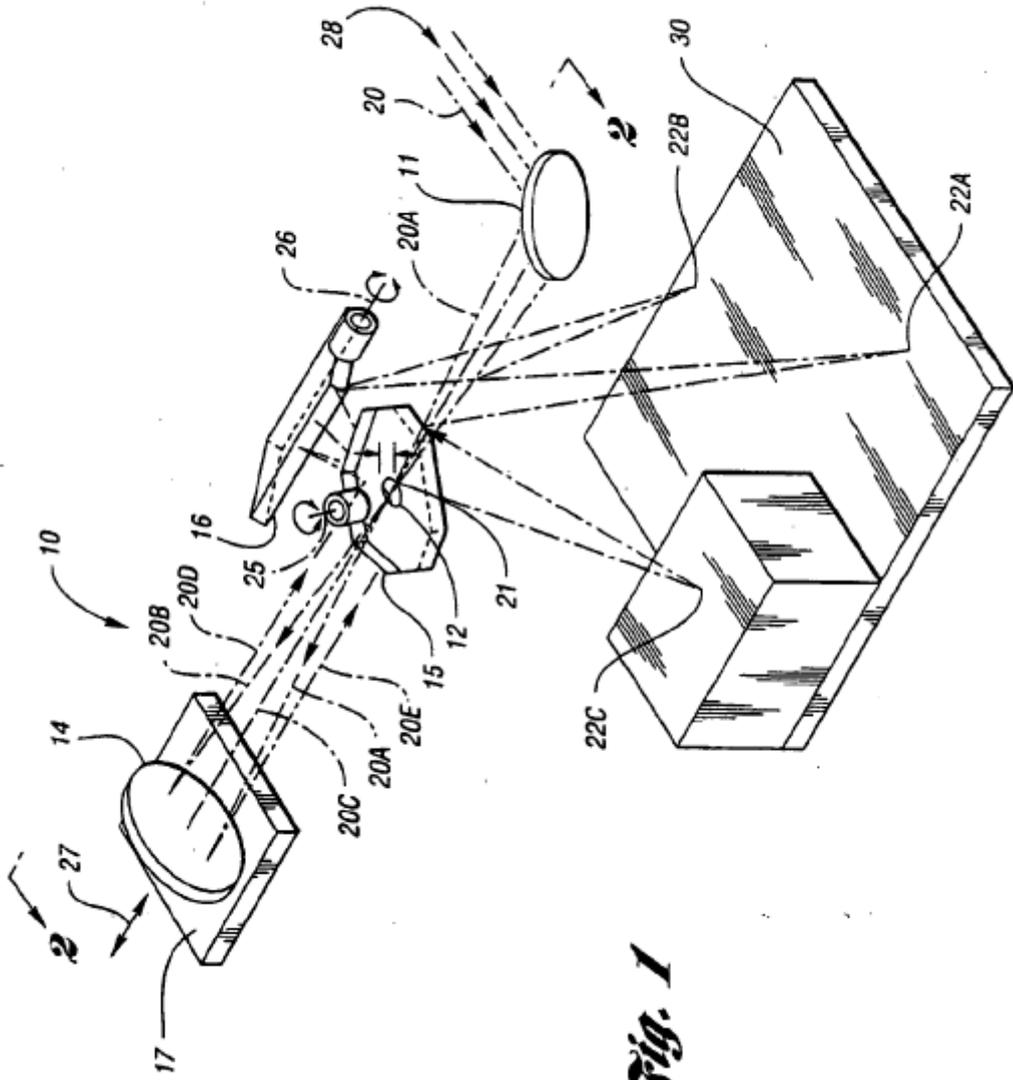
un tercer espejo;

caracterizado por
 - 10 el segundo espejo que está curvado suficientemente para enfocar el haz de láser en un segundo punto (22A, B, y C) focal y trasladable suficientemente en una dirección (27) predeterminada para ajustar el foco de dicho haz (20) de láser en dicho segundo punto (22A, B, y C) focal; y

el tercer espejo (15) que está entre dichos primero y segundo espejos y que tiene un orificio (12)

15 en dicho primer punto (21) focal para el paso de dicho haz (20) de láser hacia dicho segundo espejo (14);

reflejando dicho tercer espejo (15) hacia dicho Segundo punto (22A, B, y C) focal sustancialmente la totalidad de dicho haz (20) de láser pasado hacia dicho segundo espejo (14).
2. El sistema (10) de escaneo de haz de láser de gran potencia totalmente reflejante y mejorado de la reivindicación 1, en el que dicho primer espejo (11) es un espejo parabólico descentrado.
- 20 3. El sistema (10) de escaneo de haz de láser de gran potencia totalmente reflejante y mejorado de la reivindicación 1, en el que dicho segundo (14) es sustancialmente un espejo elíptico centrado.
4. El sistema (10) de escaneo de haz de láser de gran potencia totalmente reflejante y mejorado de la reivindicación 1, en el que dicho tercer espejo (15) es móvil para dirigir el haz (20) de láser hacia la pieza (30) de trabajo.
- 25 5. El sistema (10) de escaneo de haz de láser de gran potencia totalmente reflejante y mejorado de la reivindicación 1, en el que dicho orificio (12) tiene un diámetro d , el haz (20) de láser tiene un diámetro D proyectado y una relación entre sí de $D > 4,5 d$, reflejándose dicho haz (20) de láser en dicho primer espejo (15) hacia dicho segundo punto (22A, B, y C) focal más que aproximadamente 95% del haz de láser recibido por dicho tercer espejo (15).
- 30 6. El sistema (10) de escaneo de haz de láser de gran potencia totalmente reflejante y mejorado de la reivindicación 5, en el que dicho tercer espejo (15) es móvil para dirigir el haz (20) de láser.



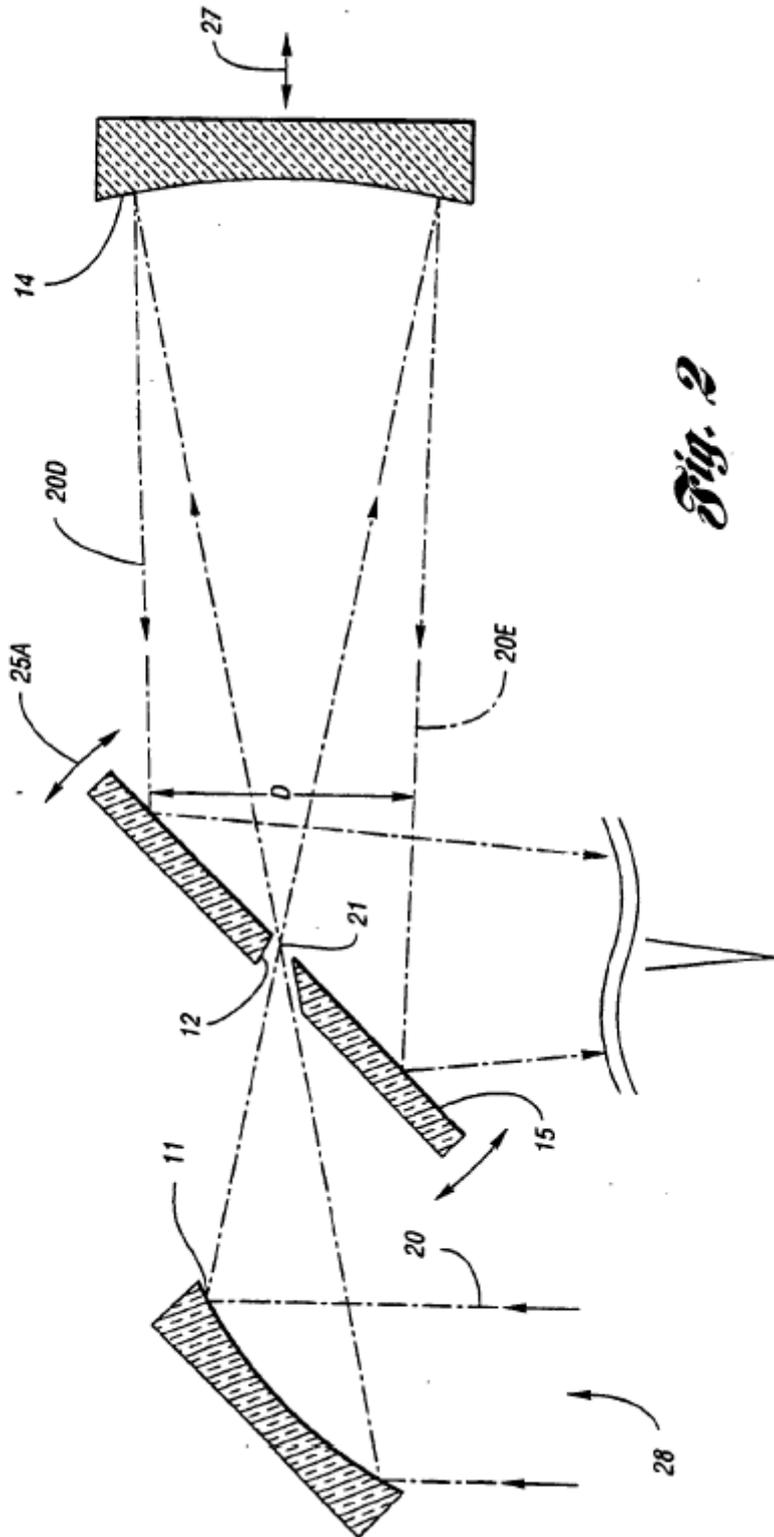


Fig. 2

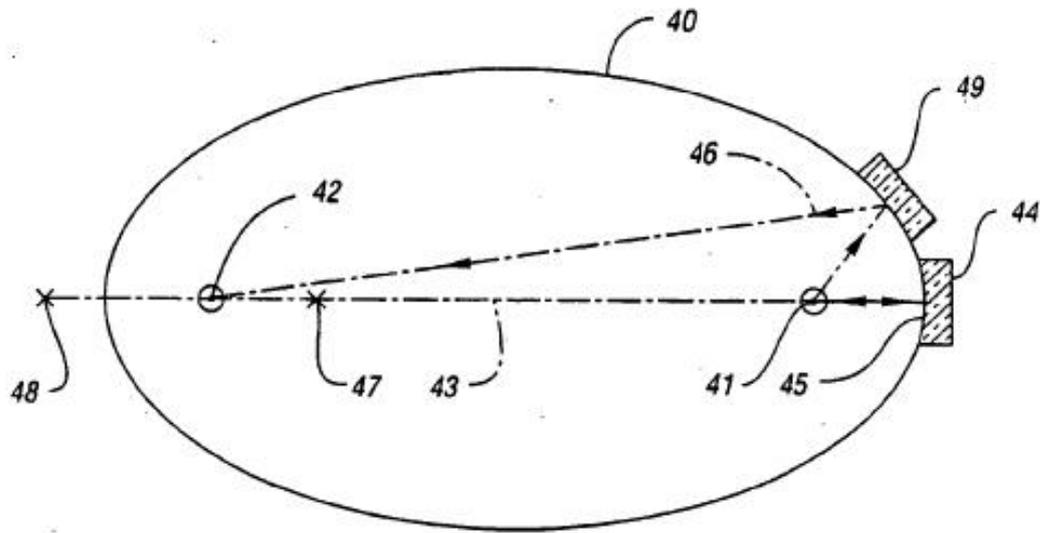


Fig. 3

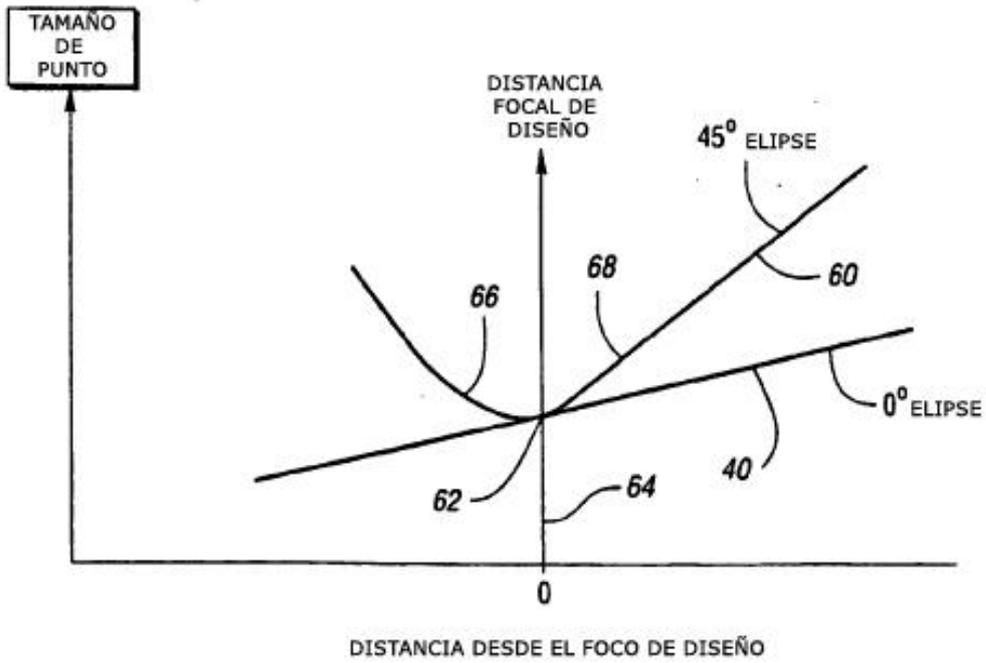


Fig. 4