

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 514 520**

51 Int. Cl.:

**B22F 3/105** (2006.01)

**B29C 67/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.12.2009** **E 09015074 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.08.2014** **EP 2335848**

54 Título: **Unidad de irradiación óptica para una planta para la producción de piezas de trabajo mediante la irradiación de capas de polvo con radiación de láser**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.10.2014**

73 Titular/es:

**SLM SOLUTIONS GMBH (100.0%)**  
**Roggenhorster Strasse 9c**  
**23556 Lübeck, DE**

72 Inventor/es:

**SCHWARZE, DIETER, DR.;**  
**SCHÖNEBORN, HENNER, DIPL.-ING. y**  
**WIESNER, ANDREAS**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 514 520 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

Unidad de irradiación óptica para una planta para la producción de piezas de trabajo mediante la irradiación de capas de polvo con radiación de láser

5 La presente invención se refiere a un equipo para la fabricación de piezas mediante la irradiación de capas de polvo por medio de radiación láser, en particular un equipo de fusión por láser o equipo de sinterizado por láser, así como un procedimiento correspondiente.

10 La fusión selectiva por láser o el sinterizado por láser es un procedimiento generativo de construcción por capas mediante el cual se pueden elaborar piezas tridimensionales de formas complejas a partir de materias primas pulverulentas, en particular metálicas y/o cerámicas. Para ello se aplica una capa de materia prima pulverulenta sobre un sustrato y en función de la geometría deseada de la pieza a fabricar es cargada localmente de manera selectiva mediante radiación láser. La radiación láser que penetra en la capa de polvo produce un calentamiento y, consecuentemente, una fusión o sinterización de las partículas de polvo de materia prima. A continuación se aplican sucesivamente otras capas de polvo de materia prima sobre la capa ya tratada por láser sobre el sustrato hasta que la pieza tenga la forma y tamaño deseados. La fusión por láser o sinterizado por láser selectivos pueden ser usadas, en particular, para la fabricación de prototipos, útiles, repuestos o prótesis médicas, por ejemplo prótesis dentales u ortopédicas sobre la base de datos CAD.

20 Un equipo conocido por el documento EP 1 793 979 A1 para la fabricación de cuerpos de forma de materiales pulverulentos mediante la fusión selectiva por láser incluye una cámara de proceso mantenida bajo una atmósfera inerte con una placa de fondo, en la que se encuentran una pluralidad de sustratos. Un dispositivo de preparación de capa de polvo incluye un soporte de almacén de polvo que mediante un husillo de accionamiento puede ser movido ida y vuelta sobre los sustratos y se usa para aplicar polvo de materia prima sobre los sustratos. La cámara de proceso está dividida mediante paredes separadoras verticales en múltiples compartimientos de cámara de proceso para los cuales se encuentra previsto un dispositivo de irradiación en común. El dispositivo de irradiación incluye un láser que por medio de una fibra óptica pone a disposición radiación láser para un dispositivo deflector de haz. El haz de láser desviado mediante el dispositivo deflector de haz es enfocado mediante un lente f-teta sobre la capa de polvo preparada, en cada caso, en último término sobre un sustrato correspondiente.

30 En el caso que se trabaje con materiales diferentes en los distintos compartimientos de la cámara de proceso del equipo conocido, en cada cámara es posible ajustar individualmente la intensidad de irradiación de radiación láser, para considerar debidamente las diferentes propiedades del material de los polvos. De manera correspondiente también se puede variar la longitud de la onda de irradiación y es posible usar un láser espectralmente ajustable o, dado el caso, múltiples láser de diferentes longitudes de onda de emisión para la irradiación de las capas de polvo en los distintos compartimientos de cámara de proceso.

35 Una realización de este tipo, si bien respeta diferentes propiedades de material de los polvos en los distintos compartimientos de cámara de proceso no reduce, sin embargo, los problemas que se presentan en los distintos compartimientos de cámara de proceso. Debido a la alta intensidad de la radiación láser no sólo se produce mediante el haz de láser que impacta sobre la capa de polvo el fenómeno deseado de la fusión por láser o sinterizado por láser, sino que se producen también fenómenos indeseados, por ejemplo la vaporización de polvo de materia prima o la aparición de salpicaduras durante el tratamiento. Además, los efectos indeseados, por ejemplo gradientes térmicas, pueden tener en el polvo de materia prima efectos sobre la calidad de la pieza fabricada por los que, por ejemplo, se pueden acentuar las tensiones residuales.

45 Para la reducción de las tensiones residuales en componentes o piezas SLM<sup>®</sup> (Selective Laser Melting) o SLS (Selective Laser Sintering) se intenta, generalmente, precalentar el polvo de materia prima para, de este modo, reducir o eliminar los gradientes térmicos que producen elevadas tensiones residuales. Para ello es conocido generar en el equipo debajo de la placa de fondo de la cámara de proceso una potencia de caldeo y, para calentar el polvo, transferirla al polvo por medio de la conducción térmica. Gracias a su reducida conducción térmica, el polvo es, por lo general, más bien un aislamiento que un conductor térmico. De este modo, el polvo de materia prima es precalentado de manera ineficiente y se pierde mucha potencia calorífica.

50 El documento XP-002570075 (Ultra-fast laser-induced processing of materials: fundamentals and applications in micromachining by Choi, T. Y. et al.) describe una disposición en la que un haz de láser es dividido mediante un divisor de haz en dos haces parciales láser y reunir nuevamente los dos sub-haces de láser en un haz de láser.

El documento XP-002570076 (High resolution selective multilayer laser processing by nanosecond laser ablation of metal nanoparticle films by Ko, S. H. et al.) da a conocer cómo se acopla un haz de láser nitrato de una longitud de onda de 440 nm a un haz de láser YAG (*yttrium aluminium garnet*) de una longitud de onda de 532 nm y el haz acoplado irradia una película de nanopartículas.

55 El documento JP 2004188604 A describe un dispositivo para la fabricación de un cuerpo de forma tridimensional. El dispositivo incluye una fuente de luz, un elemento separador de polarización y un medio reflectante. El elemento separador de polarización divide el haz de luz incidente de la fuente de luz en un haz de luz polarizado p y en un haz de luz polarizado s.

Es un objetivo de la presente invención poner a disposición un equipo para la fabricación de piezas mediante la irradiación de capas de polvo de un polvo de materia prima mediante radiación láser y un procedimiento correspondiente, mediante los cuales se pueden fabricar de manera más eficiente y óptima piezas con propiedades perfeccionadas.

- 5 Dicho objetivo se consigue mediante un equipo para la fabricación de piezas por medio de la irradiación de capas de polvo de un polvo de materia prima mediante radiación láser según las características de la reivindicación independiente 1, así como un procedimiento correspondiente con las características de la reivindicación independiente 12. Perfeccionamientos ventajosos resultan, en cada caso, de las reivindicaciones secundarias.

10 Una unidad óptica de irradiación de un equipo para la fabricación de piezas mediante la irradiación de capas de polvo de un polvo de materia prima mediante radiación láser incluye componentes ópticos para la guía y enfocado de una trayectoria de los haces de un primer haz de láser y una unidad óptica divisora y de acople. La unidad óptica divisora o de acople está configurada para dividir el primer haz de láser en al menos dos haces parciales láser. Además, la unidad óptica divisora o de acople puede estar configurada para acoplar un segundo haz de láser a la trayectoria de los haces del primer haz de láser. En el primer caso de la división del primer haz de láser en los al  
15 menos dos sub-haces de láser, la unidad óptica divisora o de acople está configurada para de esta manera dividir el primer haz de láser en los al menos dos sub-haces de láser de tal manera que la intensidad de los sub-haces de láser mismos son al menos aproximadamente iguales, sin embargo la intensidad de cada sub-haz de láser es diferente a la intensidad total del primer haz de láser. En el segundo caso del acople del segundo haz de láser a la trayectoria de haces del primer haz de láser, la unidad óptica divisora o de acople está configurada para acoplar a la  
20 trayectoria de haces del primer haz de láser el segundo haz de láser con una longitud de onda diferente a la longitud de onda del primer haz de láser. Preferentemente, el primer haz de láser presenta una longitud de onda entre 1050 nm y 1100 nm, en particular de 1064 nm 1075 nm, y el segundo haz de láser presenta una longitud de onda entre 800 nm y 1000 nm, en particular de 808 nm a 980 nm.

25 La unidad óptica divisora o de acople puede estar configurado tanto para la división del primer haz de láser como para el acople del segundo haz de láser. Al menos, sin embargo, presenta una unidad óptica divisora que para la división del primer haz de láser en al menos dos sub-haces de láser están configuradas, en cada caso, con una intensidad de igual magnitud y diferente de la intensidad del primer haz de láser.

30 Para dividir el primer haz de láser en los al menos dos sub-haces de láser, la unidad óptica divisora o de acople o la unidad óptica divisora de la unidad óptica divisora o de acople presentan un elemento óptico difractivo. El elemento óptico difractivo se encuentra dispuesto, por ejemplo, en la trayectoria de haces del primer haz de láser y mediante la división del primer haz de láser puede producir un primer perfil de haz (perfil en sección transversal) del primer haz de láser. Son concebibles una pluralidad de configuraciones tanto para el perfil de haces de cada sub-haz de láser como para el perfil de haces del primer haz de láser, formado por todos los sub-haces.

35 Por ejemplo, cada uno de los sub-haces de láser producidos mediante el elemento óptico difractivo presenta un perfil circular de haz con una distribución de intensidad de tipo gaussiano. En un perfil de haces de este tipo, la mayor intensidad del haz se encuentra en el centro del perfil circular del sub-haz de láser y disminuye hacia fuera según la distribución de Gauss. También es concebible producir para cada sub-haz de láser un perfil de haces rectangular, en particular un perfil de haces cuadrado (un así denominado perfil de haces top-hat), con una distribución de intensidad uniforme. En un perfil de haces rectangular de este tipo, en particular cuadrado, en cada punto dentro del  
40 perfil de haces rectangular, la intensidad de la radiación láser es al menos aproximadamente igual. Cuando una capa de polvo de un polvo de materia prima es cargada con esta distribución de intensidad uniforme, ello produce en todas las situaciones de tratamiento un resultado uniforme al fundir o sinterizar. De esta manera se evitan o al menos disminuyen las inestabilidades de proceso que se producen dentro del perfil de sub-haz debido a los picos de intensidad locales.

45 Independientemente de los perfiles de sub-haces de láser producidos, el elemento óptico difractivo que, preferentemente, se encuentra dispuesto en la unidad óptica divisora o de acople puede estar configurado para dividir el primer haz de láser en más de dos, en particular en nueve haces parciales láser. La intensidad total del primer haz de láser, es distribuida mediante la división, preferentemente de manera uniforme, sobre cada haz de láser, de manera que en el caso de la división del primer haz de láser en nueve sub-haces de láser, cada sub-haz de  
50 láser presente una novena parte de la intensidad del primer haz de láser. Por ejemplo, el elemento óptico difractivo puede formar de diferentes maneras, a partir de los perfiles de haces de los al menos dos, por ejemplo nueve sub-haces de láser, un perfil de haces compuesto de perfiles de sub-haces de láser en un plano perpendicular a la trayectoria de haces del primer haz de láser. De esta manera, en el caso de nueve sub-haces de láser, dichos sub-haces de láser pueden ser divididos y dispuestos por el elemento óptico difractivo de tal manera que se produzca un  
55 perfil de haces al menos aproximadamente rectangular o cuadrado en el plano perpendicular a la trayectoria de haces.

El perfil de haz al menos aproximadamente rectangular o cuadrado puede ser formado, tanto en el caso de una distribución de intensidad gaussiana como también en el caso de una distribución de intensidad uniforme, en cada perfil de sub-haz de láser. Por ejemplo, el primer haz de láser es dividido de tal manera en nueve sub-haces de

láser, que en cada caso tres sub-haces de láser forman los lados del cuadrado, de manera que se produce un campo cuadrado de tres por tres sub-haces de láser.

En el caso de sub-haces de láser con una distribución de intensidad de tipo gaussiano, el perfil de haces del primer haz de láser es de tal manera conducido, preferentemente, sobre la capa de polvo de materia prima que como consecuencia de la distribución de intensidad no uniforme se irradian, en primer lugar, repetidamente las posiciones más débilmente irradiadas. Por ejemplo, el perfil de haz formado es conducido secuencialmente solapante por encima de la capa de polvo para garantizar una irradiación uniforme. En el caso de perfiles de sub-haces de láser rectangulares con distribución de intensidad uniforme (perfiles top-hat) se puede prescindir de tal solapado secuencial del perfil de haces, porque no solamente en los mismos sub-haces de láser respectivos, sino también en el perfil de haces de láser formado por los sub-haces de láser, está dada una distribución de intensidad al menos casi uniforme. De esta manera es posible irradiar secuencialmente diferentes sectores no solapantes de la capa de polvo. De esta manera es posible realizar más rápidamente una fusión o sinterizado uniforme de las capas de polvo y, con ello, una fabricación más rápida y eficiente de las piezas.

Adicionalmente al primer elemento óptico difractivo, la unidad óptica divisora o de acople o la unidad parcial óptica incluida en la unidad óptica divisora o de acople puede presentar, además, un segundo elemento óptico difractivo para la generación de un segundo perfil de haces diferente al primer perfil de haces del primer haz de láser. Ambos elementos ópticos difractivos pueden estar configurados para ser introducidos en el trayecto de haces del primer haz de láser y ser extraídos del mismo. Por ejemplo, el primer elemento óptico difractivo existe, en primer lugar, en el trayecto de haces del primer haz de láser y el segundo elemento óptico difractivo es asimismo incorporado en el trayecto de haces del primer haz de láser, por ejemplo como reacción a una orden de una unidad de control conectada con la unidad óptica de irradiación. El segundo elemento óptico difractivo puede ser incorporado, adicionalmente al primer elemento óptico difractivo, al trayecto de haces, por ejemplo plegado en el trayecto de haces, o ser incorporado al primer elemento óptico difractivo en lugar del mismo.

Por ejemplo, si para una iluminación o irradiación planas (en los denominados hatches) de la capa de polvo se desea otro perfil de haces que para los contornos exteriores (boundaries) de la pieza a conformar. En consonancia con ello, para los hatches puede plegarse en el trayecto de haces otro elemento óptico difractivo que para los boundaries. Por ejemplo, de esta manera se incorpora en el trayecto de haces el primer elemento óptico difractivo para la generación del primer perfil de haces para la irradiación de los hatches. Para la formación de los boundaries, el primer elemento óptico difractivo puede ser movido fuera de la trayectoria de haces y, en lugar del mismo, ser movido hacia dentro de la trayectoria de haces el segundo elemento óptico difractivo. De esta manera, con la unidad óptica de irradiación es posible cumplir, flexiblemente, determinadas disposiciones de la pieza a fabricar.

Un equipo según la invención para la fabricación de piezas mediante la irradiación de capas de polvo de un polvo de materia prima por medio de radiación láser incluye un sustrato, sobre el cual se pueden aplicar capas de polvo del polvo de materia prima, una unidad óptica de irradiación y una primera fuente de irradiación para la puesta a disposición del primer haz de láser. La unidad óptica de irradiación de acuerdo con el equipo según la invención para la fabricación de piezas mediante la irradiación de capas de polvo de un polvo de materia prima mediante radiación láser es una unidad óptica de irradiación descrita anteriormente. La unidad óptica de irradiación está configurada y dispuesta de tal manera en el equipo para irradiar mediante sub-haces de láser una capa de polvo aplicada sobre el sustrato, para de la materia prima fabricar una pieza mediante un procedimiento generativo de construcción.

En el funcionamiento del equipo según la invención, el primer haz de láser es conducido por encima de la capa de polvo de materia prima aplicada al sustrato, de manera que la capa de materia prima aplicada sobre el sustrato es cargada o irradiada localmente de manera selectiva. El aporte de calor a la capa de polvo de materia prima provocado por la irradiación con radiación láser produce que las partículas individuales del polvo de materia prima en la capa de polvo de materia prima se fundan o sintericen entre sí y se produzca de este modo una construcción de piezas por capas.

El equipo puede presentar una segunda fuente de irradiación para la puesta a disposición del segundo haz de láser o estar conectado a una de este tipo. Además, el equipo puede presentar un dispositivo de control que está realizado para controlar la unidad de irradiación de tal manera que el primer haz de láser y el segundo haz de láser impactan en el mismo punto sobre la capa de polvo. Para ello, por ejemplo, el dispositivo de control pone a disposición órdenes a la unidad óptica divisora o de acople o a la unidad óptica de acoplamiento incluida en la misma y/o al componente óptico que, en respuesta a la misma son ajustadas de manera que un acoplamiento del segundo haz de láser en la trayectoria del primer haz de láser se produzca de manera que ambos haces de láser impactan en el mismo punto sobre la capa de polvo. El dispositivo de control también puede generar órdenes que indican que el primer elemento óptico difractivo, el segundo elemento óptico difractivo u otro elemento óptico difractivo debe ser introducido en la trayectoria de haces del primer haz de láser.

Preferentemente, el dispositivo de control controla la unidad óptica de irradiación de tal manera que el primer haz de láser y el segundo haz de láser recorren el mismo trayecto sobre la capa de polvo. Asimismo es concebible que el primer haz de láser es conducido detrás del segundo haz de láser en un desplazamiento fijo o regulable o a la inversa el segundo haz de láser es conducido detrás del primer haz de láser en el desplazamiento fijo o regulable. Por ejemplo, como segundo haz de láser se usa un haz de haz de láser de diodo comercialmente conveniente con

una longitud de onda de 808 nm a 980 nm para la ayuda del primero haz de láser con una longitud de onda de 1064 nm a 1075 nm en el proceso de fusión o de sinterización. Mediante la combinación del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS convencional con el haz de láser de diodo se pueden conseguir con costes reducidos resultados de fusión y sinterizado similares sobre la superficie de polvo.

- 5 También el segundo haz de láser, por ejemplo el haz de láser de diodo de una longitud de onda de 808 nm a 980 nm puede encontrar aplicación para el precalentamiento selectivo local.

En este caso, el primer haz de láser es enfocado mediante la unidad óptica de irradiación sobre un determinado punto focal sobre la capa de polvo, mientras el segundo haz de láser impacta sobre la capa de polvo desenfocado alrededor del foco del primer haz de láser. En este caso, el primer haz de láser se usa para la fusión o sinterizado de la capa de polvo, mientras que el segundo haz de láser, por ejemplo el haz de láser de diodo, se usa para el precalentamiento local selectivo. El precalentamiento se produce porque el segundo haz de láser, preferentemente un haz de láser de diodo de 808 nm, para el calentamiento local en el punto de impacto del (primer) haz de láser real, preferentemente un haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS de 1075 nm. Este precalentamiento local selectivo genera una reacción del gradiente térmico en las posiciones precalentadas y, consecuentemente, se consiguen piezas con tensiones residuales más reducidas.

En lugar de o adicionalmente al precalentamiento local selectivo mediante el segundo haz de láser descrito, el equipo puede presentar un sinnúmero de láseres de diodos que se encuentran colocados encima de la capa de polvo aplicada sobre el sustrato. Cada uno del sinnúmero de láseres de diodo entrega, preferentemente, una radiación láser de diodo con una longitud de onda de 808 nm a 980 nm para, de esta manera, precalentar homogéneamente al menos casi toda la capa de polvo. Tanto con este precalentamiento homogéneo como con el precalentamiento local selectivo, la superficie de polvo puede ser calentada directa e inmediatamente mediante el segundo haz de láser, sin entregar, adicionalmente, calor a las paredes del espacio constructivo. Durante el recubrimiento del sustrato o múltiples sustratos con el polvo, la potencia de los diodos de láser puede ser reducido a un mínimo y, dado el caso, desconectada completamente, para reducir o evitar un calentamiento del revestidor y un efecto de irradiación indeseado sobre otras zonas por medio de reflexiones en paredes metálicas.

Al contrario del precalentamiento mediante la potencia de calentamiento generada debajo de la placa de fondo, tanto en el precalentamiento local selectivo como en el precalentamiento homogéneo la superficie de polvo es precalentada directamente. Debido a este precalentamiento más eficiente del polvo se eliminan o al menos disminuyen los gradientes térmicos, de manera que la aparición de tensiones residuales en piezas es evitada o al menos reducida.

En el procedimiento según la invención para la fabricación de piezas mediante la irradiación de capas de polvo de un polvo de materia prima con radiación láser con la ayuda del equipo descrito anteriormente se aplica una capa de polvo del polvo de materia prima sobre un sustrato, un primer haz de láser es dividido en al menos dos sub-haces de láser, y la capa de polvo aplicada sobre el sustrato es irradiada con los sub-haces de láser para fabricar una pieza de la materia prima mediante el procesamiento generativo de construcción. Los al menos dos sub-haces de láser presentan, cada uno, una intensidad de la misma magnitud y diferente de la intensidad de la primera radiación láser.

Ahora, las formas de realización preferentes de la invención se explican en detalle mediante los dibujos esquemáticos anexos. Muestran:

La figura 1, esquemáticamente una primera forma de una unidad óptica de irradiación;

- 40 la figura 2, una representación esquemática de la primera forma de realización de una unidad óptica de irradiación mostrada en la figura 1, como parte de un equipo para la fabricación de piezas;

la figura 3, una representación esquemática de un perfil de sub-haces de una primera forma de realización de una unidad óptica de irradiación mostrada en la figura 1;

- 45 la figura 4, una representación esquemática de un perfil de haz de una primera forma de realización de una unidad óptica de irradiación mostrada en la figura 1;

la figura 5, una representación esquemática de otro perfil total de haces de una primera forma de realización de una unidad óptica de irradiación mostrada en la figura 1.

la figura 6, una representación esquemática de una segunda forma de realización de una unidad óptica de irradiación, como parte de un equipo para la fabricación de piezas; y

- 50 la figura 7, una representación esquemática de una tercera forma de realización de una unidad óptica de irradiación, como parte de un equipo para la fabricación de piezas;

La figura 1 muestra una primera forma de realización de una unidad óptica de irradiación 10 para un equipo para la fabricación de piezas para la irradiación de capas de polvo de un polvo de materia prima con radiación láser. La unidad óptica de irradiación 10 presenta una carcasa 20 de cierre hermético con una placa de base fija 25. En la

unidad óptica de irradiación 10 se pone a disposición encima de la abertura 30 un haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200. Este haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200 presenta una longitud de onda de 1075 nm. Sobre un riel 90 se encuentran dispuestos como componentes ópticos desplazables un expansor de haces 40 para la expansión del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200 y una lente de enfoque 50 para el enfoque del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200 en un punto focal.

5 Además, la unidad óptica de irradiación 10 presenta una unidad de escaneado 60 y un objetivo 70. De acuerdo a la primera forma de realización de la unidad óptica de irradiación 10, la unidad de escaneado 60 y el objetivo 70 están configurados, por ejemplo, como escáner galvanométrico o como objetivo f-teta. Mediante la unidad de escaneado 60 es posible modificar y adaptar la posición del foco del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200 tanto en el sentido del trayecto de haces como en un plano vertical respecto del trayecto de haces.

10 La figura 2 muestra esquemáticamente cómo la unidad óptica de irradiación 10 está conectada con un equipo 100 para la fabricación de piezas mediante la irradiación de capas de polvo de un polvo de materia prima mediante radiación láser, de manera que el haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200 disponible mediante la unidad óptica de irradiación 10 es suministrado a través de una ventana 110 a una cámara de polvo 120 del equipo 100. Como se muestra en la figura 2, el expansor de haces 40, la unidad de enfoque 50, la unidad de escaneado 60 y el objetivo 70 están configurados y dispuestos de tal manera que el perfil de radios 220 del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200 impacta sobre una capa de polvo de un polvo de materia prima aplicado a un sustrato 130 del equipo 100. La ventana 110 se encuentra cerrada herméticamente mediante una placa de cuarzo 115 de 15 mm de espesor que es transparente para la luz láser de la radiación láser de 1075 nm seleccionada.

La unidad de escaneado 60 presenta dos elementos ópticos difractivos 62, 64 que pueden ser plegados en el trayecto de radios del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200 para dividir el haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200 en múltiples sub-haces de láser. De acuerdo con la primera forma de realización mostrada en las figuras 1 y 2, los elementos ópticos difractivos 62, 64 están dispuestos delante de un espejo deflector 68 para la deflexión de los sub-haces de láser. También es posible, disponer los elementos ópticos difractivos 62, 64 después del espectro deflector 68. El primer elemento óptico difractivo 62 es llevado entonces al trayecto de haces del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200 cuando se produce una iluminación plana (en los hatches) de la capa de polvo. Contrariamente, el segundo elemento ópticos difractivos 64 es insertado en el trayecto de haces (mientras el primer elemento ópticos difractivos 62 es rebatido del trayecto de haces) cuando se producen los contornos exteriores (boundaries) de la pieza a fabricar. Dos ejemplos de cómo el primer elemento óptico difractivo 62 parte el haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200 en sub-haces se explican con referencia a las figuras 3 a 5.

La figura 3 ilustra esquemáticamente un perfil de sub-haces de láser 240 de uno de los múltiples sub-haces de láser producidos por el primer elemento óptico difractivo 62 del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200. Como se muestra en la figura 3, el sub-haz de láser presenta como perfil de haz 240 un perfil con distribución gaussiana. Ello significa que la intensidad del perfil circular de sub-haces 240 presenta un máximo en su punto medio y disminuye hacia fuera de acuerdo con la curva de Gauss. Si ahora mediante el primer elemento óptico difractivo 62 divide el haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200 en nueve de estos sub-haces de láser, se produce un perfil de haces 220 formado de los nueve perfiles de sub-haces (perfiles subsidiarios de haces) 240 como se muestra esquemáticamente en la figura 4. Cada uno de los sub-haces presenta más o menos una novena parte de la intensidad del haz de láser individual (del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200). Por lo tanto, la intensidad total del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200 se mantiene al menos aproximadamente, sin embargo es distribuido de plano sobre una pluralidad de sub-haces de láser (en el caso del ejemplo de las figuras 4 y 5 sobre nueve sub-haces de láser). De esta manera es posible irradiar un sector mayor de la capa de polvo. El perfil de haces 220 mostrado en la figura 4 formado de nueve perfiles de sub-haces 240 describe un campo cuadrado compuesto de tres por tres perfiles subsidiarios de haces 240. Debido a la distribución de intensidad gaussiana en cada perfil de sub-haces de láser 240, la intensidad en el perfil de haces totales 220 si bien es más plana que en el perfil individual de haces del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200 está, sin embargo, no distribuido de manera exactamente un informe y presenta, comparado con el perfil individual de haces máximas de intensidad atenuadas y mínimos de intensidad.

Para la generación de un perfil de haces homogéneo tanto en los sub-haces como en el perfil de haces 220 formado por los sub-haces, el primer elemento óptico difractivo 62 puede estar configurado de tal manera de no producir el perfil de haces 220 esquematizados en la figura 4 (de los perfiles de sub-haces 240 con distribución de intensidad gaussiana), sino el perfil de haces 260 con los perfiles de sub-haces 280 mostrado esquemáticamente en la figura 5. Los perfiles de sub-haces 280 de la figura 5 están configurados, cada uno, como un llamado perfil top-hat y presentan una distribución de intensidad uniforme por sobre todo el perfil de sub-haces 280 (sección transversal del sub-haz de láser). De este modo, también el perfil de haces 260 compuesto de los diferentes perfiles de sub-haces 280 (como se muestra en la figura 5) presenta una distribución de intensidad uniforme. De esta manera es posible, por una parte, irradiar al mismo tiempo un sector mayor de la capa de polvo que sin desdoblamiento del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200, lo cual aumenta la velocidad del proceso de fabricación y, consecuentemente, la productividad. Además se disminuyen o eliminan los picos de intensidad, porque la intensidad total del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200 está distribuido homogéneamente sobre una mayor superficie.

Ambos perfiles de haces mostrados en las figuras 4 y 5 son apropiados para el procesamiento plano (iluminación o irradiación) en los hatches de la capa de polvo y, en cada caso, pueden ser producidos mediante un primer elemento óptico difractivo 62 correspondientemente conformado. Para el procesamiento de los contornos exteriores, en lugar

del primer elemento ópticos difractivos 62 es desplegado el segundo elemento ópticos difractivos 64 en el trayecto de haces. También el segundo elemento óptico difractivo 64 puede estar configurado para la configuración de un perfil de haces mostrado en las figuras 4 y 5.

5 La figura 6 muestra una representación esquemática de una segunda forma de realización de una unidad óptica de irradiación 10, como parte de un equipo 100 para la fabricación de piezas; En lugar del primer y segundo elemento óptico difractivo 62, 64, la unidad de escaneado 60 presenta según la segunda forma de realización de la unidad óptica de irradiación 10 un espejo de acoplamiento 66. Por medio del espejo de acoplamiento 66 se introduce, en caso de necesidad, un haz de láser de diodo 300 en el trayecto de haces del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200. El haz de láser de diodos 300 es puesto a disposición mediante un láser de diodo 80 y presenta una longitud de onda de 808 nm. Alternativamente al láser de diodo 80 y del espejo de acoplamiento 66 es posible generar un haz de láser de diodo 300' mediante un láser de diodo 80' y, como muestra la figura 6, acoplado en el trayecto de haces del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200 por medio del espejo de acoplamiento 66' dispuesto entre el expansor de haces 40 y la lente de enfoque 50. Debido a que el haz de láser de diodo 300, 300' presenta una longitud de onda que difiere del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200 en más de 200 nm, la ventana 110 está configurada para dejar pasar tanto una longitud de onda del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200 en el rango de los 1075 nm como una longitud de onda del haz de láser de diodo 300, 300' del rango de los 808 nm.

En este caso, el haz de láser de diodo 300, 300' es acoplado de tal manera en el del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200 mediante el espejo de acoplamiento 66, 66', que impacta sobre el mismo punto de la capa de polvo y es conducido sobre la capa de polvo a lo largo de la misma trayectoria que la del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200. Como el espejo de acoplamiento 66 está dispuesto después de la unidad de enfoque 50, se enfoca solamente el haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200, mientras el haz de láser de diodo 300 impacta sin enfocar sobre la superficie de polvo alrededor del punto focal del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200. De esta manera dicho punto es precalentado localmente de manera selectiva sobre la capa de polvo mediante el haz de láser de diodo 300. El precalentamiento local selectivo mediante el haz de láser de diodo 300, debido al calentamiento local en el punto de impacto del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200, conduce a una disminución del gradiente térmico en la capa de polvo, que es un motivo de elevadas tensiones residuales en las piezas SLM<sup>®</sup> o SLS. Mediante la disminución o eliminación de los gradientes térmicos debido al precalentamiento local selectivo es posible fabricar piezas con mejores propiedades.

Alternativamente al uso del haz de láser de diodo 300 para el precalentamiento en el punto focal del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200, es concebible enfocar el haz de láser de diodo 300' también sobre un punto focal (ello sucede debido a que el espejo de acoplamiento 66' está dispuesto delante de la unidad de enfoque 50). A continuación, el haz de láser de diodo 300' enfocado puede ser conducido delante del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200 para la irradiación de la capa de polvo (y con ello para la fusión o sinterizado) o ser conducido detrás del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200.

La figura 7 muestra una representación esquemática de una tercera forma de realización de una unidad óptica de irradiación 10 como parte de un equipo 100 para la fabricación de piezas, que representa una combinación de la primera forma de realización de las figuras 1 y 2 y de la segunda forma de realización de la figura 6. En la tercera forma de realización, en la unidad de escaneado 60 se encuentran dispuestos, adicionalmente al espejo de acoplamiento 66, también los dos elementos ópticos difractivos 62, 64. En este caso, como se ha descrito anteriormente, la distribución de intensidad del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200 es homogeneizada mediante los elementos ópticos difractivos 62, 64. Como variante de la tercera forma de realización es concebible intercambiar el orden del espejo de acoplamiento 66 y de los dos elementos ópticos difractivos 62, 64 en el sentido del trayecto de haces del haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200, de manera que, en primer lugar, el haz de láser de diodo 60 es acoplado mediante el espejo de acoplamiento 66 al haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200 y el acoplamiento de haz de láser de diodo 300 y haz de láser SLM<sup>®</sup> o SLS 200 es homogeneizado en la manera descrita anteriormente mediante el elemento óptico difractivo 62, 64. También es concebible disponer el espejo de acoplamiento 66' delante de la unidad de enfoque 50, como muestra la figura 6.

**REIVINDICACIONES**

1. Equipo (100) para la fabricación de piezas mediante pulverización de capas de polvo de un polvo de materia prima por medio de radiación láser, incluyendo:
- un sustrato (130) sobre el cual es posible aplicar capas de polvo de un polvo de materia prima;
- 5 - una unidad óptica de irradiación (10), incluyendo:
- componentes ópticos (40, 50, 60, 70) para la guía y enfocado de una trayecto de haces de un primer haz de láser (200), y
  - una unidad óptica divisora o de acople (62, 64, 66) para dividir el primer haz de láser (200) en el menos dos sub-haces de láser con una intensidad en cada caso igual e intensidad diferente del primer haz de láser (200), estando la
- 10 unidad óptica divisora o de acople 62, 64, 66) configurada para generar un primer perfil de haz (220, 260) del primer haz de láser (200) mediante la división del primer haz de láser (200) en los al menos dos sub-haces de láser, y presentando la unidad óptica divisora o de acople (62, 64, 66) un elemento óptico difractivo (62) para la generación del primer perfil de haz (220, 260) del primer haz de láser (200) mediante la división del primer haz de láser (200) en los al menos dos sub-haces de láser; y
- 15 - una primera fuente de irradiación para la puesta a disposición del primer haz de láser (200), estando la unidad óptica de irradiación (10) configurada y dispuesta para irradiar una capa de polvo aplicada sobre el sustrato (130), con los sub-haces de láser del primer haz de láser (200), para de la materia prima fabricar una pieza mediante un procedimiento generativo de construcción.
2. Equipo (100) según la reivindicación 1, estando la unidad óptica divisora o de acople (62, 64, 66) configurada,
- 20 además, para acoplar un segundo haz de láser (300), con una longitud de onda diferente de la longitud de onda del primer haz de láser (200), en el trayecto de haces del primer haz de láser (200).
3. Equipo (100) según una de las reivindicaciones precedentes, presentando cada sub-haz de láser un perfil circular de haz (240) con distribución de intensidad gaussiana o cada sub-haz de láser presenta un perfil de haz (280) rectangular con distribución de intensidad uniforme.
- 25 4. Equipo (100) según la reivindicación 3, estando la unidad óptica divisora o de acople (62, 64, 66) configurada para dividir el primer haz de láser (200) en nueve sub-haces de láser de, en cada caso, igual intensidad diferente de la intensidad del primer haz de láser (200), de tal manera que los perfiles de haz (240, 280) de los nueve sub-haces de láser formen en un plano perpendicular respecto del trayecto de haces del primer haz de láser (200) un perfil de haces (220, 260) al menos casi cuadrado.
- 30 5. Equipo (100) según una de las reivindicaciones 3 a 4, en el cual la unidad óptica divisora o de acople (62, 64, 66) presenta, además, un segundo elemento óptico difractivo (64) para la generación de un segundo perfil de haz del primer haz de láser (200) diferente del primer perfil de haz (220, 260) mediante la división del primer haz de láser en al menos dos sub-haces de láser, siendo el primer elemento difractivo (62) y/o el segundo (64) insertable en el trayecto de haces del primer haz de láser (200) como reacción a una orden de una unidad de control conectada con
- 35 la unidad de irradiación óptica (10).
6. Equipo (100) según una de las reivindicaciones precedentes, presentando el primer haz de láser (200) una longitud de onda de 1064 nm a 1075 nm y el segundo haz de láser (300) una longitud de onda de 808 nm a 980 nm.
7. Equipo (100) según la reivindicación 1, estando la unidad óptica de irradiación (10), además, configurado para irradiar la capa de polvo con el acople del primer haz de láser (200) y el segundo (300), para mediante el
- 40 procedimiento generativo de construcción fabricar una pieza de la materia prima.
8. Equipo (100) según la reivindicación 7, presentando el equipo (100), además, una segunda fuente de irradiación (80) para la puesta a disposición del segundo haz de láser (300), y el equipo (100) presenta un dispositivo de control que está diseñado para controlar la unidad óptica de irradiación (10) de tal manera que el primer haz de láser (200) y el segundo haz de láser (300) impactan en el mismo punto sobre la capa de polvo.
- 45 9. Equipo (100) según la reivindicación 8, estando el dispositivo de control realizado para controlar la unidad de irradiación (10) de tal manera que el primer haz de láser (200) y el segundo haz de láser (300) describen el mismo trayecto sobre la capa de polvo.
10. Equipo (100) según la reivindicación 8 o 9, estando la unidad de control realizado para controlar la unidad óptica de irradiación (10) de tal manera que el segundo haz de láser (300) impacta sobre la capa de polvo desenfocado
- 50 alrededor del foco del primer haz de láser (200).
11. Equipo (100) según una de las reivindicaciones 1 a 10, presentando el equipo (100), además, una pluralidad de láseres de diodo que están dispuestos encima de la capa de polvo y configurados para con su irradiación de láser de diodo precalentar homogéneamente la capa de polvo.



12. Procedimiento para la fabricación de piezas mediante la irradiación de capas de polvo de un polvo de materia prima mediante radiación láser con ayuda del equipo según una de las reivindicaciones 1 a 11, con los pasos:

- aplicación de una capa de polvo del polvo de materia prima sobre el sustrato (130),

5 - división de un primer haz de láser (200) en al menos dos sub-haces de láser, en cada caso con una intensidad igual y diferente de la intensidad del primer haz de láser (200), para producir un primer perfil de haz (220, 260) del primer haz de láser (200) mediante la división del primer haz de láser (200) en los al menos dos sub-haces de láser, y

- irradiación de la capa de polvo aplicada sobre el sustrato (130) con los sub-haces de láser del primer haz de láser (200), para de la materia prima fabricar una pieza mediante el procedimiento generativo de construcción.

10 13. Procedimiento según la reivindicación 12, incluyendo el procedimiento, además, acople de un segundo haz de láser (300) con una longitud de onda diferente de la longitud de onda del primer haz de láser (200) a un primer haz de láser (200), incluyendo, además, el paso de la irradiación la irradiación de la capa de polvo aplicada sobre el sustrato (130) mediante el acople del primer haz de láser (200) y el segundo haz de láser (300), para mediante el procedimiento generativo de construcción fabricar una pieza de la materia prima.

15

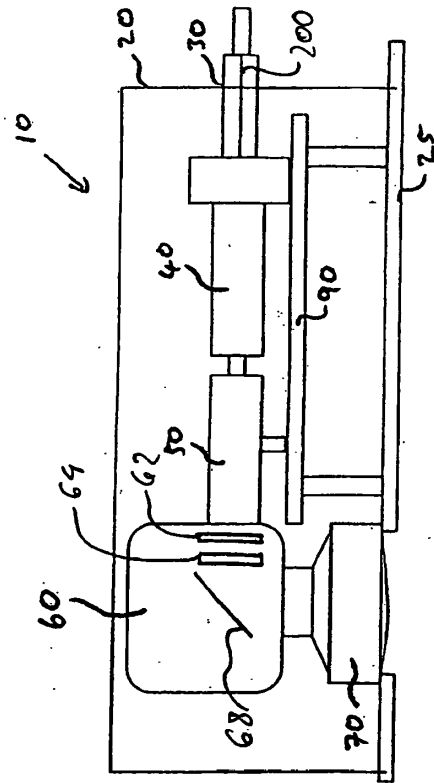


Fig. 1

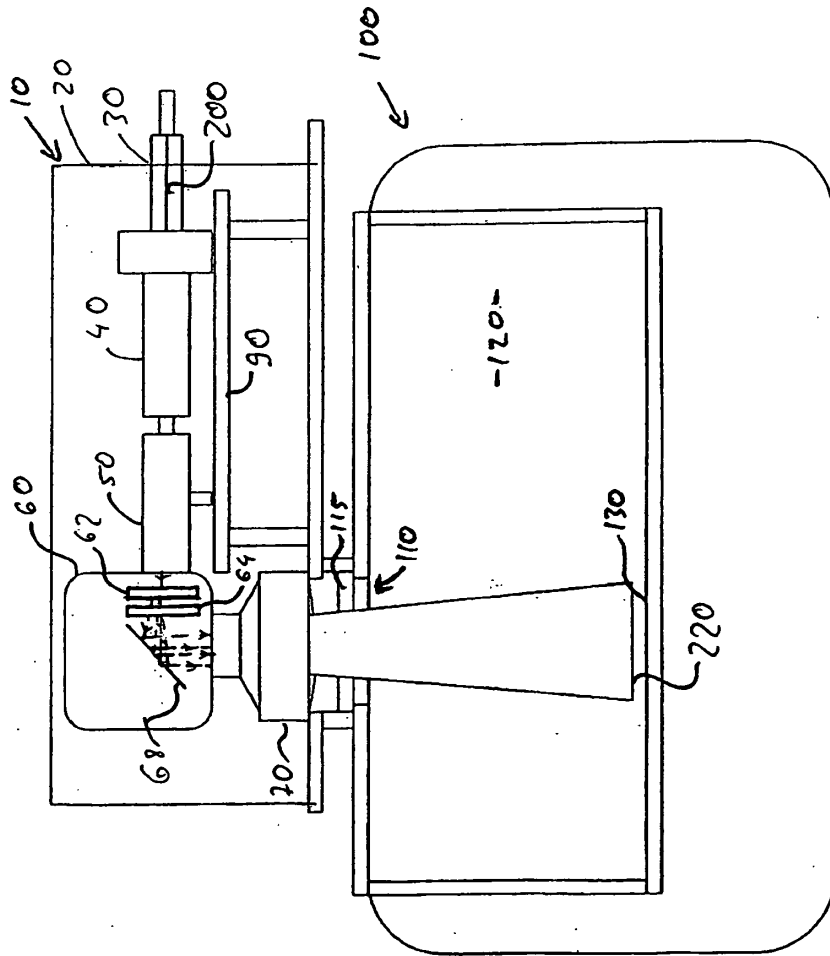
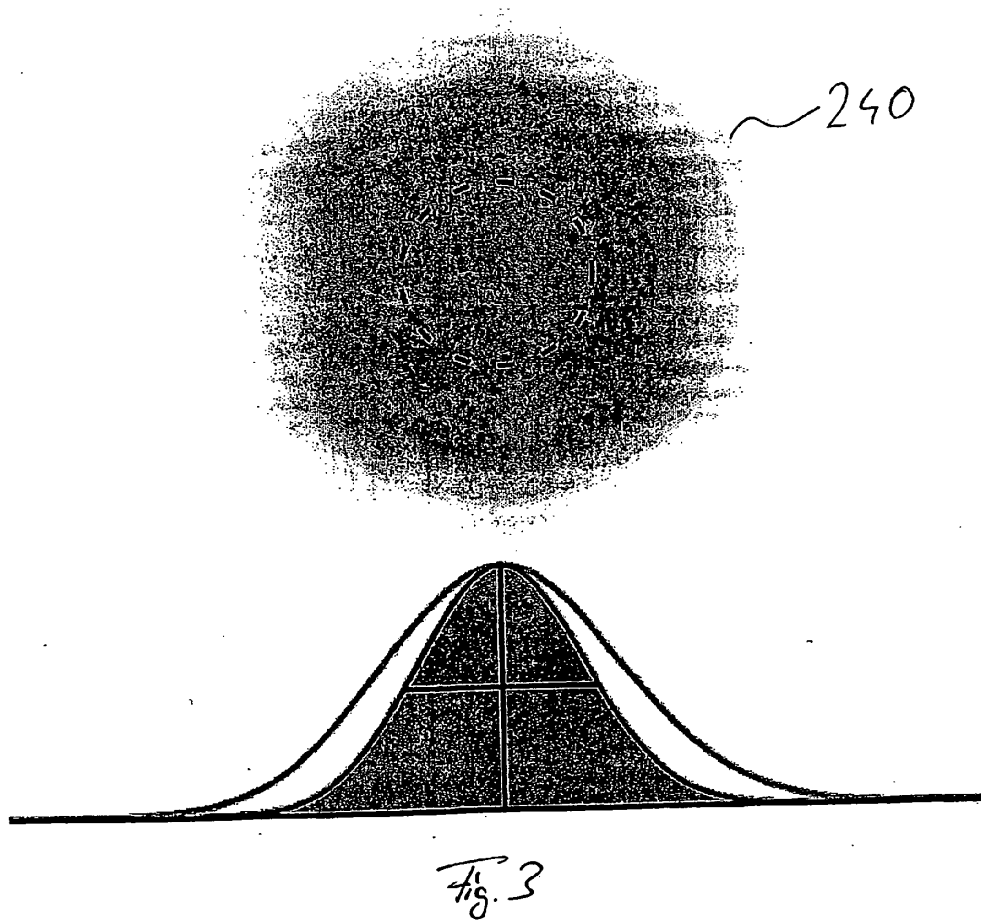
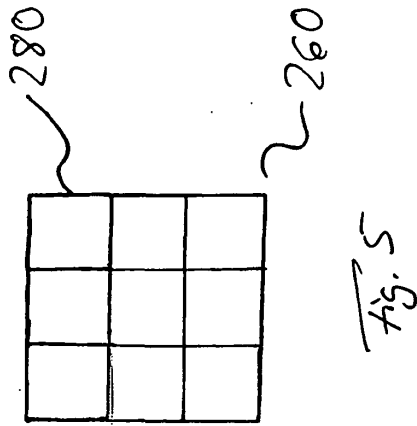
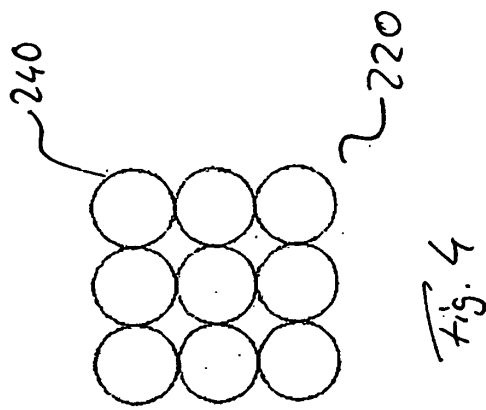


Fig. 2







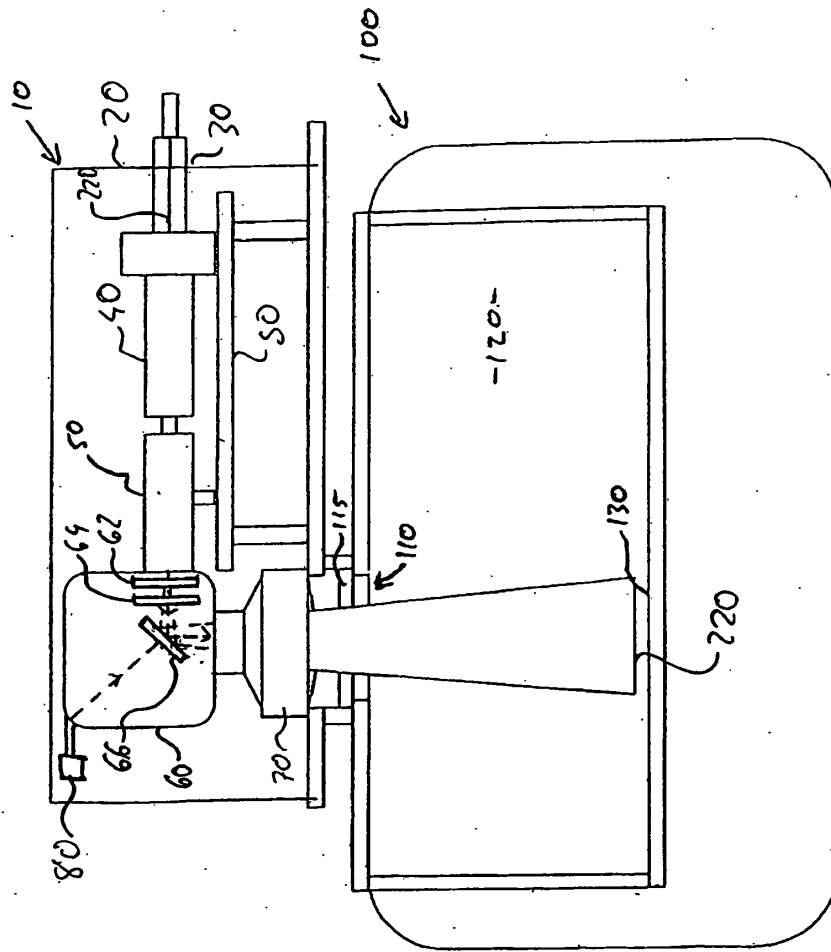


Fig. 7