

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 940 909**

51 Int. Cl.:

<b>B22F 12/45</b>	(2011.01)	<b>B23K 26/12</b>	(2006.01)
<b>B22F 12/00</b>	(2011.01)		
<b>B23K 26/06</b>	(2006.01)		
<b>H01S 3/00</b>	(2006.01)		
<b>B23K 26/342</b>	(2014.01)		
<b>B23K 26/082</b>	(2014.01)		
<b>B23K 26/14</b>	(2006.01)		
<b>B33Y 30/00</b>	(2015.01)		
<b>B29C 67/00</b>	(2006.01)		
<b>B23K 26/03</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.11.2016** **PCT/GB2016/053561**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.05.2017** **WO17085470**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.11.2016** **E 16808738 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.03.2023** **EP 3377253**

54 Título: **Módulo para aparato de fabricación aditiva**

30 Prioridad:

**16.11.2015 IN 3730DE2015**  
**05.01.2016 GB 201600122**  
**14.03.2016 GB 201604298**  
**21.03.2016 GB 201604728**  
**25.04.2016 GB 201607152**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.05.2023**

73 Titular/es:

**RENISHAW PLC (100.0%)**  
**New Mills**  
**Wotton-under-Edge, Gloucestershire GL12 8JR,**  
**GB**

72 Inventor/es:

**BROWN, CERI**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 940 909 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**

Módulo para aparato de fabricación aditiva

5 La presente invención hace referencia a un módulo para un aparato de fabricación aditiva y, en particular, a un módulo que comprende varios trenes ópticos para su utilización en la formación de objetos por capas.

10 Los métodos de fabricación aditiva o prototipado rápido para producir objetos comprenden la solidificación por capas de un material, como por ejemplo un material metálico en polvo, utilizando un haz láser. Se deposita una capa de polvo sobre un lecho de polvo en una cámara de construcción y se realiza una exploración con haz láser a través de partes de la capa de polvo que corresponden a una sección transversal del objeto que se está construyendo. El haz láser funde o sinteriza el polvo para formar una capa solidificada. Después de la solidificación selectiva de una capa, el lecho de polvo desciende en función del espesor de la capa recién solidificada y se extiende otra capa de polvo sobre la superficie y se solidifica, según sea necesario.

15 La utilización de cuatro haces láser se conoce a partir del documento DE 102005014483, cada uno de los cuales solidifica el polvo en un cuadrante diferente del lecho de polvo. Una disposición de este tipo puede aumentar la velocidad de construcción porque se pueden construir de forma simultánea diferentes partes de un objeto o diferentes objetos situados en diferentes cuadrantes con diferentes haces láser. Se proporcionan cuatro lentes f-theta como unidades de ventana situadas en la pared superior de la carcasa de la cámara de proceso.

20 El documento WO 2014/199134 describe una disposición que tiene cuatro láseres, cada uno asociado a uno de los cuatro módulos ópticos que están físicamente separados. Las zonas de exploración de cada láser se solapan, pero no coinciden con regiones del lecho de polvo a las que se puede dirigir uno, pero no todos los haces láser y una región central a la que se pueden dirigir los cuatro haces láser. El rendimiento de un escáner tiende a variar para diferentes posiciones del haz láser. Por ejemplo, si el escáner comprende espejos giratorios, la precisión de los espejos puede variar en función del ángulo. Además, a medida que el punto se aleja de una posición en la que el haz láser es perpendicular al lecho de polvo, el punto se volverá más elíptico. Como las ópticas para dirigir de forma individual cada haz láser tienen que estar físicamente separadas, es probable que la zona de exploración en la que se consigue un rendimiento particular para cada haz láser no coincida con la zona de exploración correspondiente para los otros haces láser. Al disponer el escáner de tal manera que cada zona de exploración sea inferior que el área total del lecho de polvo, se pueden utilizar las áreas en las que el escáner puede dirigir un haz láser con un rendimiento particular que no se solapan con las áreas correspondientes de los demás haces láser, al tiempo que se mantiene la flexibilidad para explorar las áreas del lecho de polvo que sí se solapan.

35 El documento WO 2010/026397 sugiere que un módulo óptico podría comprender dos o más trenes ópticos (la disposición dentro del módulo por la que pasa la luz láser). Por lo tanto, el módulo puede ser capaz de emitir dos o más haces láser en una cámara de procesamiento de forma simultánea. El documento describe que el módulo óptico tiene aberturas de salida para un tren óptico y una ventana en una cámara de construcción que, en esencia, es del tamaño de una lente f-theta del tren óptico.

40 Durante una construcción, la posición a la que se dirige un haz láser se puede desviar de la posición deseada/ordenada debido a cambios de temperatura en el módulo. En aparatos con varios trenes ópticos para dirigir varios haces láser, se puede producir una desviación térmica diferencial entre dos trenes ópticos debido a las diferencias de temperatura entre los trenes ópticos. Esto puede provocar que las secciones solidificadas adyacentes de la construcción, fundidas por diferentes haces láser, no se alineen como se desea.

45 En la presente memoria se describe un módulo para un aparato de fabricación aditiva que comprende más de un tren óptico, proporcionando cada tren óptico una ruta para que un haz láser pase a través del módulo y comprendiendo ópticas de direccionamiento para dirigir el haz láser hacia el material que se va a consolidar como parte de un proceso de fabricación aditiva por capas;

50 en donde el módulo se configura para emitir haces láser desde los más de un tren óptico a través de una única ventana en una cámara de construcción del aparato de fabricación aditiva.

55 El módulo puede comprender un punto o puntos de fijación para sujetar el módulo a la cámara de construcción del aparato de fabricación aditiva, de modo que el módulo puentee la ventana de la cámara de construcción.

60 De acuerdo con un primer aspecto, se proporciona un módulo para un aparato de fabricación aditiva en el que el material se consolida como parte de un proceso de fabricación aditiva por capas.

65 que comprende una cara inferior que tiene una abertura, una ventana del módulo dentro de la abertura y más de un tren óptico, proporcionando cada tren óptico una ruta para que un haz láser pase a través del módulo y comprendiendo ópticas de direccionamiento para dirigir el haz láser hacia el material que se va a consolidar; caracterizado por que los haces láser se dirigen a través de la única abertura común a los más de un tren óptico;

en donde el módulo se configura para emitir haces láser desde los más de un tren óptico a través de la ventana única en una cámara de construcción del aparato de fabricación aditiva.

5 El módulo puede comprender al menos una parte receptora de módulos de direccionamiento de haces. El módulo puede incluir un circuito térmico común que conecte térmicamente cada uno de los más de un tren óptico.

El circuito térmico común puede ser un circuito de refrigeración que comprenda canales de refrigeración.

10 El circuito de refrigeración puede enfriar el módulo en las proximidades de la abertura única común a los más de un tren óptico.

El módulo puede incluir una carcasa de construcción aditiva.

15 El módulo puede comprender una carcasa unitaria y/o común y/o integrada y/o integral y/o de una sola pieza y/o única y/o compartida y/o interconectada y/o coincidente.

Cada tren óptico puede tener un volumen de irradiación asociado. Cada volumen de irradiación se puede solapar con otro u otros volúmenes de irradiación, definiendo de este modo un solapamiento de volúmenes de irradiación.

20 El módulo puede proporcionar un solapamiento del volumen de irradiación que contenga, durante la utilización, al menos parte en la ventana de la cámara de construcción. El solapamiento del volumen de irradiación puede contener al menos parte de la ventana del módulo.

25 Se proporciona un aparato para un aparato de fabricación aditiva que comprende un módulo óptico en donde cada tren óptico proporciona la ruta para que el haz láser pase a través del módulo óptico desde una parte receptora de haces hasta las ópticas de direccionamiento para dirigir el haz láser hacia el material que se va a consolidar, se proporciona un bastidor metrológico dentro del cual se monta el módulo óptico entre una placa inferior y una placa superior para emitir haces láser desde los más de un tren óptico a través de una ventana en una cámara de construcción del aparato de fabricación aditiva, estando el bastidor metrológico dispuesto para acoplarse con fibras ópticas y comprendiendo vías ópticas para dirigir los haces láser desde las fibras ópticas hacia las partes receptoras de haces láser utilizando elementos reflectantes y/o refractivos y/o difractivos.

30 El bastidor metrológico puede comprender laterales. El bastidor metrológico puede comprender canales de refrigeración. Opcionalmente, se proporciona una ventana de módulo en una carcasa o en la placa inferior y/o formando parte de ella, de tal manera que los haces láser de los más de un tren óptico se emitan a través de la ventana del módulo.

35 El aparato puede comprender un punto o puntos de fijación para sujetar el bastidor metrológico a la cámara de construcción de modo que el bastidor metrológico puentee la ventana (107) en la ventana de la cámara de construcción.

La carcasa puede ser una carcasa de construcción aditiva.

40 De acuerdo con otro aspecto se proporciona un aparato de fabricación aditiva que comprende el módulo del primer aspecto.

45 De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un aparato de fabricación aditiva que comprende una cámara de construcción que comprende varias ventanas, comprendiendo el aparato de fabricación aditiva además una matriz de módulos de acuerdo con la reivindicación 1, estando cada módulo de la matriz de módulos dispuesto para emitir haces láser desde múltiples trenes ópticos a través de varias ventanas en la cámara de construcción.

La matriz puede ser una matriz unidimensional. Los varios módulos de la matriz pueden ser módulos alargados y disponerse juntos a lo largo de un eje menor.

50 La matriz puede ser una matriz bidimensional. La matriz bidimensional puede comprender más de dos módulos en una primera dirección y puede comprender más de dos módulos en una segunda dirección, las direcciones primera y segunda pueden ser ortogonales.

55 El aparato de fabricación aditiva puede comprender una cámara de construcción, el módulo se puede sujetar a la cámara de construcción, el módulo puede ser capaz de dirigir al menos un haz láser a un plano de trabajo en donde cada haz láser define una zona de exploración en el plano de trabajo.

60 El aparato de fabricación aditiva puede comprender un módulo dispuesto de tal manera que una huella del módulo en una cámara de construcción no sea mayor que el área que puede ser irradiada por el módulo en un plano de trabajo.

65

Además, se describe un aparato de fabricación aditiva para construir un objeto en un proceso aditivo por capas que comprende una matriz de módulos, comprendiendo al menos un módulo más de un tren óptico, proporcionando cada tren óptico una ruta para que un haz láser pase a través del módulo y comprendiendo ópticas de direccionamiento para dirigir el haz láser hacia el material que se va a consolidar, en donde la matriz es una matriz bidimensional y comprende más de dos módulos en una primera dirección y más de dos módulos en una segunda dirección, siendo las direcciones primera y segunda ortogonales, y en donde la matriz se dispone en el aparato de fabricación aditiva de forma que proporciona un área que se puede explorar de forma continua.

Los módulos de la matriz se pueden separar de tal manera que al menos parte del área que se puede explorar en el plano de trabajo se puede explorar mediante láseres tanto de un primer módulo como de un segundo módulo.

Para que la invención se comprenda mejor, se describirá a continuación, sólo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es una vista esquemática de un aparato de solidificación por láser de acuerdo con una forma de realización;

La Figura 2 es una vista esquemática del aparato de solidificación por láser de la Figura 1 desde otro lado;

La Figura 3 muestra una vista en planta de una carcasa para un módulo de acuerdo con una forma de realización de la invención;

La Figura 4 muestra una vista de perfil de la carcasa del módulo de la Figura 3;

La Figura 5 muestra una sección transversal del módulo durante la utilización según se observa a lo largo de la línea V-V de la carcasa del módulo de la Figura 3;

La Figura 6 muestra una forma de realización alternativa de un módulo de acuerdo con la invención;

La Figura 7 muestra una vista en planta de otra forma de realización de una carcasa para un módulo de acuerdo con la invención;

La Figura 8 muestra una vista en planta de otra forma de realización de una carcasa para un módulo de acuerdo con la invención montado en una cámara de construcción de un aparato de fabricación aditiva;

La Figura 9a muestra una vista en planta de la forma de realización de la Figura 8 montada en una cámara de construcción de un aparato de fabricación aditiva;

La Figura 9b muestra las zonas de exploración producidas por el módulo de la Figura 9a en un plano de trabajo del aparato de fabricación aditiva;

La Figura 10a muestra una matriz de módulos ópticos situada dentro de un aparato de fabricación aditiva;

La Figura 10b muestra un módulo óptico que comprende un dispositivo de captura de imágenes.

La Figura 10c muestra las zonas de exploración producidas por la matriz de la Figura 10a en un plano de trabajo del aparato de fabricación aditiva;

La Figura 11 muestra otra forma de realización de un módulo de acuerdo con la invención;

La Figura 12a muestra una vista en planta de otra forma de realización alternativa de un módulo de acuerdo con la invención;

La Figura 12b muestra varios módulos de la Figura 12a dispuestos en una matriz bidimensional dentro de un aparato de fabricación aditiva;

La Figura 12c muestra las zonas de exploración producidas por la matriz de la Figura 12b en un plano de trabajo del aparato de fabricación aditiva.

Con referencia a las Figuras 1 y 2, un aparato de solidificación por láser que comprende un módulo óptico 105 de acuerdo con una forma de realización de la invención comprende además una plataforma de construcción 102 para soportar un objeto 103 construido por fusión selectiva por láser de polvo 104. La plataforma 102 se puede bajar en la cámara 101 a medida que se forman las capas sucesivas del objeto 103. Las capas de polvo 104 se forman a medida que se construye el objeto 103 mediante el aparato dispensador 108 y un rascador 109. Por ejemplo, el aparato dispensador 109 puede ser un aparato como el descrito en el documento WO 2010/007396. Cuatro láseres 1, 2, 3 y 4, como por ejemplo Nd:YAG o láser de fibra, generan cada uno un haz láser para fundir el polvo 104. Cada haz láser es dirigido según sea necesario mediante el módulo óptico 105 y los módulos de direccionamiento de haces 106 bajo el control de un ordenador 130. Los haces láser entran en la cámara de construcción 101 por medio de una ventana 107. Cada haz láser se puede dirigir de forma independiente para solidificar áreas diferentes del lecho de polvo 104.

Se disponen una entrada 112 y una salida 110 para generar un flujo de gas a través del lecho de polvo formado sobre la plataforma de construcción 102. La entrada 112 y la salida 110 se disponen para producir un flujo laminar que tenga una dirección de flujo desde la entrada a la salida, según se indica mediante las flechas 118. El gas se recircula desde la entrada 112 a la salida 110 a través de un bucle de recirculación de gas 111. Una bomba 113 mantiene el flujo de gas deseado en la entrada 112. Se proporciona un filtro 114 en el bucle de recirculación 111 para filtrar el condensado y otras partículas que hayan quedado atrapadas en el flujo. Se entenderá que pueda proporcionar más de una entrada 112 en la cámara de construcción 101. Además, en lugar de extenderse hacia el exterior de la cámara de construcción 101, el bucle de recirculación 111 puede estar contenido en el interior de la cámara de construcción 101.

El ordenador 130 comprende una unidad de procesamiento 131, una memoria 132, una pantalla 133, un dispositivo de entrada de usuario 135, como por ejemplo un teclado, una pantalla táctil, etc., una conexión de datos a los módulos de la unidad de sinterización por láser, como por ejemplo el módulo óptico 105, los módulos de direccionamiento de

haces 106 y los módulos láser 1 a 4, y una conexión de datos externa 135. Almacenado en la memoria 132 hay un programa informático que instruye a la unidad de procesamiento 131 para llevar a cabo métodos de construcción.

Las Figuras 3 y 4 muestran una carcasa para un módulo óptico y la Figura 5 muestra un módulo óptico 105 con más detalle. El módulo óptico 105 tiene una carcasa que comprende un cuerpo principal 115, y cuatro partes receptoras de haces láser 120a, 120b, 120c, 120d para acoplarse a una fuente de haces láser 1, 2, 3, 4 y partes receptoras de módulos de direccionamiento de haces 122a, 122b, 122c, 122d. Se apreciará que, aunque se muestran cuatro partes receptoras de haces láser 120 y cuatro partes receptoras de módulos de direccionamiento de haces 122, esto no tiene por qué ser el caso y en otras formas de realización del módulo óptico 105 se pueden proporcionar menos (por ejemplo, dos o tres) o más (por ejemplo, cinco, seis, siete, ocho o más) partes receptoras de haces láser 120 y partes receptoras de módulos de direccionamiento de haces 122. Si bien la forma de realización ilustrada muestra cada parte receptora de haces láser 120 adaptada para recibir un láser o módulo láser 1, 2, 3, 4, se apreciará que esto no tiene por qué ser el caso y que una, algunas, muchas o cada una/todas las partes receptoras de haces láser 120 se pueden adaptar para recibir un haz láser de cualquier otra forma adecuada, incluido un haz láser emitido mediante un cable de fibra óptica o un haz láser emitido a través del espacio/a través de un hueco. En dichos casos, cada parte receptora de haces láser 120 puede recibir un haz láser desde un láser diferente o un único láser puede producir un haz láser que se divida en varios haces láser, cada uno de los cuales se proporciona a una parte receptora de haces láser 120 correspondiente. Además, si bien la forma de realización ilustrada muestra que cada parte receptora de haces láser 120 tiene una parte receptora de módulos de direccionamiento de haces 122 asociada, esto no tiene por qué ser el caso, y una única parte receptora de módulos de direccionamiento de haces 122 se puede adaptar para recibir un módulo de direccionamiento de haces 106 para dirigir más de un haz láser desde una o más fuentes láser y, en algunas formas de realización, puede haber una única parte receptora de módulos de direccionamiento de haces 122 para recibir un módulo de direccionamiento de haces 106 para dirigir todos los haces láser. En todavía otras formas de realización, las ópticas de direccionamiento de haces pueden estar incorporadas, es decir, no se pueden extraer fácilmente de la carcasa 115/módulo óptico 105 y no es necesario proporcionar partes receptoras de módulos de direccionamiento de haces 122.

La Figura 5 muestra una sección transversal del módulo óptico 105 tomada a lo largo de la línea V-V de la carcasa 115 del módulo de la Figura 3 y muestra los láseres 1 y 3. La Figura 5 muestra también dos módulos de direccionamiento de haces 106b, 106c. Se muestra un primer módulo de direccionamiento de haces 106c (en el lado derecho de la figura) asociado con el láser 3, es decir, un primer módulo de direccionamiento de haces 106c se recibe en la parte receptora de módulos de direccionamiento de haces 122c asociada con la parte receptora de haces láser 120c en la que se recibe el láser 3. Un segundo módulo de direccionamiento de haces 106b (en el lado izquierdo de la figura) se recibe en la parte receptora de módulos de direccionamiento de haces 122b asociada con la parte receptora de haces láser 120b en la que la Figura 1 muestra que se recibe el láser 2. Según se muestra en la Figura 5, un láser 3 produce un haz láser 116c que se dirige a lo largo de una trayectoria de haz definida por un tren óptico y que pasa al módulo de direccionamiento de haces 106 que dirige el haz láser 116 fuera del módulo óptico 105 de forma que pase a la cámara de construcción 101 a través de la ventana 107 y alcance una ubicación deseada en el polvo 104. El haz láser 116 se muestra saliendo del módulo óptico 105 a través de la abertura 123, que en esta forma de realización es una única abertura 123 común a todos los trenes ópticos proporcionados por el módulo óptico 105. Se apreciará que la trayectoria del haz puede ser controlada por el módulo de direccionamiento de haces 106 que forma parte del tren óptico. Se apreciará que el módulo óptico 105 de la presente forma de realización tenga cuatro trenes ópticos, estando cada tren óptico asociado con una parte receptora de haces láser 120a, 120b, 120c, 120d y a una parte receptora de módulos de direccionamiento de haces 122a, 122b, 122c, 122d. El módulo de direccionamiento de haces 106c se muestra de forma esquemática con un par de lentes de enfoque y un espejo; sin embargo, se entenderá que el módulo de direccionamiento de haces pueda contener cualquier disposición adecuada de elementos ópticos para dirigir el haz láser 116 a la ubicación deseada dentro de la cámara de construcción. Preferiblemente, el módulo de direccionamiento de haces 106 comprende un par de espejos (por ejemplo, espejos accionados por Galvano) para dirigir el haz láser 116 en dos dimensiones sobre el polvo 104 dentro de la cámara de construcción 101. El módulo de direccionamiento de haces 106 puede comprender cualquier disposición adecuada de elementos de enfoque (incluido el desenfoque), elementos reflectantes, elementos refractivos, elementos difractivos o elementos de direccionamiento para dirigir, reflejar, refractar, difractar, enfocar o dar forma al haz láser. Cada módulo de direccionamiento de haces 106 puede contener la misma disposición para dirigir, reflejar, refractar, difractar, enfocar o dar forma al haz láser, sin embargo, esto no tiene por qué ser el caso y cada módulo de direccionamiento de haces 106 se puede adaptar para dirigir, reflejar, refractar, difractar, enfocar o dar forma a cada haz láser de una manera diferente. Se puede observar que la cara inferior (es decir, la cara que se dirige a la ventana 107 de la cámara de construcción 101 durante la utilización) del módulo óptico 105 tiene una abertura 123 a través de la cual se puede dirigir el haz o los haces láser 116. Se puede proporcionar una ventana del módulo 117 dentro de la abertura 123. La ventana del módulo 117 se puede utilizar para proteger de la contaminación a los módulos de direccionamiento de haces 106 u otros elementos del del módulo óptico 105 o dentro del mismo.

Las Figuras 1, 2 y 5 muestran el módulo óptico 105 montado dentro de un aparato de solidificación selectiva por láser. Las figuras muestran el módulo óptico 105 extendiéndose más allá de los bordes de la ventana 107, esto permite que el módulo óptico 105 se fije (es decir, se mantenga) en su lugar en varias posiciones alrededor de la ventana 107, en otras formas de realización el módulo óptico 105 se puede fijar en su lugar mediante una única conexión que se extiende al menos parcialmente alrededor de la ventana 107 y puede rodear por completo la ventana 107 en otras

formas de realización. Al proporcionar un único módulo óptico 105 capaz de recibir varios haces láser que se dirigirán a una cámara de construcción 101 a través de la ventana 107, se consigue una conexión física y térmica entre las partes del módulo óptico 105 que están asociadas con cada tren óptico, así como el establecimiento de una relación posicional entre cada parte receptora de haces láser 120.

La Figura 5 muestra los canales de refrigeración 128 que, en esta forma de realización, están situados cerca de la cara inferior del módulo óptico 105 (es decir, la cara del módulo óptico 105 situada frente a la cámara de construcción). La carcasa que forma parte del módulo óptico 105 se construye de forma aditiva, de tal manera que la carcasa es de una sola pieza. Los canales de refrigeración 128 pueden formar un circuito de refrigeración común (es decir, un circuito térmico común) para mantener una temperatura uniforme en todo el módulo óptico 105 o para mantener una temperatura uniforme en al menos un volumen proximal a una cara inferior del módulo óptico 105 o para mantener una temperatura uniforme en al menos un volumen proximal a la abertura 123 del módulo óptico 105. Los canales de refrigeración 128 permiten que una parte del módulo óptico 105 asociada con un tren óptico particular se conecte térmicamente con las partes del módulo óptico 105 asociadas con otros trenes ópticos. En algunas formas de realización, pueden no proporcionarse los canales de refrigeración 128 y el circuito de refrigeración, en dichas formas de realización se entenderá que se seguirá proporcionando un circuito térmico común entre las partes del módulo óptico 105 asociadas con diferentes trenes ópticos mediante la conducción de calor a través de la carcasa del módulo óptico 105.

Al proporcionar conexión térmica por conducción a través de la carcasa del módulo óptico 105 y, opcionalmente, mediante el circuito de refrigeración común que pueden proporcionar los canales de refrigeración 128, se puede producir transferencia de calor entre las partes del módulo óptico 105 asociadas con un tren óptico particular, durante la utilización a través de la ventana 107, es decir, a través de la parte del módulo óptico 105 situada en el área por encima de la ventana 107 en la cámara de construcción 101 entre una parte del módulo óptico 105 asociada con un tren óptico particular y una parte del módulo óptico 105 asociada con un tren óptico diferente. Cada tren óptico se conecta térmicamente directamente con al menos otro tren óptico. Las Figuras 1, 2 y 5 muestran el módulo óptico 105 sujeto a la cámara de construcción a ambos lados de la ventana 107. Al proporcionar conexión térmica entre los trenes ópticos del módulo óptico 105, se proporciona un puente térmico a través de la ventana 107 de la cámara de construcción 101.

La Figura 5 muestra de forma esquemática los volúmenes de irradiación 129b, 129c. El volumen de irradiación 129c representa las trayectorias a lo largo de las cuales se puede dirigir el haz láser 116c (ya sea debido a restricciones físicas que se puedan imponer, por ejemplo, por el módulo de direccionamiento de haces 106c y/o restricciones impuestas por el control del sistema por el ordenador 130 que puedan ser definidas por el usuario). Los volúmenes de irradiación 129a, 129d son similares a los volúmenes de irradiación 129b, 129c y se sitúan detrás de los volúmenes de irradiación 129b, 129c en la Figura 5. Los volúmenes de irradiación de la presente forma de realización son, en esencia, poliédricos y pueden ser, en esencia, pentaédricos, en otras formas de realización los volúmenes de irradiación 129 pueden ser, en esencia, cónicos. Del mismo modo, el volumen de irradiación 129b representa las trayectorias a lo largo de las cuales se podría dirigir el haz láser 116b de un láser 2 (no mostrado en la Figura 5). Según se muestra, el volumen de irradiación 129b y el volumen de irradiación 129c se solapan para crear un espacio de solapamiento tridimensional, en lo sucesivo en la presente memoria denominado solapamiento del volumen de irradiación. El solapamiento del volumen de irradiación pasa a través de un plano que coincide con la ventana 107 de la cámara de construcción 101 y el solapamiento del volumen de irradiación se extiende a través de al menos parte de la ventana 107 al nivel de dicho plano. Dicho solapamiento de los volúmenes de irradiación permite solapar las áreas a las que se pueden dirigir cada haz láser sobre el lecho de polvo. En la forma de realización ilustrada, cada volumen de irradiación 129a, 129b, 129c, 129d asociado con cada tren óptico se solapa con cada uno de los otros volúmenes de irradiación 129a, 129b, 129c, 129d; sin embargo, esto no tiene por qué ser el caso. Se apreciará que cada módulo de direccionamiento de haces 106 se controle para dirigir los haces láser 116 de tal manera que los haces láser 116 no interactúen de manera no deseada entre sí en el solapamiento del volumen de irradiación. Como la ventana 107 se extiende en el solapamiento del volumen de irradiación, la división de la ventana en dos o más ventanas separadas no es deseable ya que los volúmenes de irradiación intersectarían el divisor entre cualquiera de dichas ventanas separadas. Durante la utilización, cada volumen de irradiación 129a, 129b, 129c, 129d definirá una zona de exploración 119 (véase la Figura 9b) en un plano de trabajo (es decir, un plano que contiene el lecho de polvo al que se puede dirigir un haz láser 116 asociado).

En anteriores dispositivos de solidificación selectiva por láser, como por ejemplo el descrito en el documento WO 2014/199134, se han montado cuatro módulos láser alrededor de una ventana en una cámara de construcción, cada uno de los cuales soporta un módulo óptico y un extremo libre de cada disposición módulo láser/módulo óptico en voladizo sobre la ventana. Esto presenta multitud de retos, en primer lugar, cada disposición módulo láser/módulo óptico se debe montar con precisión con respecto a la cámara de construcción para garantizar que cada haz láser se dirija al lugar correcto del lecho de polvo. A medida que aumenta el número de láseres de este modo, también lo hace la complejidad del montaje del dispositivo de solidificación selectiva por láser. Al proporcionar un único módulo óptico 105 que puede recibir múltiples haces láser, el módulo óptico 105 reduce la complejidad del proceso de montaje del dispositivo de solidificación selectiva por láser. Un segundo reto al que se enfrenta el dispositivo del documento WO 2014/199134 se produce durante el funcionamiento del dispositivo, ya que a medida que los haces láser funden o sinterizan el polvo para formar un objeto, parte de la energía del haz láser es absorbida por componentes del tren

óptico (es decir, espejos) y, adicionalmente, la energía puede ser reflejada por el polvo y/o el baño de fusión y, a continuación, puede ser absorbida por una disposición de módulo láser/módulo óptico. Esto provoca un calentamiento diferencial de las disposiciones módulo láser/módulo óptico, de forma que la parte de las disposiciones que está orientada hacia la cámara de construcción experimenta un mayor efecto de calentamiento en comparación con la parte de la disposición distal de la cámara de construcción. Esto puede provocar la distorsión (es decir, la flexión) del conjunto módulo láser/módulo óptico, lo que a su vez modifica la posición real a la que se dirige el haz láser en comparación con la posición nominal/ordenada. Como cada disposición módulo láser/módulo óptico está aislada, cada conjunto se puede deformar una cantidad diferente y/o de una manera diferente. Si bien cada disposición módulo láser/módulo óptico se puede conectar por medio de partes del aparato (como por ejemplo la cámara de construcción), no se proporciona ninguna conexión térmica directamente entre los trenes ópticos, en las escalas de tiempo requeridas para lograr una construcción precisa. Por consiguiente, los módulos ópticos no están conectados térmicamente y la distorsión de cada disposición módulo láser/módulo óptico es independiente de la distorsión de las demás disposiciones módulo láser/módulo óptico.

Al proporcionar un módulo óptico 105 que puede recibir múltiples láseres, el módulo óptico 105 aborda el problema de varias maneras. En primer lugar, al proporcionar un circuito térmico entre cada parte del módulo óptico 105 asociada con cada tren óptico, el módulo óptico 105 puede actuar como disipador de calor y distribuir la energía absorbida del láser o la energía absorbida debido a la reflexión de la energía láser por el polvo y/o el baño de fusión de manera más uniforme en todo el módulo óptico y reducir de este modo la distorsión localizada que afecta a la trayectoria de un haz láser en comparación con otro. Los trenes ópticos se unen térmicamente a través de la ventana 107. Al deslocalizar cualquier energía térmica que pueda provocar la deformación del módulo óptico 105 a través del módulo óptico 105, disminuirán las tensiones localizadas experimentadas por el módulo óptico 105 y se reducirá la tendencia del calentamiento a deformar el módulo óptico 105 (incluido el desplazamiento de las posiciones en las que los haces láser son recibidos por el módulo óptico 105). En segundo lugar, al fijar el módulo óptico 105 en varias posiciones alrededor de la ventana 107 o al fijar el módulo óptico 105 en su lugar mediante una única conexión que se extienda al menos parcialmente alrededor de la ventana 107 o que pueda rodear la ventana 107 de modo que el módulo óptico 105 haga de puente con la ventana 107 de la cámara de construcción 101, el módulo óptico 105 no tiene un extremo libre y se resiste a la deformación del módulo óptico 105 causada por flexión por el calentamiento diferencial (es decir, la expansión debida al calentamiento de un lado inferior del módulo óptico 105).

Al dotar al módulo óptico 105 de una abertura 123 común a todos los trenes ópticos, los haces láser 116 pueden salir del módulo óptico 105 y dirigirse a una cámara de construcción 101 a través de una única ventana 107 en la cámara de construcción 101. Es importante proteger la ventana 107 de, por ejemplo, la condensación que se deposita en ella y existen muchos sistemas diseñados para proteger la ventana, como por ejemplo, proporcionar un flujo laminar de gas a través de la ventana. Al proporcionar una única abertura 123 en el módulo óptico 105 es posible reducir el área total de la ventana 107 para que sea menor que el área total equivalente de la ventana necesaria proporcionando varias ventanas.

Se apreciará que, si bien las formas de realización mostradas en las figuras y descritas anteriormente hacen referencia a un único módulo óptico unitario (de una sola pieza) 105, el módulo óptico 105 puede, en otras formas de realización, comprender más de una disposición de módulos ópticos que se hayan vinculado térmicamente para proporcionar un circuito térmico común entre los trenes ópticos del módulo óptico 105, extendiéndose la conexión térmica durante la utilización a través de una ventana 107 situada en una cámara de construcción 101. Al proporcionar conexión térmica entre los trenes ópticos del módulo óptico 105 se proporciona un puente térmico a través de una ventana 107 de la cámara de construcción 101.

La Figura 6 muestra una ventana de puenteo del módulo 107, que comprende un módulo óptico 105 montado dentro de un bastidor metrológico 124. En la Figura 6 se muestran los haces láser 116a, 116c que se emiten a las partes receptoras de haces láser 120 del módulo óptico 105 a lo largo de las fibras 121a, 121c que pueden ser fibras ópticas, sin embargo, esto no tiene por qué ser el caso y se apreciará que los haces láser se puedan generar por fuentes láser recibidas dentro de las partes receptoras de haces láser 120 como por ejemplo las fuentes láser 1, 2, 3, 4 en las formas de realización mostradas en las Figuras 1, 2 y 5. Como se puede observar en la forma de realización de la Figura 6, el módulo óptico 105 no se sujeta directamente a la cámara de construcción, sino que el módulo óptico 105 se monta dentro de un bastidor metrológico 124. El bastidor metrológico 124 comprende una placa inferior 125 (es decir, una placa que durante la utilización está montada proximalmente a la cámara de construcción 101) y una placa superior 127 (es decir, una placa que durante la utilización está montada distalmente a la cámara de construcción 101). La placa inferior 125 puede ser una placa reflectante diseñada para reflejar cualquier luz láser que haya sido reflejada por el polvo y/o el baño de fusión. La placa inferior 125 puede ser una placa que sea reflectante y que puede comprender una ventana o abertura correspondiente a la abertura de la cara inferior del módulo óptico 105 para permitir el paso de los haces láser 116. La placa inferior 125 y la placa superior 127 en la forma de realización ilustrada están unidas por los lados 126. Los lados 126 se pueden proporcionar en un par de lados opuestos del bastidor metrológico 124 o se pueden proporcionar en todos los lados del bastidor metrológico 124. Si, como es el caso en la forma de realización mostrada en la Figura 6, los haces láser se generan fuera del bastidor metrológico 124, los lados 126 pueden ser capaces de transmitir los haces láser y dirigirlos al módulo óptico 105, que puede estar formado por las fibras ópticas 121 mostradas en la Figura 6. Esto no tiene por qué ser el caso y el bastidor metrológico 124 puede estar provisto de abertura(s) para permitir que los haces láser 116 entren en el bastidor metrológico 124 y en el módulo

óptico 105 y dirijan los haces láser 116 a lo largo de una vía óptica utilizando elementos reflectantes, refractivos, difractivos o similares. La Figura 6 muestra las fibras 121a, 121c que atraviesan el marco óptico 124 y están acopladas a las partes receptoras de haces láser 120a, 120c; en otras formas de realización, las fibras se pueden acoplar al bastidor metrológico 124 y el bastidor metrológico 124 puede proporcionar una vía óptica que dirija los haces láser 116 hacia las partes receptoras de haces láser 120 utilizando elementos reflectantes, refractivos, difractivos o similares. La placa inferior 125 se puede fabricar de un material elegido por su resistencia a la flexión debida al calentamiento diferencial de las caras superior e inferior, lo que puede incluir factores como por ejemplo la rigidez y/o la capacidad calorífica específica y/o la conductividad térmica, la placa inferior 125 se puede fabricar de aluminio o acero o cualquier otro metal o material adecuado. La placa superior 127 se puede elegir por su resistencia a la flexión, lo que puede incluir factores como por ejemplo la rigidez y/o la conductividad térmica y/o la capacidad calorífica específica, etc., la placa superior 127 se puede fabricar de aluminio o acero o cualquier otro metal o material adecuado. El bastidor metrológico 124 puede incluir además elementos de refuerzo (no mostrados) para resistir la flexión y puede incluir también canales de refrigeración (no mostrados) que pueden formar un circuito térmico a través de una parte o la totalidad de la placa inferior 125. En la forma de realización mostrada en la Figura 6, se puede proporcionar una ventana de módulo 117 (no mostrada) similar a la descrita en la Figura 5. La ventana de módulo 117 se puede situar dentro de la carcasa 115 de una manera similar a la mostrada en la Figura 5 o se puede proporcionar en la placa inferior 125 o formar parte de ella.

Si bien el módulo óptico 105 se ha descrito anteriormente como que se extiende más allá/es más grande que la ventana 107 de la cámara de construcción 101 (por ejemplo, la forma de realización mostrada en las Figuras 1 y 2), se apreciará que ese no tenga por qué ser el caso de la forma de realización mostrada en las figuras.

El módulo óptico 105 de la Figura 6 no se sujeta directamente a la cámara de construcción 101, sino que el módulo óptico 105 se sujeta a la cámara de construcción 101 por medio de la placa inferior 125 del bastidor metrológico 124. Siempre que la placa inferior 125 del bastidor metrológico 124 se sujete, durante la utilización, en varias posiciones alrededor de la ventana 107 o se fije en su lugar mediante una única conexión que se extienda al menos parcialmente alrededor de la ventana 107 y que pueda rodear la ventana 107, entonces se pueden experimentar las ventajas de dicho montaje incluso si el módulo óptico 105 no está dimensionado para abarcar la ventana 107. En otras formas de realización, el módulo óptico 105 puede proporcionar una, algunas, muchas o todas/cada una de las características del bastidor metrológico 124 (por ejemplo, la placa reflectante 125 o los rigidizadores). En otras formas de realización, el módulo óptico 105 puede estar formado por varias disposiciones de módulos ópticos para proporcionar varios trenes ópticos dentro del bastidor metrológico 124.

La Figura 7 muestra una configuración alternativa del módulo óptico 105. Se puede observar que las partes receptoras de haces láser 120 y las partes receptoras de módulos de direccionamiento de haces 122 se sitúan en una disposición diferente en comparación con la forma de realización de la Figura 3. Se apreciará que la ubicación de las partes receptoras de haces láser 120 y de las partes receptoras de módulos de direccionamiento de haces 122 puedan, en algunas formas de realización, estar dictadas por factores externos al módulo óptico 105, como por ejemplo el espacio disponible en el aparato de fabricación aditiva; en otras formas de realización, la ubicación de las partes receptoras de haces láser 120 y de las partes receptoras de módulos de direccionamiento de haces 122 se puede elegir basándose en el área del lecho de polvo 104 a la que se pueden dirigir los haces láser 116. Esto puede incluir la colocación de las partes receptoras de haces láser 120 y las partes receptoras de módulos de direccionamiento de haces 122 de modo que todos los haces láser se puedan dirigir a la práctica totalidad de un lecho de polvo o, alternativamente, de modo que las zonas de exploración 119 a las que se pueden dirigir los haces láser 116 cubran menos que la práctica totalidad de un lecho de polvo (cada una de dichas zonas de exploración 119 se puede solapar o no con otras zonas de exploración 119). En algunas formas de realización de un aparato de fabricación aditiva, el aparato de fabricación aditiva puede comprender el módulo óptico 105 y funcionar con un único haz láser producido por una única fuente láser, alternativamente en otras formas de realización el aparato de fabricación aditiva que comprende el módulo óptico 105 puede funcionar con más de un único haz láser, por ejemplo, dos, tres, cuatro o más haces láser de una única fuente láser o de más de una fuente láser.

La Figura 8 muestra otra configuración alternativa del módulo óptico 105. Se puede observar que las partes receptoras de haces láser 120 y las partes receptoras de módulos de direccionamiento de haces 122 se sitúan en una disposición diferente en comparación con las formas de realización anteriores. A diferencia de las formas de realización descritas anteriormente, la Figura 8 muestra que la ventana 107 de la cámara de construcción 101 se extiende más allá de la periferia de la carcasa 115 en una dirección y que la carcasa puentea la ventana 107 en una segunda dirección, permitiendo por lo tanto la sujeción del módulo óptico 105 a la cámara de construcción 101, de modo que el módulo óptico puentea la ventana 107 de la cámara de construcción y es posible la sujeción de la carcasa 115 a la cámara de construcción 101 en varias posiciones alrededor de la ventana 107.

La Figura 9a muestra un módulo similar al mostrado en la Figura 8. En la Figura 9a, el módulo 105 se fija a una cámara de construcción 101 de un aparato de fabricación aditiva de manera que puentea una ventana 107 (mostrada en línea discontinua) de la cámara de construcción 101. En esta forma de realización de un aparato de fabricación aditiva, la ventana 107 de la cámara de construcción 101 es más pequeña que la huella del módulo óptico 105. Al proporcionar un módulo óptico 105 que es más grande que una ventana 107 en una cámara de construcción 101, el módulo óptico 105 puede cubrir por completo la ventana 107 en la cámara de construcción 101. Al cubrir la ventana 107 de la cámara



de construcción 101, no se permite que la luz láser de la cámara de construcción 101 escape del aparato de fabricación aditiva por medio de una trayectoria que pase por la ventana 107 de la cámara de construcción 101. En otras palabras, al proporcionar un módulo óptico 105 más grande que la ventana 107 de la cámara de construcción 101, es posible hacer que la cámara de construcción 101 sea "hermética a la luz". Si bien la ventana 107 de la cámara de construcción 101 en la forma de realización ilustrada se muestra como, en esencia, circular, esto no tiene por qué ser el caso y la ventana 107 puede tener cualquier forma adecuada, por ejemplo, la ventana 107 de la cámara de construcción 101 puede ser, en esencia, poligonal y puede ser, en esencia, cuadrada o, en esencia, rectangular.

La forma de realización de un módulo óptico 105 montado en una cámara de construcción 101 de un aparato de fabricación aditiva mostrada en la Figura 9a proporciona cuatro trenes ópticos. Cada tren óptico tiene asociado un volumen de irradiación 129. Cada volumen de irradiación 129 proporciona una zona de exploración 119a, 119b, 119c, 119d en un plano de trabajo dentro del aparato de fabricación aditiva. La Figura 9b ilustra las zonas de exploración 119a, 119b, 119c, 119d del aparato mostrado en la Figura 9a. El área total en un plano de trabajo que puede ser irradiado por el módulo óptico 105 es el área combinada de las zonas de exploración 119a, 119b, 119c, 119d. En la Figura 9b, la zona de exploración 119a está delimitada por una línea continua, mientras que las zonas de exploración 119b, 119c y 119d están delimitadas por líneas discontinuas. Dentro de la zona de exploración 119a se muestra un área de solapamiento 150 que representa un área a la que se pueden dirigir todos o cada uno de los haces láser 116a, 116b, 116c, 116d. El área de solapamiento 151 representa un área a la que se pueden dirigir ambos/cada uno de los haces láser 116a, 116b, el área de solapamiento 154 representa un área a la que se pueden dirigir ambos/cada uno de los haces láser 116a, 116d y el área 155 es un área a la que sólo se puede dirigir el haz láser 116a. Además de las áreas relevantes descritas en relación con la zona de exploración 119a, la zona de exploración 119b tiene un área 156 a la que sólo se puede dirigir el haz láser 116b, la zona de exploración 119c tiene un área 157 a la que sólo se puede dirigir el haz láser 116c, y la zona de exploración 119d tiene un área 158 a la que sólo se puede dirigir el haz láser 116d, el área de solapamiento 152 representa un área a la que se pueden dirigir ambos/cada uno de los haces láser 116c, 116d, y el área de solapamiento 153 representa un área a la que se pueden dirigir ambos/cada uno de los haces láser 116c, 116d.

El aparato de fabricación aditiva se puede disponer de tal manera que la anchura en una dirección W del módulo óptico 105 (mostrado en la Figura 9a) no sea superior (y puede ser inferior o igual) a la anchura (en una dirección W de la Figura 9b) del área total que se puede explorar. Proporcionando un módulo óptico 105, que sea capaz de explorar un área en un plano de trabajo que al menos sea tan ancha como el propio módulo 105, el área que se puede explorar se puede ampliar proporcionando varios módulos ópticos 105 como una matriz.

La Figura 10 muestra varios módulos ópticos 105a, 105b, 105c dispuestos en una matriz unidimensional. Si bien la Figura 10 muestra tres módulos ópticos 105a, 105b, 105c, se apreciará que se puedan disponer dos, tres, cuatro, cinco, diez, veinte o más módulos ópticos 105 en una matriz de este tipo. En otras formas de realización, los módulos ópticos 105a, 105b, 105c dispuestos en la matriz pueden no estar separados como se muestra en la Figura 10, sino que se pueden apoyar para proporcionar una conexión térmica entre los módulos 105a, 105b, 105c de la matriz. La separación de los módulos ópticos 105a, 105b, 105c dentro de la matriz de la Figura 10 permite el solapamiento de áreas en un plano de trabajo al que se pueden dirigir los haces láser 116 desde módulos ópticos vecinos 105a, 105b, 105c, es decir, proporcionar áreas en el plano de trabajo que se puedan irradiar mediante los haces láser de más de un módulo óptico, lo que se puede conseguir proporcionando un módulo óptico 105, que sea capaz de explorar un área en un plano de trabajo que sea al menos tan ancha como el propio módulo 105. Una matriz de este tipo también permite optimizar las estrategias de exploración para la construcción de objetos, según se describe en el documento WO 2014/199134.

La Figura 10c ilustra un ejemplo de zonas de exploración y áreas de solapamiento en las que se podría disponer la matriz de la Figura 10a para producir en un plano de trabajo dentro de una cámara de construcción 101 de un aparato de fabricación aditiva. En este ejemplo, el área de solapamiento 150 es el área a la que se pueden dirigir todos/cada uno de los haces láser 116 desde el módulo óptico 105a, el área de solapamiento 250 es el área a la que se pueden dirigir todos/cada uno de los haces láser 116 desde el módulo óptico 105b, y el área de solapamiento 350 es el área a la que se pueden dirigir todos/cada uno de los haces láser 116 desde el módulo óptico 105c. Las áreas de solapamiento 151, 251, 351 representan las áreas a las que se pueden dirigir ambos/cada uno de los haces láser 116a, 116b de los respectivos módulos ópticos 105a, 105b, 105c, mientras que las áreas de solapamiento 153, 253, 353 representan las áreas a las que se pueden dirigir ambos/cada uno de los haces láser 116c, 116d de los respectivos módulos ópticos 105a, 105b, 105c. El área de solapamiento 152 representa el área a la que se pueden dirigir los haces láser 116b, 116c del módulo óptico 105a y los haces láser 116a, 116d del módulo óptico 105b. El área de solapamiento 252 representa el área a la que se pueden dirigir los haces láser 116b, 116c del módulo óptico 105b y los haces láser 116a, 116d del módulo óptico 105c. El área de solapamiento 154 representa el área a la que se pueden dirigir los haces láser 116a, 116d del módulo óptico 105a y el área de solapamiento 352 representa el área a la que se pueden dirigir los haces láser 116b, 116c del módulo óptico 105c. Las áreas de esquina 155, 356, 257, 158 representan áreas a las que sólo se puede dirigir un único láser y las áreas de solapamiento 156, 256, 257, 157 representan áreas a las que se pueden dirigir dos haces láser, cada uno desde un módulo diferente. Se apreciará que sean posibles otras configuraciones, incluyendo la disposición de los módulos ópticos en una matriz de tal manera que las áreas de solapamiento 150, 250, 350 sean contiguas.

Se puede proporcionar un dispositivo de captura de imágenes 143. El dispositivo de captura de imágenes 143 se puede proporcionar entre las partes receptoras de módulos de direccionamiento de haces 122 del módulo óptico, según se muestra en la Figura 10b. El dispositivo de captura de imágenes 143 puede permitir calibrar un tren óptico de un módulo óptico, que puede ser el tren óptico que comprende el módulo de direccionamiento de haces 106b del módulo óptico 105a, según se describe en el documento WO 2017/1583 27. Más de un módulo óptico 105a, 105b, 105c de la matriz puede estar provisto de un dispositivo de captura de imágenes 143. De forma adicional o como alternativa, otro dispositivo de captura de imágenes puede ser capaz de ver una región del plano de trabajo a través del tren óptico. El dispositivo adicional de captura de imágenes se puede proporcionar en un tren óptico asociado con el módulo de direccionamiento de haces 106a del módulo óptico 105b. El dispositivo adicional de captura de imágenes puede ser capaz de capturar una imagen de una zona de exploración 119a a la que el módulo de direccionamiento de haces 106a del módulo óptico 105b puede dirigir un haz láser. Como el área de solapamiento 156 y el área de solapamiento 157 forman parte de la zona de exploración 119a, el dispositivo adicional de captura de imágenes puede capturar una imagen que contenga un haz láser dirigido a las áreas de solapamiento 156 o 152 mediante el módulo de direccionamiento de haces 106b del módulo óptico 105a y/o una imagen que contenga un haz láser dirigido al área de solapamiento 152 mediante el módulo de direccionamiento de haces 106c del módulo óptico 105a. Esto permite la calibración del tren óptico que comprende el módulo de direccionamiento de haces 106a del módulo óptico 105b contra cualquiera de los trenes ópticos que contienen los directores de haces 106b o 106c del módulo óptico 105a. Dado que los trenes ópticos que comprenden los directores de haces 106b, 106c, 106d del módulo óptico 105b tienen zonas de exploración que se solapan al menos parcialmente con la zona de exploración que comprende el módulo de direccionamiento de haces 106a del módulo óptico 105b, el dispositivo de captura de imágenes adicional se puede utilizar para calibrar dichos trenes ópticos con respecto al tren óptico que comprende el módulo de direccionamiento de haces 106a del módulo óptico 105b. Si se proporciona un dispositivo de captura de imágenes adicional (similar al dispositivo de captura de imágenes adicional) en el tren óptico que comprende el módulo de direccionamiento de haces 106a del módulo óptico 105c, los trenes ópticos del módulo óptico 105c se pueden calibrar entonces con respecto a los trenes ópticos del módulo óptico 105b de una manera similar. Se apreciará que el dispositivo de captura de imágenes adicional no necesita ser proporcionado en el tren óptico que comprende el módulo de direccionamiento de haces 106a del módulo óptico 105b sino que se podría proporcionar en cualquier tren óptico que pueda dirigir un haz láser a una/cualquiera de las áreas de solapamiento 156, 152, 157 y el todavía otro dispositivo de captura de imágenes adicional se podría proporcionar en cualquier tren óptico que pueda dirigir un haz láser a una/cualquiera de las áreas de solapamiento 256, 252, 257, todavía otro dispositivo de captura de imágenes adicional se podría proporcionar en cualquier tren óptico que pueda dirigir un haz láser a una/cualquiera de las áreas de solapamiento 351, 350, 353. La calibración se puede realizar según se describe en el documento WO2017/187147.

Al proporcionar un dispositivo de captura de imágenes 143 en al menos un módulo óptico de una matriz de módulos ópticos, es posible calibrar al menos un tren óptico del al menos un módulo óptico. Proporcionando otro dispositivo de captura de imágenes dentro de un tren óptico que pueda dirigir un haz láser a un área de solapamiento a la que se pueda dirigir un haz o haces láser desde el al menos un módulo óptico y desde al menos otro módulo óptico, es posible calibrar el al menos otro módulo óptico con respecto al menos un módulo óptico. Proporcionando todavía otro dispositivo de captura de imágenes dentro de un tren óptico que pueda dirigir un haz láser a un área de solapamiento a la que se puedan dirigir uno o varios haces láser desde el al menos otro módulo óptico y desde el al menos todavía otro módulo óptico, es posible calibrar el al menos todavía otro módulo óptico con al menos otro módulo óptico (por medio del al menos otro módulo óptico). Una estrategia de este tipo se puede utilizar para calibrar toda una matriz de módulos ópticos con respecto al el al menos un módulo óptico.

La Figura 11 muestra un módulo que comprende una matriz de módulos ópticos 105 montados con capacidad de moverse en las guías 141 por medio de los raíles 140. La figura muestra ventanas 107 situadas dentro de una cámara de construcción 101 en línea discontinua y también muestra sólo parte de las guías 141. Los módulos ópticos 105 se conectan de forma fija a los raíles 140, y los raíles 140 se conectan con capacidad de moverse a las guías 141. Durante la utilización, las guías 141 se fijan dentro de un aparato de fabricación aditiva y se pueden montar de forma fija en una cámara de construcción 101 para permitir que los raíles 140 tiendan un puente sobre la ventana 107 de la cámara de construcción 101. Las guías 141 tienen un tamaño y una posición adecuadas para permitir que la matriz de módulos ópticos 105 que se va a mover pueda irradiar un área deseada dentro de la cámara de construcción 101. Un motor (no mostrado) que se puede controlar mediante el ordenador 130 se puede utilizar para mover los raíles 140 y, por consiguiente, la matriz de módulos ópticos 105 con respecto a un plano de trabajo dentro de la cámara de construcción 101. El movimiento de los raíles 140 y, por consiguiente, de la matriz de módulos ópticos 105 con respecto al plano de trabajo dentro de la cámara de construcción 101 puede ser unidimensional y puede ser un movimiento continuo o puede ser un movimiento entre una serie de posiciones indexadas. Para que la cámara de construcción 101 sea hermética a la luz, las ventanas 107 de la cámara de construcción 101 se pueden mover con la matriz, lo que se puede conseguir, por ejemplo, proporcionando a la cámara de construcción una superficie concertada que permita el movimiento de las ventanas 107 en la misma. Si bien la Figura 11 muestra los módulos ópticos 105 de la matriz con láseres como por ejemplo los láseres 1, 2, 3, 4, esto no tiene por qué ser el caso y los módulos ópticos 105 pueden recibir láseres por medio de fibras de uno o más láseres. El módulo móvil de la Figura 11 se puede proporcionar dentro de la cámara de construcción.

La Figura 12a muestra otra forma de realización alternativa de un módulo óptico 105 montado en una cámara de construcción 101 dentro de un aparato de fabricación aditiva. En líneas discontinuas se muestra una ventana 107

situada dentro de la cámara de construcción 101. En esta forma de realización del módulo óptico, los láseres 1, 2, 3, 4 se proporcionan desde un lado del módulo óptico 105 distal a la cámara de construcción 101. Este es un ejemplo de una forma en la que se puede reducir la huella del módulo óptico 105.

La Figura 12b muestra una matriz bidimensional de módulos ópticos 105, 205, 305, 405, 505, 605, 705, 805, 905. Si bien se ilustran nueve módulos ópticos dispuestos en tres filas y tres columnas, se trata de un mero ejemplo y se pueden proporcionar más o menos módulos ópticos en una matriz de este tipo. No es necesario que la matriz sea cuadrada según se ilustra, ya que se puede extender más en una primera dirección que en una segunda. Los módulos ópticos se pueden disponer en dos o más filas y dos o más columnas. En algunas formas de realización los módulos ópticos dentro de la matriz hacen tope unos con otros. Con el fin de proporcionar un área irradiada de forma continua en un plano de trabajo, cada módulo óptico de la matriz bidimensional ilustrada se dispone para irradiar un área al menos del tamaño de la huella del módulo óptico en la cámara de construcción. En la forma de realización mostrada en la Figura 12b, cada módulo óptico se dispone dentro de la máquina de fabricación aditiva de tal manera que el área que puede ser explorada por cada módulo óptico se solapa con las áreas que pueden ser escaneadas por los módulos ópticos vecinos.

La Figura 12c ilustra un ejemplo de zonas de exploración y áreas de solapamiento que la matriz de la Figura 12b podría disponer para producir en un plano de trabajo dentro de una cámara de construcción 101 de un aparato de fabricación aditiva. En este ejemplo, el área de solapamiento 150 es el área a la que se pueden dirigir todos/cada uno de los haces láser 116 desde el módulo óptico 105, el área de solapamiento 250 es el área a la que se pueden dirigir todos/cada uno de los haces láser 116 desde el módulo óptico 205, el área de solapamiento 350 es el área a la que se pueden dirigir todos/cada uno de los haces láser 116 desde el módulo óptico 305, el área de solapamiento 450 es el área a la que se pueden dirigir todos/cada uno de los haces láser 116 desde el módulo óptico 405, el área de solapamiento 550 es el área a la que se pueden dirigir todos/cada uno de los haces láser 116 desde el módulo óptico 505, el área de solapamiento 650 es el área a la que se pueden dirigir todos/cada uno de los haces láser 116 desde el módulo óptico 605, el área de solapamiento 750 es el área a la que se pueden dirigir todos/cada uno de los haces láser 116 desde el módulo óptico 705, el área de solapamiento 850 es el área a la que se pueden dirigir todos/cada uno de los haces láser 116 del módulo óptico 805, y el área de solapamiento 950 es el área a la que se pueden dirigir todos/cada uno de los haces láser 116 del módulo óptico 905.

En la Figura 12c, la zona de exploración en el plano de trabajo a la que el módulo óptico 505 puede dirigir los haces láser está representada por las áreas 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557 y 558. En la forma de realización ilustrada, el área de solapamiento 550 representa el área a la que se pueden dirigir todos/cada uno de los haces láser del módulo óptico 505 y, en la forma de realización actual, los haces láser de otros módulos ópticos de la matriz pueden no dirigirse al área de solapamiento 550, aunque esto no tiene por qué ser necesariamente el caso en otras formas de realización. El área de solapamiento 551 representa el área a la que se pueden dirigir dos haces láser desde el módulo 505 y dos haces láser desde el módulo 205. El área de solapamiento 552 representa el área a la que se pueden dirigir dos haces láser desde el módulo 505 y dos haces láser desde el módulo 605. El área de solapamiento 553 representa el área a la que se pueden dirigir dos haces láser desde el módulo 505 y dos haces láser desde el módulo 805. El área de solapamiento 554 representa el área a la que se pueden dirigir dos haces láser desde el módulo 505 y dos haces láser desde el módulo 405. El área de solapamiento 555 representa el área a la que se pueden dirigir un haz láser desde el módulo 505, un haz láser desde el módulo 405, un haz láser desde el módulo 105 y un haz láser desde el módulo 205. El área de solapamiento 556 representa el área a la que se pueden dirigir un haz láser desde el módulo 505, un haz láser desde el módulo 205, un haz láser desde el módulo 305 y un haz láser desde el módulo 605. El área de solapamiento 557 representa el área a la que se pueden dirigir un haz láser desde el módulo 505, un haz láser desde el módulo 605, un haz láser desde el módulo 905 y un haz láser desde el módulo 805. La zona de solapamiento 558 representa el área a la que se pueden dirigir un haz láser desde el módulo 505, un haz láser desde el módulo 805, un haz láser desde el módulo 705 y un haz láser desde el módulo 405.

Según se ilustra en la Figura 12b, el módulo óptico 505 tiene un primer par de módulos ópticos vecinos 205, 805 en una primera dirección y un segundo par de módulos ópticos vecinos 405, 605 en una segunda dirección, la segunda dirección puede ser perpendicular a la primera dirección. En la matriz de tres por tres mostrada en la Figura 12b, se apreciará que si bien todos los módulos ópticos mostrados son del tipo mostrado y descrito en relación con la Figura 12a, cada uno de los módulos ópticos 105, 205, 305, 405, 605, 705, 805 y 905 (es decir todos los módulos ópticos ilustrados excepto el módulo óptico 505) pueden tener componentes que no necesitan estar dentro de una huella de la carcasa del módulo óptico en la cámara de construcción 101, cuya huella en la forma de realización ilustrada no es mayor que una zona de exploración en un plano de trabajo al que se pueden dirigir los haces láser del módulo óptico. Este no es el caso del módulo óptico 505. Dado que el módulo óptico 505 está rodeado por los primeros pares 205, 805 y los segundos pares 405, 605 de módulos ópticos en las direcciones primera y segunda, la huella del módulo óptico 505 en la cámara de construcción 101, a fin de lograr una zona que se pueda irradiar de forma continua en un plano de trabajo, no debe ser mayor que una zona de exploración en un plano de trabajo a la que el módulo óptico 505 pueda dirigir los láser. Al proporcionar esta característica, el módulo óptico 105 mostrado en la Figura 12a permite que una matriz bidimensional se extienda en ambas direcciones, primera y segunda, en más de dos unidades, es decir, el módulo óptico 105 mostrado en la Figura 12a permite matrices de módulos ópticos 105 de un tamaño  $X \times Y$  donde  $X > 2$  e  $Y > 2$ .

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Un módulo (105) para un aparato de fabricación aditiva en el que el material se consolida como parte de un proceso de fabricación aditiva por capas;
 

10 que comprende una cara inferior que tiene una abertura (123), una ventana de módulo (117) dentro de la abertura (123) y más de un tren óptico, proporcionando cada tren óptico una ruta para que un haz láser (116) pase a través del módulo (105) y que comprendiendo ópticas de direccionamiento para dirigir el haz láser hacia el material que se va a consolidar, caracterizado por que los haces láser (116) se dirigen a través de la única abertura (123) común al más de un tren óptico; en donde el módulo (105) se configura para emitir haces láser (116) desde el más de un tren óptico a través de una única ventana (107) en una cámara de construcción (101) del aparato de fabricación aditiva.
- 15 2. Un módulo de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende: una carcasa (115) (i) en donde la ventana del módulo se proporciona en la carcasa o (ii) que tiene al menos una parte receptora de módulos de direccionamiento de haces (122); y/o (iii) un punto o puntos de fijación para sujetar el módulo (105) a la cámara de construcción (101) del aparato de fabricación aditiva de modo que el módulo (105) puentee la ventana de la cámara de construcción (101).
- 20 3. Un módulo (105) de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2 que comprende un circuito térmico común que conecta térmicamente cada uno de los más de un tren óptico.
- 25 4. Un módulo (105) de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el circuito térmico común es un circuito de refrigeración que comprende canales de refrigeración (128).
5. Un módulo (105) de acuerdo con la reivindicación 4, en donde el circuito de refrigeración enfría el módulo (105) en las proximidades de la abertura única (123) común a los más de un tren óptico.
- 30 6. Un módulo (105) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde una solapamiento de volumen de irradiación contiene, durante la utilización al menos parte de la ventana en la cámara de construcción (107).
- 35 7. Un módulo (105) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el módulo comprende una carcasa construida de forma aditiva.
- 40 8. Un aparato para un aparato de fabricación aditiva que comprende un módulo óptico (105) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en donde, cada tren óptico proporciona la ruta para que el haz láser (116) pase a través del módulo óptico (105) desde una parte receptora de haces (120) hacia las ópticas de direccionamiento para dirigir el haz láser (116) hacia el material a consolidar, y en una cámara de construcción del aparato de fabricación aditiva se proporciona un bastidor metrológico (124) dentro del cual se monta el módulo óptico entre una placa inferior (125) y una placa superior (127), para emitir haces láser desde los más de un tren óptico a través de la ventana (107), estando el bastidor metrológico (124) dispuesto para acoplarse con fibras ópticas y comprendiendo vías ópticas para dirigir los haces láser procedentes de las fibras ópticas hacia las partes receptoras de haces (120) utilizando elementos reflectantes y/o refractivos y/o difractivos, y opcionalmente se proporciona una ventana de módulo en la placa inferior y/o formando parte de ella de tal manera que los haces láser procedentes de los más de un tren óptico se emiten a través de la ventana de módulo.
- 45 9. Un aparato de acuerdo con la reivindicación 8, en donde el bastidor metrológico comprende laterales (126) y puede comprender un punto o puntos de fijación para sujetar el bastidor metrológico (124) a la cámara de construcción (101) de modo que el bastidor metrológico (124) puentee la ventana (107) en la cámara de construcción.
- 50 10. Aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 ó 9, en donde el bastidor metrológico (124) comprende canales de refrigeración.
- 55 11. Un módulo (105) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 o un aparato de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10 en donde, durante la utilización, un solapamiento de volumen de irradiación contiene al menos parte de la ventana del módulo (117).
- 60 12. Un aparato de fabricación aditiva que comprende el módulo (105) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 u 11.
- 65 13. Un aparato de fabricación aditiva que comprende una cámara de construcción (101) que comprende varias ventanas (107a; 107), comprendiendo el aparato de fabricación aditiva además una matriz de módulos (105a, 105b, 105c; 105, 205, 305, 405, 505, 605, 705, 805, 905) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, estando cada uno de la matriz de módulos dispuesto para emitir haces láser de múltiples trenes ópticos a través de una de las varias ventanas en la cámara de construcción.

14. Un aparato de fabricación aditiva de acuerdo con la reivindicación 12 o la reivindicación 13 en donde, durante la utilización, un solapamiento de volumen de irradiación (129a, 129b, 129c, 129d) contiene al menos parte de una ventana (107) en la cámara de construcción (101).
- 5

Fig. 1

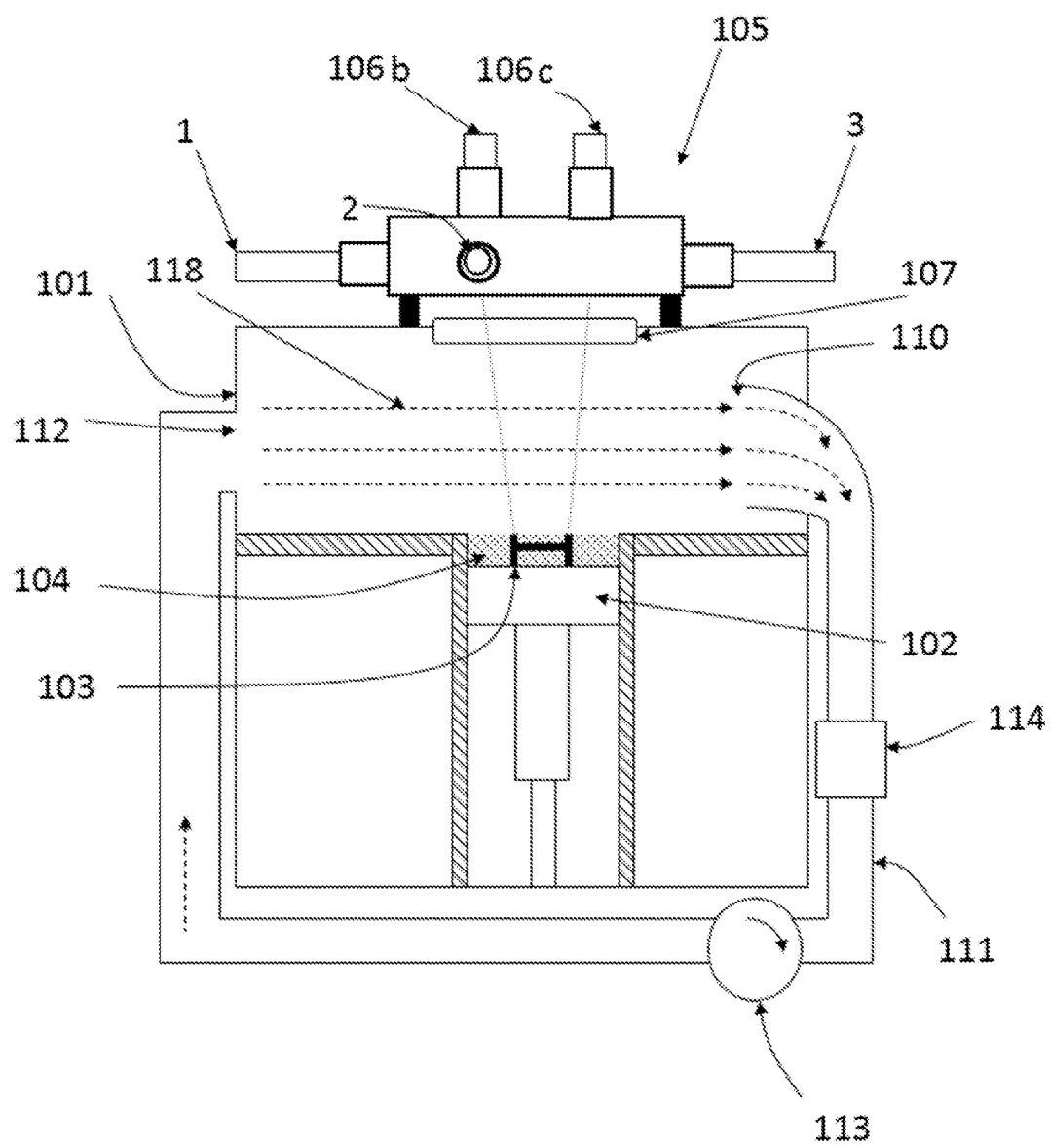
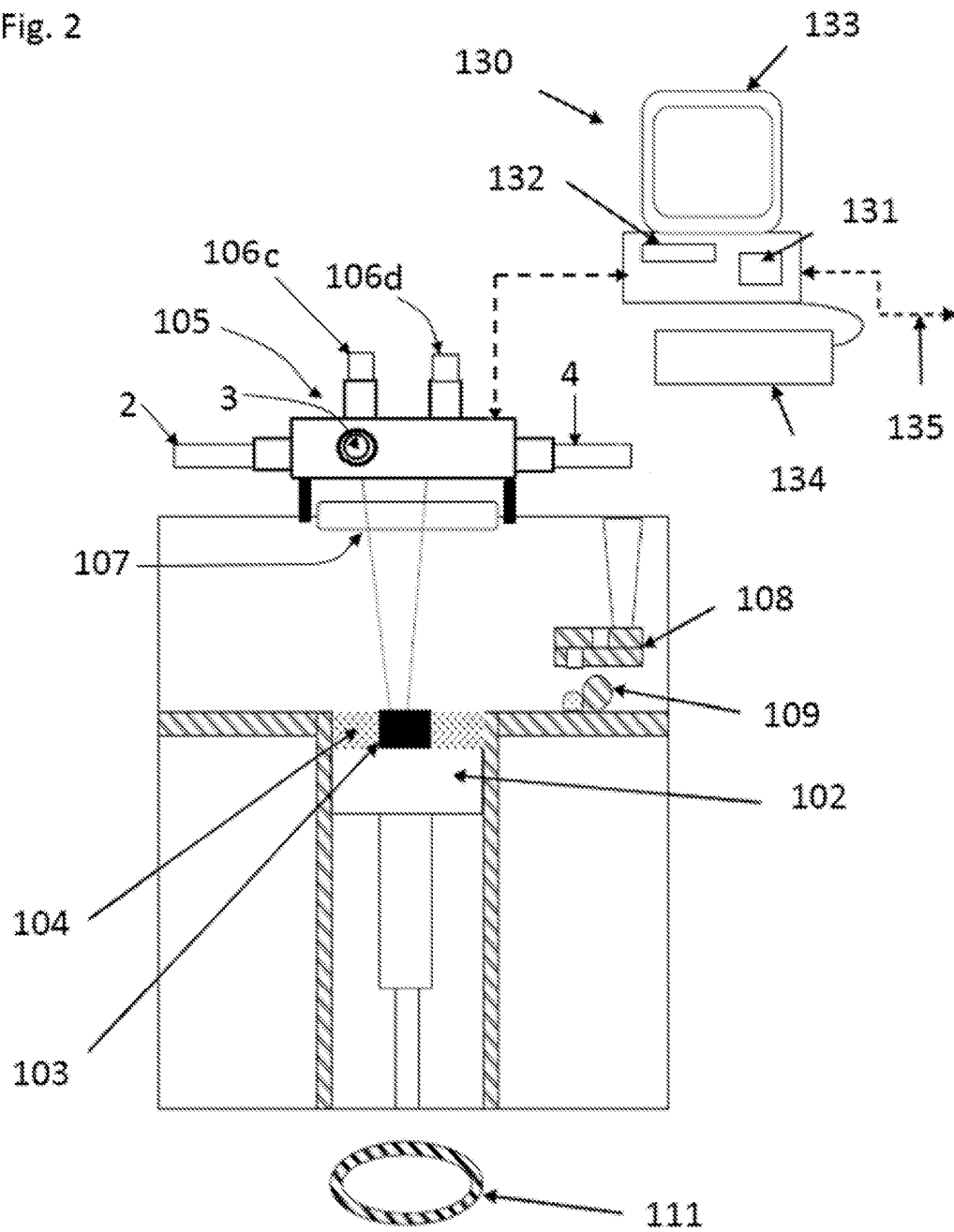
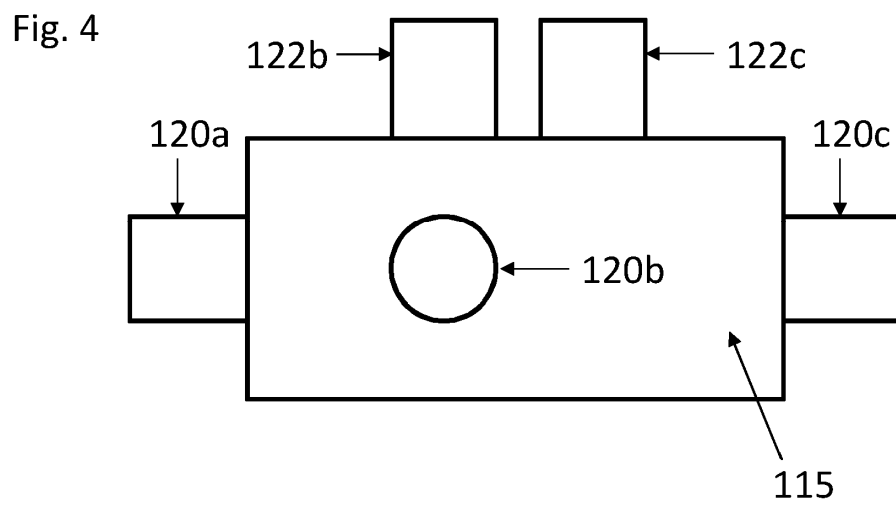
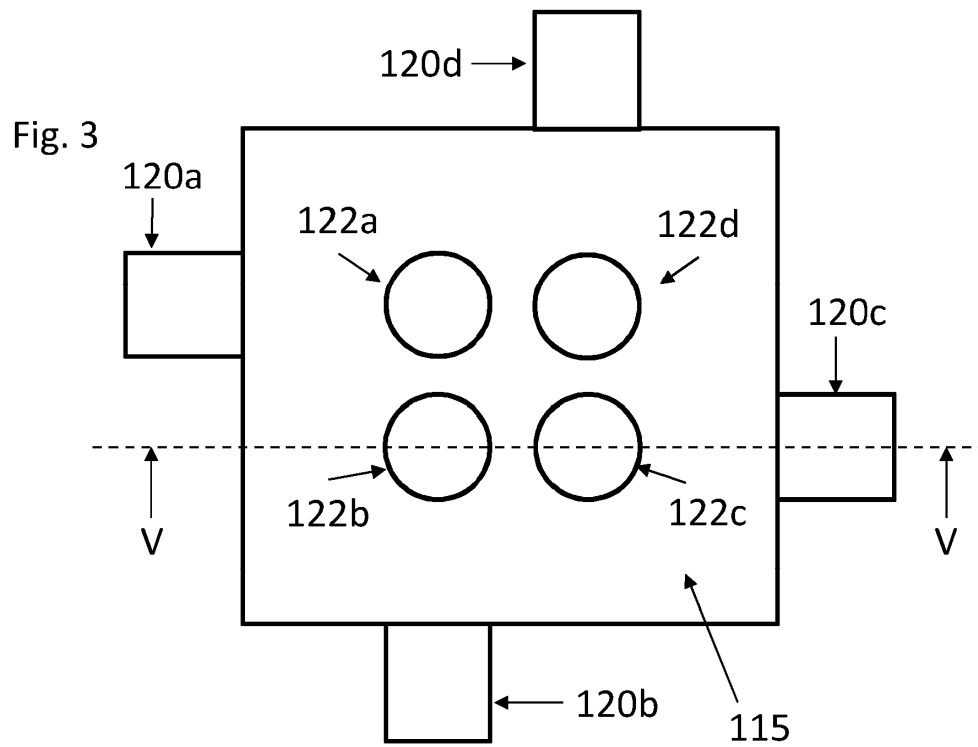


Fig. 2







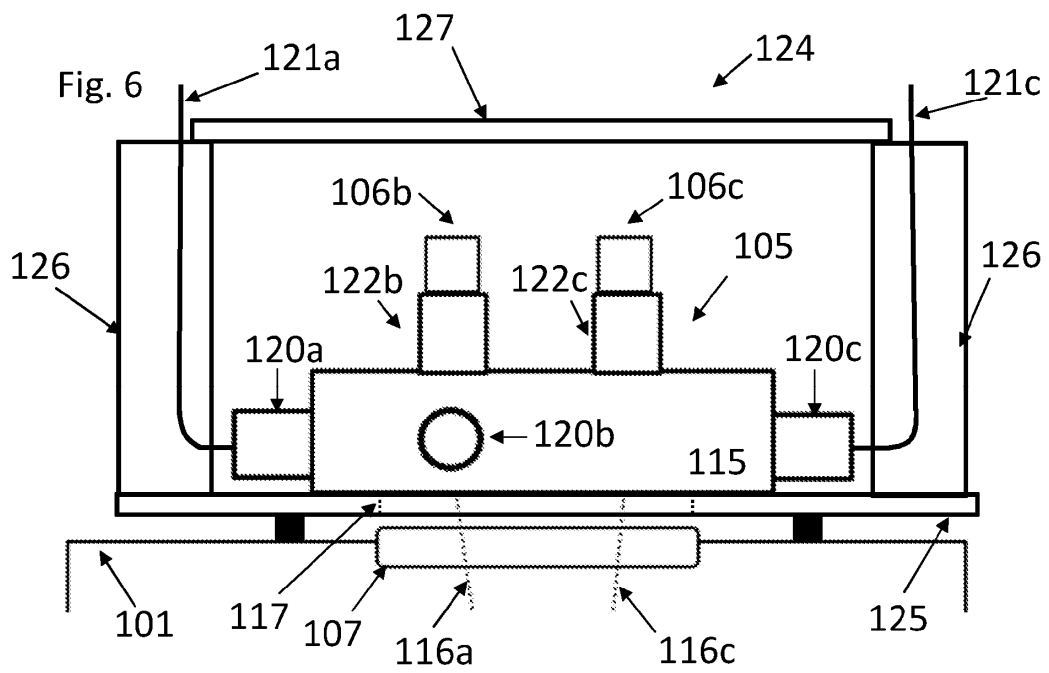
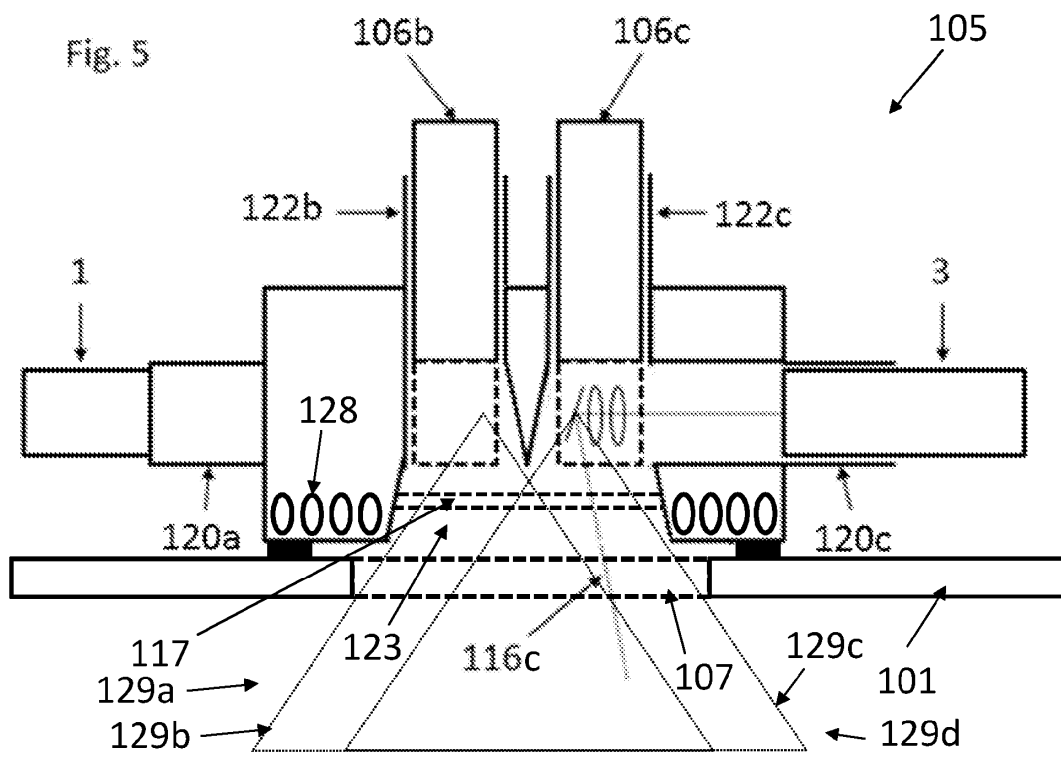


Fig. 7

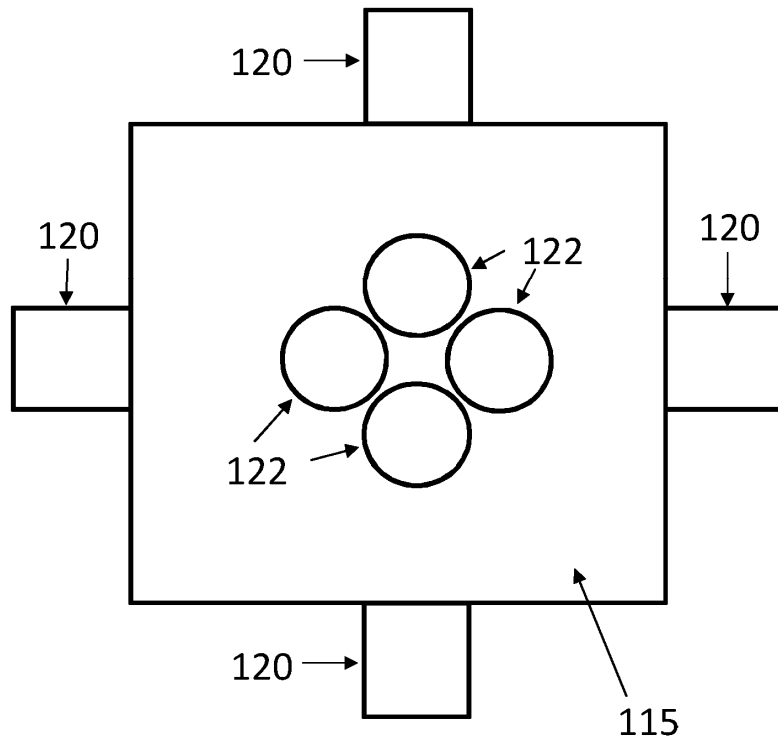


Fig. 8

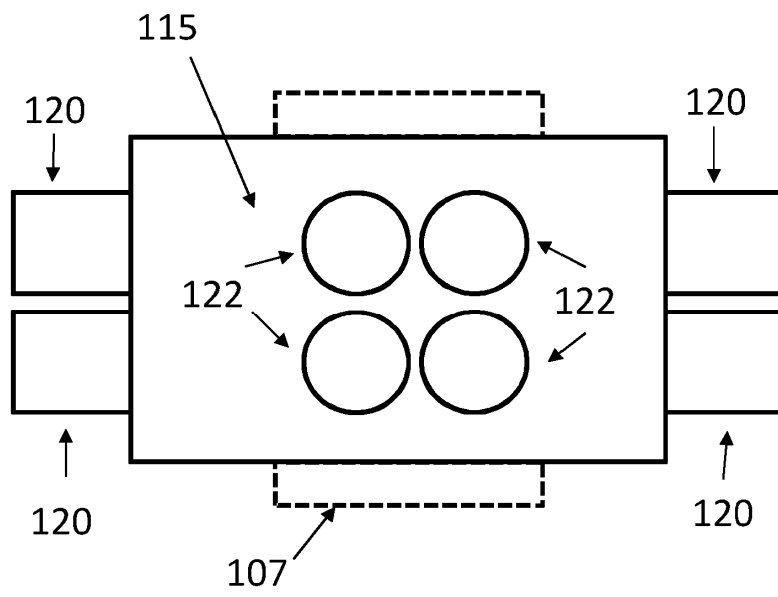


Fig. 9a

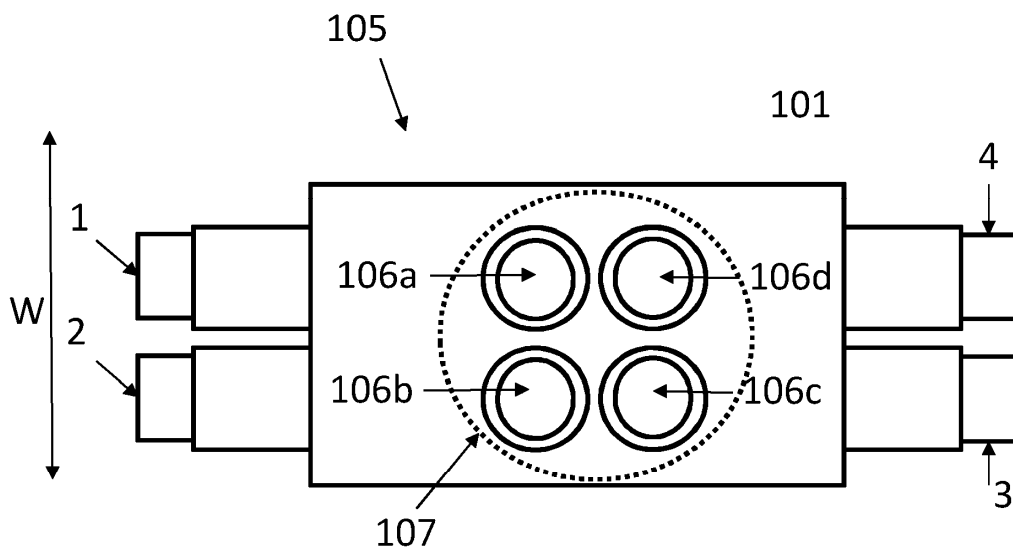
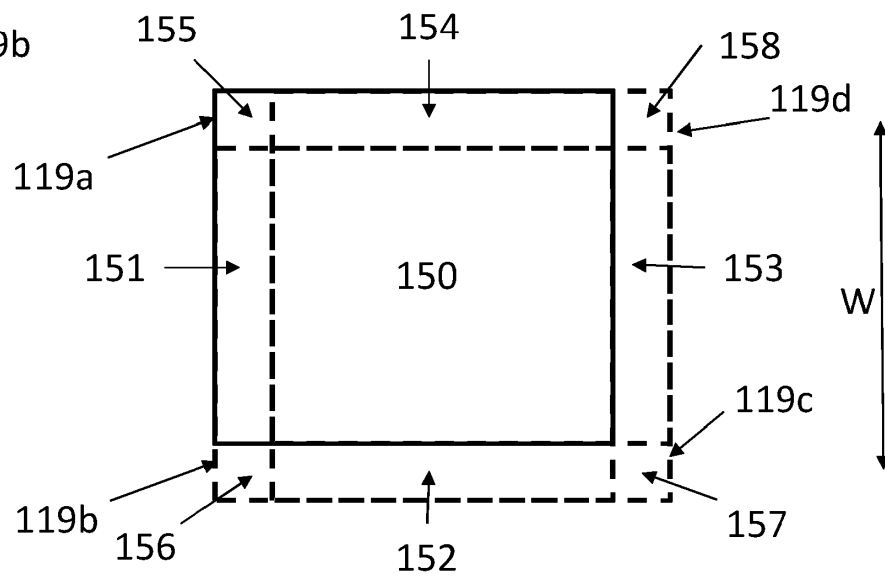


Fig. 9b



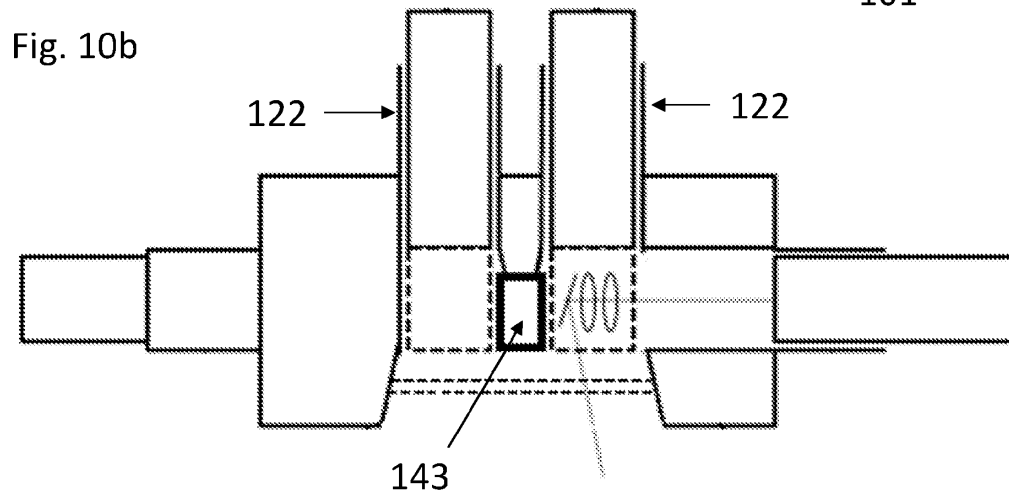
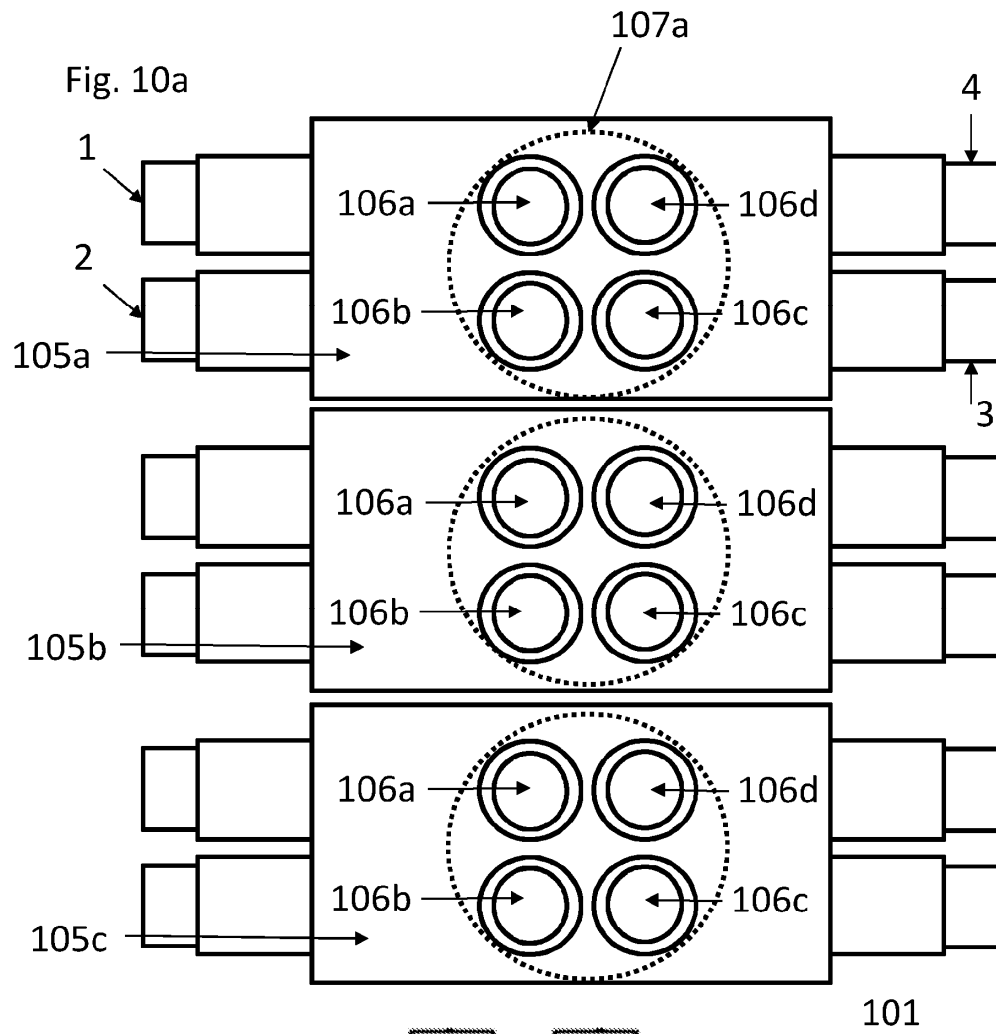
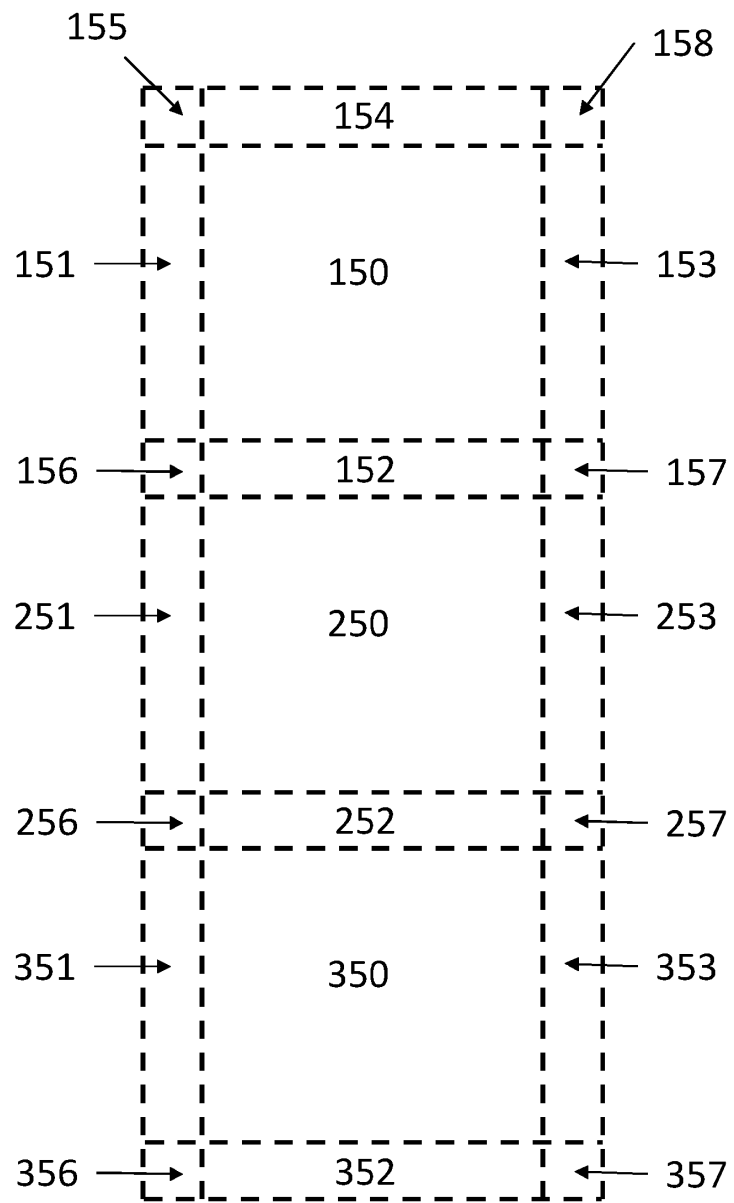


Fig. 10c



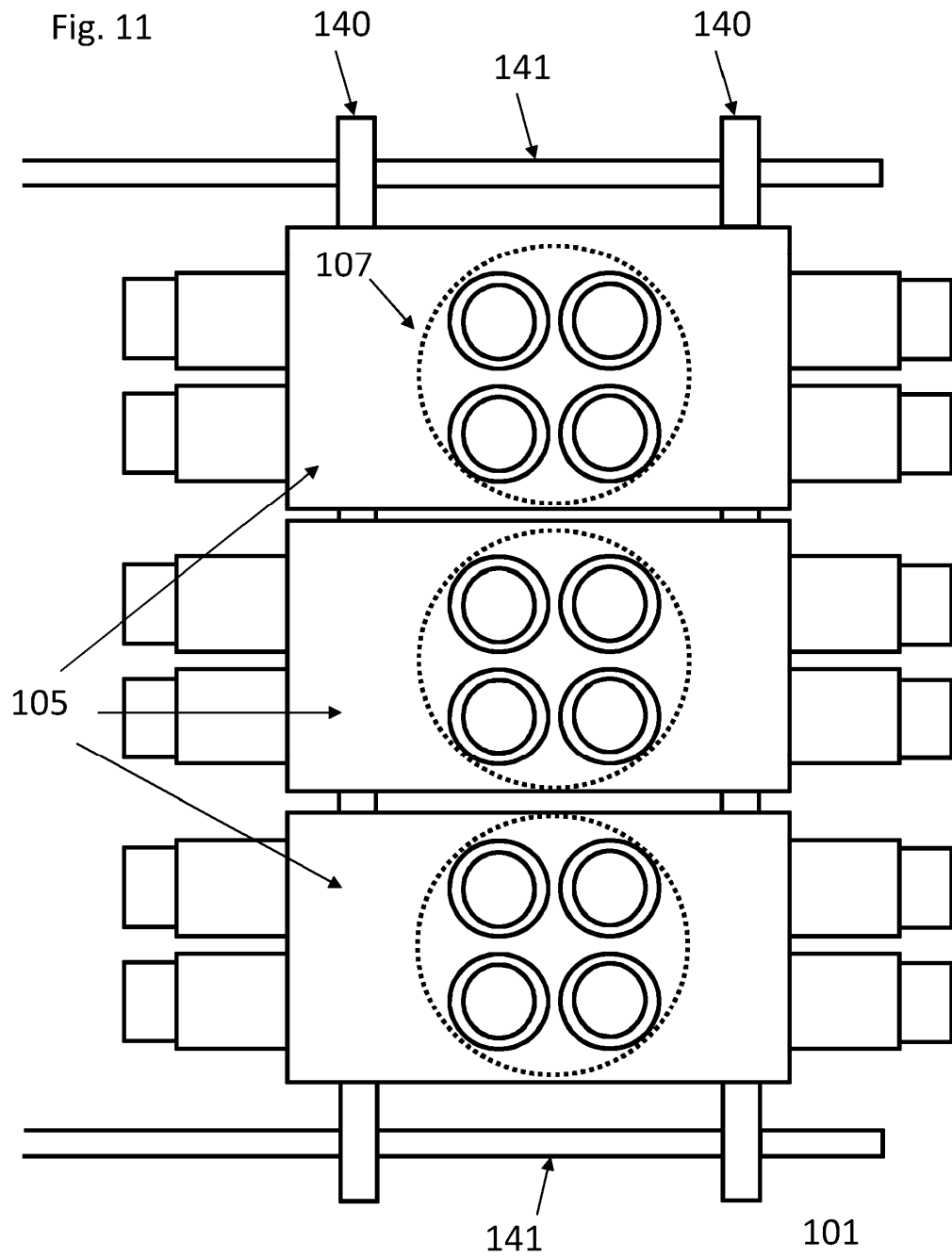


Fig. 12a

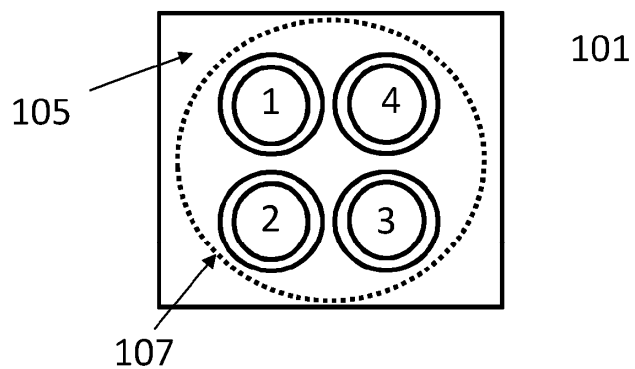


Fig. 12b

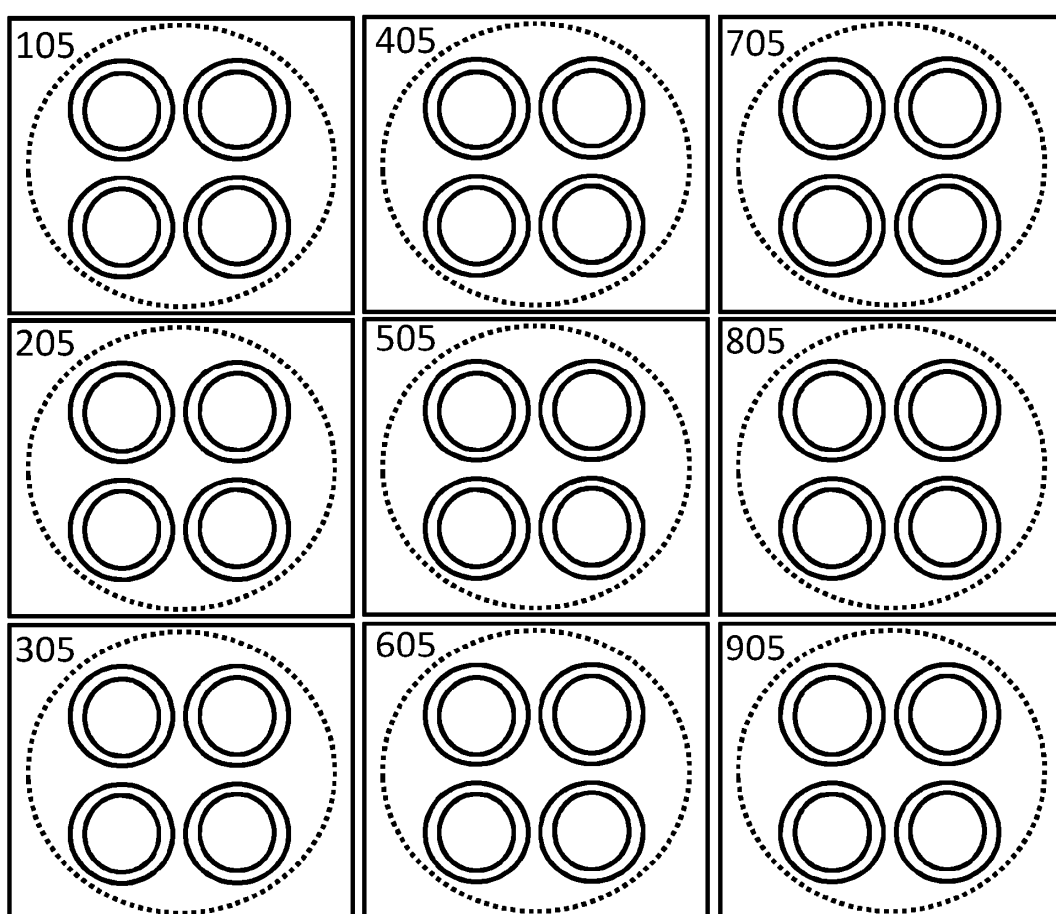


Fig. 12c

	150		450		750
		555	554	558	
	250	551	550	553	850
		556	552	557	
	350		650		950