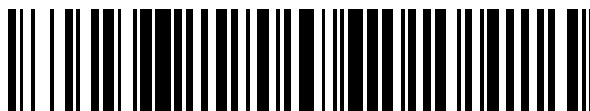


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 725 889**

51 Int. Cl.:

**B22F 3/105** (2006.01)

**B29C 64/153** (2007.01)

**B29C 64/386** (2007.01)

**B23K 26/06** (2014.01)

**B23K 26/342** (2014.01)

**B23K 26/082** (2014.01)

**B23K 26/144** (2014.01)

**B33Y 10/00** (2015.01)

**B33Y 30/00** (2015.01)

**B33Y 50/02** (2015.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.06.2014 PCT/GB2014/051775**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.12.2014 WO14199134**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.06.2014 E 14730972 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.02.2019 EP 3007879**

54 Título: **Aparato y método de solidificación selectiva por láser**

30 Prioridad:

**10.06.2013 GB 201310276**

**11.06.2013 GB 201310398**

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

**30.09.2019**

73 Titular/es:

**RENISHAW PLC. (100.0%)**

**New Mills**

**Wotton-Under-Edge, Gloucestershire GL12 8JR, GB**

72 Inventor/es:

**FERRAR, BEN IAN y**

**BROWN, CERI**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 725 889 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**

Aparato y método de solidificación selectiva por láser

La presente invención se refiere a la solidificación selectiva por láser y, en particular, a un proceso y aparato de fusión selectiva por láser en el que se usan múltiples haces de láser para solidificar las capas, siendo solidificadas las áreas separadas de una capa por diferentes haces de láser.

**Antecedentes**

Los métodos de fabricación aditiva o de creación rápida de prototipos para producir objetos comprenden la solidificación capa por capa de un material, tal como un material de polvo metálico, utilizando un haz de láser. Una capa de polvo es depositada sobre un lecho de polvo en una cámara de construcción y un haz de láser es barrido a través de porciones de la capa de polvo que corresponden a una sección transversal del objeto que se está construyendo. El haz de láser funde o sinteriza el polvo para formar una capa solidificada. Después de la solidificación selectiva de una capa, el lecho de polvo disminuye en el grosor de la capa recién solidificada y una capa adicional de polvo se extiende sobre la superficie y se solidifica, tal como sea requerido. En una única construcción, se puede construir más de un objeto, estando separados los objetos en el lecho de polvo.

Por el documento DE102005014483 A1 se conoce la utilización de cuatro haces de láser, solidificando polvo cada de haz de láser en un cuadrante diferente del lecho de polvo. Una disposición de este tipo puede aumentar la velocidad de construcción debido a que diferentes porciones de un objeto o diferentes objetos situados en diferentes cuadrantes pueden construirse simultáneamente con diferentes haces de láser. Sin embargo, los láseres pueden ser subutilizados durante la construcción si, para cualquiera de los láseres, el área que se debe solidificar es más grande en uno de los cuadrantes que en los otros. Para una capa de este tipo, los láseres de los otros cuadrantes estarán desconectados mientras que el láser para el cuadrante que comprende el área más grande que se debe solidificar completa la solidificación de esa área. Por lo tanto, hay un límite en la velocidad de la construcción establecido por el tiempo que tarda el láser del cuadrante con el área más grande que se debe solidificar. Puesto que los módulos de láser son una parte muy costosa del aparato, aumenta significativamente el costo del aparato al aumentar el número de láseres pero, al mismo tiempo, no es deseable no utilizar algunos de los láseres durante grandes duraciones de tiempo de la construcción.

El documento US2013/0112672 A1 describe un conjunto de fabricación aditiva para producir una pluralidad de haces de láser para fundir capas de material en un proceso de fabricación aditiva. Cada haz de láser es dirigido por separado e independientemente a diferentes regiones dentro del área de trabajo. Cada región comprende áreas superpuestas dentro de regiones adyacentes. La extensión que se superpone de cada uno de los haces de láser proporciona una fusión consistente del metal en polvo en los límites que separan las regiones. Las porciones superpuestas y la fusión proporcionadas por los haces adyacentes en regiones adyacentes evitan la fusión incompleta no deseada, o posibles líneas unidas dentro de la parte completa. En otras palabras, cada haz de láser puede ser dirigido a la región de superposición, de manera que la parte fabricada incluirá una fusión y cobertura completas del polvo metálico durante la formación de la parte. Como en el documento DE102005014483 A1, hay un límite en la velocidad del conjunto de construcción por el tiempo que tarda el láser en solidificar la mayor área de polvo que se debe solidificar para solidificar esta área. Durante este tiempo, los otros láseres serán subutilizados.

El documento JP2009006509 describe un método para fabricar un artículo tridimensional con una pluralidad de haces de láser. Cada haz óptico puede ser barrido por un módulo dedicado a través de todo el lecho de polvo del área de construcción, con un área de polvo que se debe solidificar en el lecho de polvo asignado a los láseres, de manera que el área a barrer por cada láser para cada capa sea igual. Los documentos JP2002144437 y JP2000263650 describen disposiciones similares. El documento US5536467 describe un aparato para producir un objeto tridimensional, en el que se utilizan múltiples haces de láser para curar resina curable ligera. Cada haz de láser puede dirigirse a regiones predeterminadas de una capa para solidificar esas regiones.

En todas estas disposiciones, los módulos ópticos fijos para barrer los haces de láser deben estar separados de tal manera que, para que cada módulo pueda dirigir el haz de láser correspondiente a cualquier situación en el lecho de polvo, cada módulo óptico se debe configurar de manera diferente en función de su localización. Esto puede requerir una disposición subóptima del módulo óptico y/o la no utilización de todo el rango del módulo óptico por medio del cual el módulo proporciona un rendimiento aceptable. El documento DE19953000 describe un dispositivo para la producción rápida de cuerpos mediante sinterización selectiva de capas de polvo. El dispositivo utiliza dos haces de láser que se pueden suministrar juntos para sinterizar el polvo, el primer haz de láser se lleva a un foco pequeño y el segundo a un foco grande.

**Sumario de la invención**

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un aparato de solidificación selectiva por láser, de acuerdo con la reivindicación 1.

Al superponer las zonas de barrido de los haces de láser, se puede construir la misma área utilizando diferentes haces de láser. De esta manera, hay flexibilidad para elegir qué haz de láser utilizar, lo que permite a la unidad de

- procesamiento seleccionar un haz de láser de acuerdo con criterios específicos. Por ejemplo, el haz de láser se puede seleccionar en función de la cantidad total de tiempo que utiliza cada haz de láser para solidificar áreas en la capa de polvo. El haz de láser se puede seleccionar para reducir o eliminar cualquier diferencia en el tiempo total que utiliza cada haz de láser para solidificar áreas en la capa de polvo. De esta manera, los periodos de no utilización de los haces de láser se reducen o incluso se eliminan. La selección del haz de láser puede ser un equilibrio entre factores que compiten entre sí, tales como reducir los periodos de no utilización de un haz de láser en comparación con áreas de solidificación en la capa de polvo que se encuentran aguas arriba en la dirección del flujo de gas, como se describe en el documento de Solicitud de Patente norteamericana número US 2014/0271965 en tramitación junto con la presente del presente solicitante.
- 5 El rendimiento de un escáner tiende a variar para diferentes posiciones del haz de láser. Por ejemplo, si el escáner incluye espejos rotativos, la precisión de los espejos puede variar dependiendo del ángulo. Además, a medida que el punto se separa de una posición en la que el haz de láser es perpendicular al lecho de polvo, el punto se volverá más elíptico. Como la óptica para dirigir individualmente cada haz de láser tiene que estar físicamente espaciada, es probable que una zona de barrido en la que se logre un rendimiento particular para cada haz de láser no coincida con la zona de barrido correspondiente para los otros haces de láser. Al disponer el escáner de modo que cada zona de barrido sea menor que el área total del lecho de polvo, las áreas en las que el escáner puede dirigir un haz de láser con un rendimiento particular que no se superponen con las áreas correspondientes de los otros haces de láser pueden ser utilizadas mientras se mantiene la flexibilidad para barrer áreas del lecho de polvo que caen dentro de áreas superpuestas.
- 10 Más del 10%, 20%, 30%, 40% o 50% de una zona de barrido puede superponerse con otra zona de barrido. El escáner de láser puede disponerse de modo que cada zona de barrido se superponga con otra zona de barrido, y preferiblemente con todas las zonas de barrido adyacentes. El escáner de láser puede estar dispuesto de tal manera que cada zona de barrido se superponga con todas las demás zonas de barrido.
- 15 Cada zona de barrido puede ser un arco o un círculo. Por ejemplo, el lecho de polvo puede tener una forma rectangular y el módulo de láser puede estar dispuesto para generar cuatro haces de láser, cada uno de los cuales tiene una zona de barrido en forma de arco, un centro de círculo de cada zona de barrido en forma de arco está situado sustancialmente en una esquina diferente del lecho de polvo rectangular, siendo los radios de los arcos tales que las zonas de barrido se superponen.
- 20 Alternativamente, cada zona de barrido es sustancialmente un rectángulo. Por ejemplo, el lecho de polvo puede tener una forma rectangular y el módulo de láser puede estar dispuesto para generar cuatro haces de láser, teniendo cada uno de ellos una zona de barrido rectangular, estando alineada cada zona de barrido con una esquina diferente del lecho de polvo.
- 25 La unidad de procesamiento puede estar dispuesta para seleccionar el haz de láser que se usa para solidificar el área de la capa de polvo dentro de la región en la que las zonas de barrido se superponen en base a un parámetro indicativo de un ángulo del haz de láser con la capa de polvo al barrer el área.
- 30 La selección del haz de láser que se va a usar para solidificar un área de un objeto situado dentro de una región en la que las zonas de barrido de los haces de láser se superponen puede realizarse antes de que se construya el objeto. La unidad de procesamiento puede estar dispuesta para determinar la duración del tiempo que cada haz de láser barre cada capa de polvo en base a una selección de los haces de láser que se deben usar en las áreas de barrido en cada capa de polvo para una posición planificada de uno o más objetos que se construirán y para cambiar la posición planificada de uno o más objetos en el lecho de polvo en función de las duraciones de tiempo determinadas. Por ejemplo, el objeto se puede reposicionar para reducir o eliminar las diferencias en la duración del tiempo en el que los láseres barren las áreas de cada capa.
- 35 De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un método para seleccionar cuál de una pluralidad de haces de láser se debe usar para solidificar un área de una capa de polvo en un proceso de solidificación selectiva por láser, de acuerdo con la reivindicación 12.
- 40 El método puede ser un método implementado por ordenador.
- 45 De acuerdo con un tercer aspecto de la invención, se proporciona un soporte de datos que tiene instrucciones almacenadas en el mismo, las instrucciones, cuando son ejecutadas por un procesador, hacen que el procesador lleve a cabo el método de las reivindicaciones 12 o 14.
- 50 De acuerdo con un cuarto aspecto de la invención, se proporciona un aparato de solidificación selectiva por láser, de acuerdo con la reivindicación 13.
- 55 De esta manera, se puede tener en cuenta la calidad de la zona producida por el haz de láser cuando barre el punto al seleccionar el haz de láser que se usará para solidificar el punto en la capa de polvo. Por ejemplo, favorecer un haz de láser que esté en un ángulo más pequeño con respecto al lecho de polvo al barrer el punto más que otro de los láseres puede dar lugar a que se utilice una zona de mejor calidad (más circular, radio más pequeño) cuando sea posible. Además, el cruce de los haces de láser puede ser limitado/evitado favoreciendo el haz de láser que está con

un ángulo menor con respecto al lecho de polvo cuando se barre el punto. Puede ser deseable evitar el cruce de los haces de láser debido a los efectos de lente térmica producidos por cada haz de láser y al efecto que una lente térmica de este tipo tiene sobre el otro haz de láser.

- 5 De acuerdo con un quinto aspecto de la invención, se proporciona un método para seleccionar cuál de una pluralidad de haces de láser se debe usar para solidificar un punto sobre una capa de polvo en un proceso de solidificación selectiva por láser, de acuerdo con la reivindicación 14.

10 El soporte de datos de los aspectos anteriores de la invención puede ser un medio adecuado para proporcionar a una máquina instrucciones tales como el soporte de datos no transitorios, por ejemplo, un disquete, un CD ROM, un DVD ROM/RAM (incluido – R/-RW y +R/+RW), un HD DVD, un disco Blu Ray (TM), una memoria (tal como un lápiz de memoria (TM), una tarjeta SD, una tarjeta flash compacta o similar), una unidad de disco (tal como una unidad de disco duro), una cinta, cualquier almacenamiento magneto/óptico o un soporte de datos transitorios, como una señal en un cable o fibra óptica o una señal inalámbrica, por ejemplo, señales enviadas a través de una red cableada o inalámbrica (tal como una descarga de Internet, una transferencia FTP o similar).

### Descripción de los dibujos

- 15 Las realizaciones de la invención se describirán a continuación, solo como ejemplos, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

la figura 1 es una vista esquemática de un aparato de solidificación por láser de acuerdo con una realización de la invención;

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

- 20 la figura 3 es una vista en planta del aparato de solidificación por láser que se muestra en las la figura s 1 y 2;

la figura 4 es un ejemplo ilustrativo de áreas que se debe solidificar en una capa de polvo y las zonas de barrido de los láseres

la figura 5a es una sección transversal esquemática del aparato de solidificación por láser de acuerdo con una realización adicional de la invención a lo largo de la línea A - A;

- 25 la figura 5b es una vista en planta de las zonas de barrido del aparato de solidificación por láser que se muestra en la figura 5a;

la figura 6a es una sección transversal esquemática del aparato de solidificación por láser de acuerdo con otra realización que comprende módulos ópticos móviles;

- 30 la figura 6b es una vista en planta de las zonas de barrido del aparato de solidificación por láser que se muestra en la figura 6a; y

la figura 7 es una vista en sección transversal de un módulo óptico para uso en el aparato de solidificación láser que se muestra en las figuras 6a y 6b.

### Descripción de realizaciones

35 Haciendo referencia a las figuras 1 a 3, un aparato de solidificación por láser de acuerdo con una realización de la invención comprende una plataforma de construcción 102 para soportar un objeto 103 construido por polvo de fusión por láser selectiva 104. La plataforma 102 se puede bajar en la cámara 101 a medida que se forman capas sucesivas del objeto 103. Las capas de polvo 104 se forman a medida que el objeto 103 es construido con el aparato de dispensación 108 y un rascador 109. Por ejemplo, el aparato de dispensación 109 puede ser un aparato como se describe en el documento WO2010/007396. Cada uno de los módulos de láser 1, 2, 3 y 4 genera un haz de láser  
40 para fundir el polvo 104, estando dirigido cada haz de láser de acuerdo con lo requerido por los módulos ópticos correspondientes 106a a 106d bajo el control de un ordenador 130. Los haces de láser entran en la cámara de construcción a través de un ventana 107. Cada haz de láser se puede dirigir independientemente para solidificar áreas separadas del lecho de polvo 104. El rango de posiciones a las que se puede dirigir cada haz de láser sobre el lecho de polvo 104 define una zona de barrido, ilustrada en la figura 4 por las líneas de puntos 1a, 2a, 3a y 4a. La zona de barrido para cada haz de láser se superpone a las zonas de barrido para los otros haces de láser, de modo que para  
45 ciertas regiones en el lecho de polvo, más de un haz de láser es capaz de solidificar un objeto que se debe construir en esa posición.

Una entrada 112 y una salida 110 están dispuestas para generar un flujo de gas a través del lecho de polvo formado en la plataforma de construcción 102. La entrada 112 y la salida 110 están dispuestas para producir un flujo laminar  
50 que tiene una dirección de flujo desde la entrada a la salida, como se indica por las flechas 118. El gas es recirculado desde la salida 110 a la entrada 112 a través de un circuito de recirculación de gas 111. Una bomba 113 mantiene la presión de gas deseada en la entrada 112 y en las aberturas 5, 6. Un filtro 114 está provisto en el circuito de recirculación 111 para filtrar del gas condensado que ha quedado atrapado en el flujo. Se entenderá que se puede

proporcionar más de una entrada 112 en la cámara de construcción 101. Además, en lugar de extenderse fuera de la cámara de construcción 101, el circuito de recirculación 111 puede estar contenido dentro de la cámara de construcción 101.

5 El ordenador 130 comprende una unidad de procesador 131, memoria 132, pantalla 133, dispositivo de entrada de usuario 135, tal como un teclado, pantalla táctil, etc., una conexión de datos a los módulos de la unidad de sinterización por láser, tales como el módulo óptico 106a a 106d y los módulos de 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 a que realice el método que se ha descrito con referencia a las figuras 4 y 5.

10 Los datos geométricos de los objetos que se deben construir, tal como en forma de un archivo STL, son recibidos 201 por el ordenador 130, por ejemplo a través de la conexión de datos externa 135. La unidad de procesamiento 131 recibe 202 información sobre la situación de los objetos en la plataforma de construcción 102. Esta información de situación ya puede estar definida en el STL o el usuario puede seleccionar, usando el dispositivo de entrada de usuario 135, el lugar en el que cada objeto debe estar situado en la plataforma de construcción 102.

15 La unidad de procesador 131, para cada capa, identifica las áreas del lecho de polvo que se deben solidificar y los haces de láser 1, 2, 3, 4 que se deben usar para barrer estas áreas. En el ejemplo que se muestra en la figura 4, las áreas que se debe solidificar comprenden varias islas 5, 6 y 7. Diferentes secciones de las islas 5, 6 y 7 se encuentran dentro de las zonas de barrido de diferentes haces de láser 1, 2, 3 y 4. Por ejemplo, para la isla 5, una sección solo puede ser barrida por el haz de láser 1, otra sección por los haces de láser 1 o 2, otra sección por los haces de láser 1 o 4 y la sección final por los haces de láser 1, 2 o 4. En base a los haces de láser 1, 2, 3, 4 que pueden barrer cada sección y las áreas de las secciones, la unidad de procesamiento 131 selecciona un haz de láser 1, 2, 3, 4 para barrer una sección de tal manera que la duración total de tiempo durante el que cada haz de láser 1, 2, 3, 4 barre el lecho es aproximadamente igual o al menos la más parecida posible dadas otras restricciones en el sistema. Como se muestra para la isla 5, la isla se puede dividir en secciones de acuerdo con la forma en que la isla 5 es bisecada por las zonas de barrido 1a, 2a, 3a y 4a, y la unidad de procesamiento 131 selecciona el haz de láser que se usará para barrer cada sección. En el ejemplo, el haz de láser 1 se usa para barrer las dos secciones superiores, el haz de láser 4 para barrer la sección inferior izquierda y el haz de láser 2 para barrer la sección inferior derecha. La isla 6 no solo está seccionada a lo largo de las líneas de bisección de las zonas de barrido 1a, 2a, 3a y 4a, sino que la unidad de procesamiento 131 ha introducido una sección adicional indicada por la línea de puntos 9. Esta sección adicional se puede usar para obtener los tiempos de barrido requeridos para cada haz de láser 1, 2, 3, 4.

30 El uso de los bordes de las zonas de barrido 1a, 2a, 3a, 4a como un primer medio para dividir una isla en diferentes secciones puede ser beneficioso, ya que estas líneas demarcan las secciones en las que están disponibles las diferentes opciones de haces de láser. Sin embargo, incluso si una isla no está dividida en dos por un borde de una zona de barrido, la isla todavía puede ser seccionada para obtener el tiempo de barrido requerido para cada haz de láser 1, 2, 3 y 4 si se encuentra dentro de una región superpuesta de dos o más zonas de barrido. Esto se ilustra en la isla 7, que está dividida en dos secciones a lo largo de la línea 8, una sección barrida por el haz de láser 3 y la otra sección barrida por el haz de láser 4. Una interfaz entre secciones barridas por diferentes haces de láser 1, 2, 3 y 4 tiene una forma ondulada o escalonada para unir las secciones adyacentes (como se ilustra en la sección ampliada de la línea 8). Se pueden usar formaciones similares entre las interfaces de todas las secciones.

40 Al seleccionar las secciones de manera que el área total asignada a cada haz de láser sea aproximadamente igual, el tiempo de barrido para cada haz de láser debería ser aproximadamente igual. Sin embargo, puede haber otros factores a tener en cuenta para determinar los tiempos de barrido, que pueden depender de la capa que se está construyendo.

45 Por ejemplo, en el método conocido de "envoltura y núcleo" para formar un objeto, un núcleo de un objeto puede ser solidificado barriendo con un punto de láser de diámetro grande y una envoltura (periferia exterior) del objeto formado usando un punto de láser de diámetro pequeño. Un método de este tipo se describe en los documentos US5753171, WO91/12120 y EP0406513. Una técnica similar puede ser utilizada en este método. La variación del tamaño del punto al formar el núcleo y la envoltura del objeto puede afectar la velocidad de barrido del haz de láser para estas diferentes regiones. Por consiguiente, la unidad de procesamiento 131 puede tener en cuenta estas diferentes velocidades de barrido al asignar una sección a diferentes haces de láser. Esto puede significar que la determinación de la división de las secciones entre los haces de láser basados puramente en el área puede ser insuficiente y la longitud de un borde exterior de la sección (que en el objeto final, forma una superficie del objeto) se puede tener en cuenta al determinar un tiempo de barrido de los haces de láser. Por ejemplo, en la figura 4, la isla 5 es una forma irregular. La sección en la esquina superior izquierda tiene un área pequeña en relación con la longitud del borde cuando se compara con otras secciones de la isla 5 y otras secciones de las otras islas 6 y 7. En consecuencia, llevará más tiempo barrer esta sección que en las secciones de área similar debido al tiempo más largo en la formación de una envoltura con un punto de láser de diámetro pequeño. Por lo tanto, en una realización, cuando se determina un tiempo de barrido para una sección, se tiene en cuenta una longitud del borde incluido en la sección.

60 En una realización adicional, la envoltura alrededor de una única isla 5, 6, 7 puede estar formada, si es posible, por un único haz de láser en lugar de formar la envoltura para diferentes secciones de la isla con diferentes haces de

láser asignados a estas diferentes secciones. Esto puede evitar la necesidad de unir la envoltura en las interfaces de la sección. Sin embargo, el tiempo que se tarda en la formación de la envoltura se debe tener en cuenta al determinar el tiempo de barrido para el haz de láser asignado a la tarea de formar la envoltura.

5 Es posible que las capas inferior y superior del objeto no se formen con los métodos de envoltura y núcleo y, por lo tanto, es posible que tales cálculos no se apliquen a estas capas.

La forma de una sección también puede afectar el tiempo que se necesita para barrer la sección. Por ejemplo, una sección delgada y larga puede precisar más tiempo para ser barrida usando un barrido de trama que barre en toda la sección (lo que se conoce como barrido "serpenteante") que en una sección corta más amplia, incluso si las áreas de las secciones son las mismas porque el barrido del haz de láser disminuye al cambiar la dirección del barrido. Si hay muchos cambios en la dirección, como sería el caso de una sección delgada y larga, esto ralentizará el barrido en relación con solo unos pocos cambios en la dirección, como sería el caso de una sección más amplia. Esto se puede tener en cuenta al determinar el tiempo que se tarda en barrer una sección. Sin embargo, puede haber estrategias de barrido que mitiguen el impacto de los cambios en la dirección debido a la forma de la sección, tal como el barrido de tablero de ajedrez o de banda, como se describe en los documentos EP1441897 y EP1993812, respectivamente. Para las secciones que son mucho más grandes que el ancho de una banda o un cuadrado de la tabla de ajedrez, el número de cambios en la dirección no está dominado por la forma que se está barriendo, sino por el número de barras o cuadrados de la tabla que se ajustan dentro de la sección (que dependerá del área de la sección).

Otro lugar en el que los cambios en la dirección podrían afectar la velocidad de barrido es en los bordes cuando se forma la envoltura en el método de envoltura y núcleo. En particular, para un borde con un gran número de cambios de dirección, la velocidad de barrido será más lenta que para el borde de la misma longitud pero con pocos cambios de la dirección. De nuevo, esto se puede tener en cuenta en los cálculos de la unidad de procesamiento 131 al determinar el tiempo que tarda un haz de láser en barrer una sección.

Un factor adicional que se puede tener en cuenta al seleccionar un haz de láser para solidificar un área del lecho de polvo que cae dentro de una región superpuesta es una forma del punto producido por el haz de láser en esa situación. Típicamente, los módulos ópticos 106a a 106d están dispuestos para generar un punto circular cuando el haz de láser se dirige perpendicularmente a un plano de la capa de polvo. La dirección del haz de láser separándose de la perpendicular produce un punto elíptico, en el que cuanto mayor es el ángulo, mayor es el radio del punto. Las variaciones en el tamaño y la forma del punto pueden variar las propiedades del material solidificado. Por consiguiente, la unidad de procesamiento 131 puede seleccionar el haz de láser 1, 2, 3, 4 para usarlo para solidificar un área/punto dentro de un área que cae dentro de una región de superposición basada en un ángulo del haz de láser cuando solidifica el área/punto. Se puede usar una distancia del área/puntos desde un punto de referencia (ilustrado por los puntos 251a a 251d en la figura 5b) de cada punto de barrido en la que el haz de láser es perpendicular a un plano de la capa de polvo como un valor representativo del ángulo. Por ejemplo, una cantidad del área de polvo que se debe solidificar en una capa por cada haz de láser 1, 2, 3 y 4 se puede dividir por igual, en la medida de lo posible, entre los láseres 1, 2, 3 y 4, pero las líneas a lo largo de las cuales el área o las áreas se dividen entre los haces de láser 1, 2, 3 y 4 pueden estar basadas en una distancia de cada punto en el área o áreas que se debe solidificar desde el punto de referencia de cada punto de la zona de barrido.

Una vez completada la selección de los haces de láser 1, 2, 3, 4 para usar en el barrido de las áreas de cada lecho de polvo que se debe solidificar, los resultados se pueden mostrar a un usuario para su revisión. Usando el dispositivo de entrada, el usuario puede ajustar la situación del objeto o de los objetos, la unidad de procesamiento 131 vuelve a seleccionar los haces de láser que se utilizarán para barrer las áreas de las nuevas posiciones del objeto o de los objetos. Esto puede permitir que un usuario minimice el tiempo de barrido de los objetos que se están construyendo.

45 En una realización, la unidad de procesamiento 131 reajusta automáticamente la situación o las situaciones del objeto o de los objetos en el lecho de polvo para minimizar el tiempo de construcción.

Al activar una construcción, la unidad de procesamiento 131 envía instrucciones a los módulos ópticos 106a a 106d para controlar los haces de láser para barrer las capas de polvo de la manera seleccionada.

Se entenderá que en otra realización, en lugar de que cada módulo de láser proporcione un único haz de láser para solidificar el lecho de polvo 104, el haz de láser generado a partir de uno o más módulos de láser puede dividirse ópticamente en más de un haz de láser, cada parte del haz de láser dividido se dirige individualmente al lecho de polvo. Una disposición de este tipo puede ser apropiada con un módulo de láser de alta potencia, por ejemplo, un láser de fibra nd - YAG de 1 KW podría dividirse en cuatro haces de láser separados, teniendo cada haz de láser la potencia suficiente para fundir el polvo de metal. En una realización adicional, la óptica puede estar dispuesta de tal manera que la cantidad de partes en las que se divide el haz de láser o cada uno de ellos se puede reconfigurar en respuesta a una selección realizada por el usuario o por el ordenador. Una disposición de este tipo puede ser apropiada cuando el aparato se va a usar con diferentes materiales, que requieren diferentes potencias de láser para fundir el polvo de ese material. Por ejemplo, para un material con un alto punto de fusión, el haz o los haces de láser

se puede dividir en menos partes (o no dividirse en absoluto), mientras que para los materiales con puntos de fusión más bajos, el haz o haces de láser se puede dividir en un mayor número de partes.

Las figuras 5a y 5b muestran una disposición alternativa de las zonas de barrido 201a, 201b, 201c y 201d para aparatos que comprenden un escáner con cuatro módulos ópticos 106a, 106b, 106c, 106d. En esta disposición, los módulos ópticos están dispuestos de tal manera que la zona de barrido 201a, 201b, 201c, 201d para cada haz de láser 1, 2, 3, 4 es sustancialmente rectangular. Por ejemplo, los módulos ópticos 106a, 106b, 106c, 106d pueden comprender dos espejos rotativos para dirigir el haz de láser, los espejos son rotativos alrededor del eje perpendicular para barrer el haz en dos dimensiones en un plano de una superficie de trabajo del lecho de polvo 204. Cada módulo óptico 106a, 106b, 106c, 106d es sustancialmente igual y genera una zona de barrido 201a, 201b, 201c, 201d en la misma situación con respecto al módulo óptico 106a, 106b, 106c, 106d. En consecuencia, como los módulos ópticos 106a, 106b, 106c, 106d están separados físicamente, como se muestra en la figura 5a por una distancia D, las zonas de barrido se superponen, pero no son coincidentes, con las regiones 210 a 217 del lecho de polvo 104 a las cuales uno o más, pero no todos, los haces de láser 1, 2, 3, 4 pueden ser dirigidos y una región central 218 a la que los cuatro haces de láser 1, 2, 3, 4 pueden ser dirigidos.

De una manera similar a la que se ha descrito con referencia a la figura 4, en las regiones 211, 213, 215, 217 y 218 en las que las zonas de barrido de los módulos ópticos se superponen, la unidad de procesamiento 131 selecciona cuál de la pluralidad de haces de láser 1, 2, 3, 4 se debe usar para barrer áreas del lecho de polvo 104 que se debe solidificar que caen dentro de estas regiones. Por ejemplo, la unidad de procesamiento 131 puede seleccionar el haz de láser para que, en la medida de lo posible, cada haz de láser 1, 2, 3 y 4 se use durante un tiempo sustancialmente igual para solidificar áreas dentro de cada capa de polvo.

Haciendo referencia a continuación a las figuras 6a y 6b, se muestra un aparato de solidificación por láser adicional. En este aparato, el escáner de láser comprende módulos ópticos 306a a 306e montados en un miembro 340 móvil a lo largo de la pista 341. De esta manera, los módulos ópticos 306a a 306e son móviles dentro de la cámara de construcción.

La figura 7 muestra una unidad óptica 306 con más detalle. Cada módulo óptico 306 comprende un alojamiento sellado 345 que contiene una lente 339 para enfocar el haz de láser y un elemento óptico, en esta realización un espejo 349, para dirigir el haz de láser a través de la ventana 307 hacia el lecho de polvo 304 a lo largo de una línea (representada por las flechas en la figura 6b) perpendicular a la dirección del movimiento del miembro 340. El espejo 349 está montado en un eje 343 para realizar la rotación alrededor de un eje bajo el control de un motor 344. El alojamiento comprende una conexión 346 para conectar el alojamiento a una fibra óptica 336 que transporta el haz de láser. Cada módulo óptico 306 se puede montar por separado de manera extraíble sobre el miembro 340. En esta realización, cada módulo 306 es capaz de dirigir un haz de láser sobre líneas de longitud similar.

El movimiento combinado del elemento óptico 349 y el miembro 340 permite que cada haz de láser se dirija a una zona de barrido respectiva 301a a 301e. Los módulos ópticos están dispuestos de modo que cada zona de barrido 301a, 301b, 301c, 301d, 301e se superponga con una zona o unas zonas de barrido adyacentes 301a, 301b, 301c, 301d, 301e. De manera similar a la primera realización, cada módulo óptico 306 está controlado por una unidad de procesamiento, la unidad de procesamiento está dispuesta para seleccionar cuál de la pluralidad de haces de láser se utilizará para barrer áreas del lecho de polvo 304 para que sean solidificadas que caen dentro de regiones en las que las zonas de barrido 301a, 301b, 301c, 301d, 301e se superponen. La unidad de procesamiento puede hacer la selección para maximizar la velocidad a la que el miembro 340 puede moverse sobre el lecho de polvo y/o para minimizar un número de pasadas del miembro 340 sobre el lecho de polvo 304 requerido para la solidificación de las áreas especificada de cada capa de polvo.

En una realización adicional, los módulos ópticos 306a a 306e comprenden ópticas móviles para dirigir los haces de láser sobre un área en lugar de una línea (es decir, el haz de láser puede moverse en una dirección de movimiento del miembro 340 por la óptica, así como por movimiento del miembro 340). Esto puede proporcionar una mayor flexibilidad al seleccionar qué haz de láser se debe usar para solidificar un área del lecho de polvo que cae dentro de las regiones superpuestas de las zonas de barrido.

Se pueden realizar alteraciones y modificaciones a las realizaciones que se han descrito más arriba sin apartarse del alcance de la invención como se define en la presente memoria descriptiva. Por ejemplo, el escáner de láser puede ser capaz de dirigir cada haz de láser sobre todo el lecho de polvo y la unidad de procesamiento 131 puede estar dispuesta para seleccionar cuál de los haces de láser se debe usar para barrer áreas de una capa de polvo que se deben solidificar de tal manera que cada láser se usa durante aproximadamente un tiempo igual durante la solidificación de las áreas con las áreas que se debe solidificar divididas entre los láseres en función de un ángulo del haz de láser con la capa de polvo al barrer las áreas.

## REIVINDICACIONES

1. Un aparato de solidificación selectiva por láser, que comprende; una plataforma de construcción (102, 302) para soportar un lecho de polvo (104, 304) sobre el cual se pueden depositar capas de polvo, al menos un módulo de láser (1, 2, 3, 4) para generar una pluralidad de haces de láser para solidificar el material en polvo depositado sobre el lecho de polvo (104, 304), un escáner de láser (106a, 106b, 106c, 106d, 306a, 306b, 306c, 306d, 306e) para dirigir individualmente cada haz de láser para solidificar áreas separadas en cada capa de polvo, una zona de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d, 301a, 301b, 301c, 301d, 301e) para cada haz de láser definida por las posiciones en el lecho de polvo (104, 304) en el que se encuentra a la cual pueda ser dirigido el haz de láser por el escáner de láser (106a, 106b, 106c, 106d, 306a, 306b, 306c, 306d, 306e), el escáner de láser (106a, 106b, 106c, 106d, 306a, 306b, 306c, 306d, 306e) está dispuesto de tal manera que cada zona de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d, 301a, 301b, 301c, 301d, 301e) es menor que el área total del lecho de polvo (104, 304) y al menos dos de las zonas de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d, 301a, 301b, 301c, 301d, 301e) se superponen, y una unidad de procesamiento (131), caracterizado por que la unidad de procesamiento (131) está dispuesta para seleccionar, para al menos una de las capas de polvo, cuál de los haces de láser se debe utilizar para solidificar un área de la capa de polvo situada dentro de una región (211, 213, 215, 217, 218) en la que las zonas de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d, 301a, 301b, 301c, 301d, 301e) se superponen para reducir los periodos de no utilización de los haces de láser.
2. Un aparato de solidificación selectiva por láser de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unidad de procesamiento (131) está dispuesta para seleccionar cuál de los haces de láser se debe usar para solidificar el área situada dentro de la región (211, 213, 215, 217, 218) en la que las zonas de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d, 301a, 301b, 301c, 301d, 301e) se superponen en función de la duración total de cada haz de láser que se utiliza para solidificar áreas en la capa de polvo.
3. Un aparato de solidificación selectiva por láser de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la unidad de procesamiento (131) está dispuesta para seleccionar el haz de láser de tal manera que la duración de tiempo total en la que cada haz de láser se utiliza para solidificar áreas en la capa de polvo es aproximadamente igual.
4. Un aparato de solidificación selectiva por láser de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la unidad de procesamiento (131) está dispuesta para seleccionar cuál de los haces de láser se debe usar para solidificar el área situada dentro de la región (211, 213, 215, 217, 218) en la que las zonas de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d, 301a, 301b, 301c, 301d, 301e) se superponen en base a una estrategia de barrido utilizada para el área.
5. Un aparato de solidificación selectiva con láser de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la estrategia de barrido es una estrategia de barrido de bandas o de tablero de ajedrez y la unidad de procesamiento (131) está dispuesta para seleccionar cuál de los haces de láser se debe utilizar para solidificar el área situada dentro de la región (211, 213, 215, 217, 218) en la que las zonas de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d, 301a, 301b, 301c, 301d, 301e) se superponen en función de un número de franjas o cuadrados del tablero de ajedrez para ser barridas por el haz de láser.
6. Un aparato de solidificación selectiva por láser de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la unidad de procesamiento (131) está dispuesta para usar una estrategia de barrido por láser de envoltura y núcleo para formar islas (5, 6, 7) de material solidificado en la capa de polvo y para seleccionar cuál de los haces de láser se debe utilizar para barrer una envoltura situada dentro de la región (211, 213, 215, 217, 218) en la que las zonas de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d), 301a, 301b, 301c, 301d, 301e) se superponen de tal manera que, si es posible, la envoltura se forma utilizando uno solo de los haces de láser.
7. Un aparato de solidificación selectiva por láser de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende una entrada (112) y una salida (110) dispuestas para producir un flujo de gas a través del lecho de polvo, en el que la unidad de procesamiento (131) está dispuesta para seleccionar cuál de los haces de láser se debe utilizar para solidificar el área situada dentro de la región (211, 213, 215, 217, 218) en la que las zonas de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d, 301a, 301b, 301c, 301d, 301e) se superponen para equilibrar la no utilización de uno de los haces de láser contra las áreas de solidificación en la capa de polvo que están aguas arriba en una dirección (118) del flujo de gas.
8. Un aparato de solidificación selectiva por láser de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el escáner de láser está dispuesto de modo que cada zona de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d, 301a, 301b, 301c, 301d, 301e) se superponga a otra zona de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d, 301a, 301b, 301c, 301d, 301e).
9. Un aparato de solidificación selectiva por láser de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la unidad de láser está dispuesta de modo que cada zona de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d) se superponga con cada una de las otras zonas de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d).
10. Un aparato de solidificación selectiva por láser de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que más del 10%, 20%, 30%, 40% o 50% de una zona de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c,



201d, 301a, 301b, 301c, 301d, 301e) se superpone con otra zona de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d, 301a, 301b, 301c, 301d, 301e).

5 11. Un aparato de solidificación selectiva con láser de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende una cámara de construcción (101) que comprende una ventana (107), en la que el lecho de polvo (104) está situado en la cámara de construcción (101), en la que la pluralidad de haces de láser son dirigidos para entrar en la cámara de construcción (101) a través de la ventana (107).

10 12. Un método para seleccionar cuál de una pluralidad de haces de láser se debe utilizar para solidificar un área de una capa de polvo en un proceso de solidificación selectiva por láser, en el que uno o más objetos se forman capa por capa, repetidamente al depositar una capa de polvo sobre un lecho de polvo (104, 304) y se barre con una pluralidad de haces de láser sobre el polvo depositado para solidificar selectivamente al menos parte de las capas de polvo, en el que cada haz de láser es dirigido individualmente para solidificar áreas separadas en cada capa de polvo, una zona de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d, 301a, 301b, 301c, 301d, 301e) para cada haz de láser está definida por las posiciones en el lecho de polvo a las que se puede dirigir el haz de láser, cada zona de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d, 301a, 301b, 301c, 301d, 301e) es menor que el área total del lecho de polvo y las zonas de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d, 301a, 301b, 301c, 301d, 301e) para al menos dos de los haces de láser que se superponen, el método se caracteriza por seleccionar, para al menos una de las capas de polvo, cuál de los haces de láser se debe utilizar para solidificar un área de la capa de polvo situada dentro de una región (211, 213, 215, 217, 218) en la que las zonas de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d, 301a, 301b, 301c, 301d, 301e) de los haces de láser se superponen para reducir los períodos de no utilización de los haces de láser.

13. Un aparato de solidificación selectiva por láser, que comprende; una plataforma de construcción (102) para soportar un lecho de polvo (104, 304) sobre el cual se pueden depositar capas de polvo, al menos un módulo de láser (1, 2, 3, 4) para generar una pluralidad de haces de láser para solidificar el material en polvo depositado sobre el lecho de polvo (104, 304), un escáner de láser (106a, 106b, 106c, 106d, 306a, 306b, 306c, 306d, 306e) para dirigir individualmente cada haz de láser desde posiciones separadas sobre cada capa de polvo, una zona de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d, 301a, 301b, 301c, 301d, 301e) para cada haz de láser definida por las posiciones sobre el lecho de polvo (104, 304) en el que el haz de láser puede ser dirigido por el escáner de láser (106a, 106b, 106c, 106d, 306a, 306b, 306c, 306d, 306e), estando dispuestos los escáneres láser (106a, 106b, 106c, 106d, 306a, 306b, 306c, 306d, 306e) de modo que al menos dos de las zonas de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d, 301a, 301b, 301c, 301d, 301e) se superpongan o sean coincidentes, y una unidad de procesamiento (131, caracterizado por que la unidad de procesamiento (131) está dispuesta para seleccionar, para al menos una de las capas de polvo, cuál de los haces de láser se debe usar para solidificar un punto sobre la capa de polvo en una región (211, 213, 215, 217, 218) de la capa de polvo en la que las zonas de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d, 301a, 301b, 301c, 301d, 301e) se superponen/son coincidentes en función de un parámetro indicativo de un ángulo del haz de láser a la capa de polvo cuando se barre el punto.

14. Un método para seleccionar cuál de la pluralidad de haces de láser se debe utilizar para solidificar un punto sobre una capa de polvo en un proceso de solidificación selectiva por láser, en el que uno o más objetos se forman capa por capa al depositar repetidamente una capa de polvo sobre un lecho de polvo (104, 304) y se barre con una pluralidad de haces de láser sobre el polvo depositado para solidificar selectivamente al menos parte de las capas de polvo, en el que cada haz de láser se dirige individualmente desde posiciones separadas sobre cada capa de polvo, estando definida una zona de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d, 301a, 301b, 301c, 301d, 301e) para cada haz de láser por las posiciones sobre el lecho de polvo a las que el haz de láser puede ser dirigido por un escáner de láser (106a, 106b, 106c, 106d, 306a, 306b, 306c, 306d, 306e), estando dispuestos los escáneres de láser (106a, 106b, 106c, 106d, 306a, 306b, 306c, 306d, 306e) de tal manera que al menos dos de las zonas de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d, 301a, 301b, 301c, 301d, 301e) se superponen o son coincidentes, el método está caracterizado por que al seleccionar, para al menos una de las capas de polvo, cuál de los haces de láser se debe utilizar para solidificar un punto en la capa de polvo en una región (211, 213, 215, 217, 218) de la capa de polvo en la que las zonas de barrido (1a, 2a, 3a, 4a, 201a, 201b, 201c, 201d, 301a, 301b, 301c, 301d, 301e) se superponen/son coincidentes en función de un parámetro indicativo de un ángulo del haz de láser a la capa de polvo cuando se barre el punto.

15. Un soporte de datos que tiene instrucciones almacenadas en el mismo, las instrucciones, cuando son ejecutadas por un procesador, hacen que el procesador lleve a cabo el método de la reivindicación 12 o de la reivindicación 14.

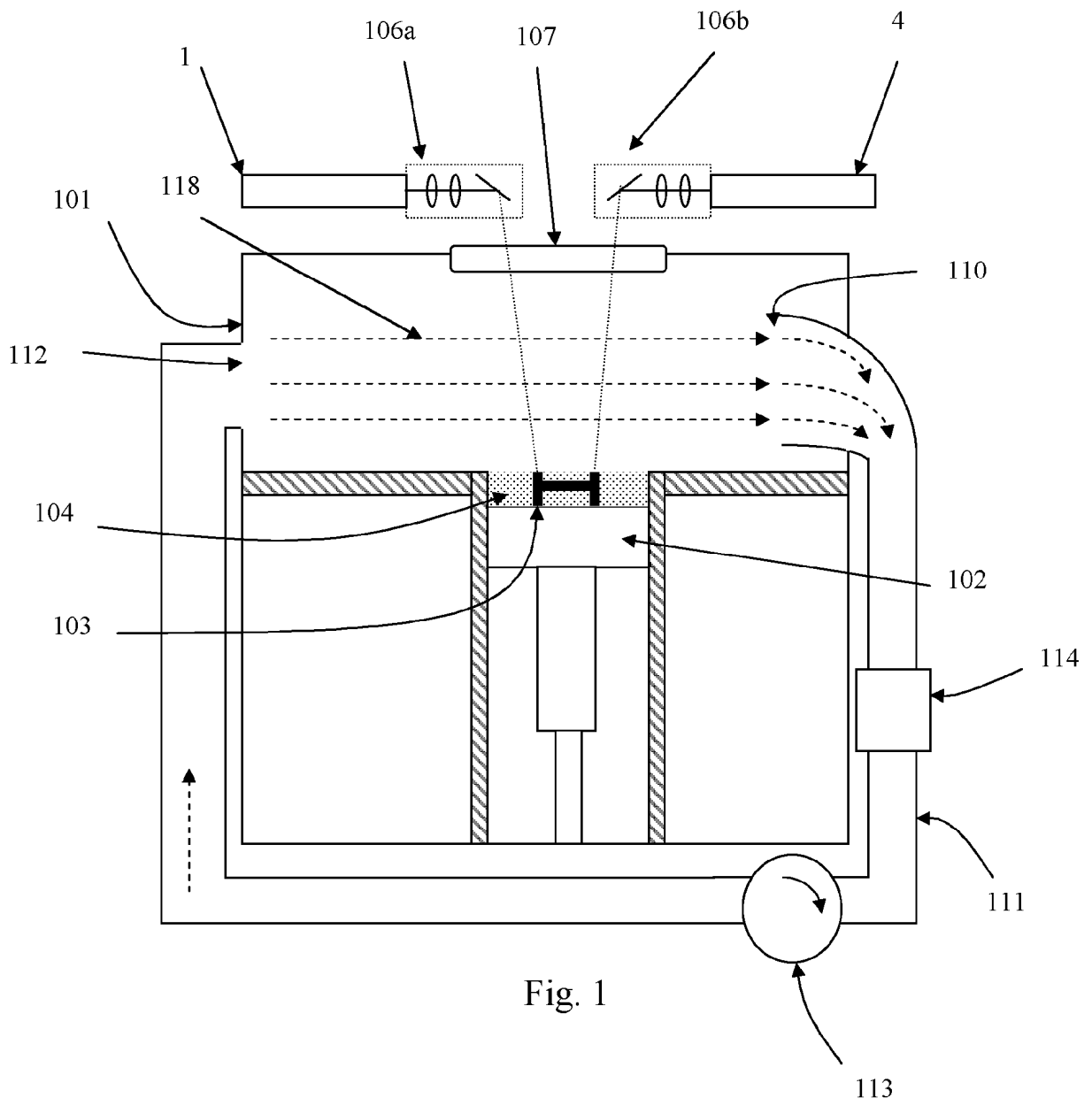


Fig. 1

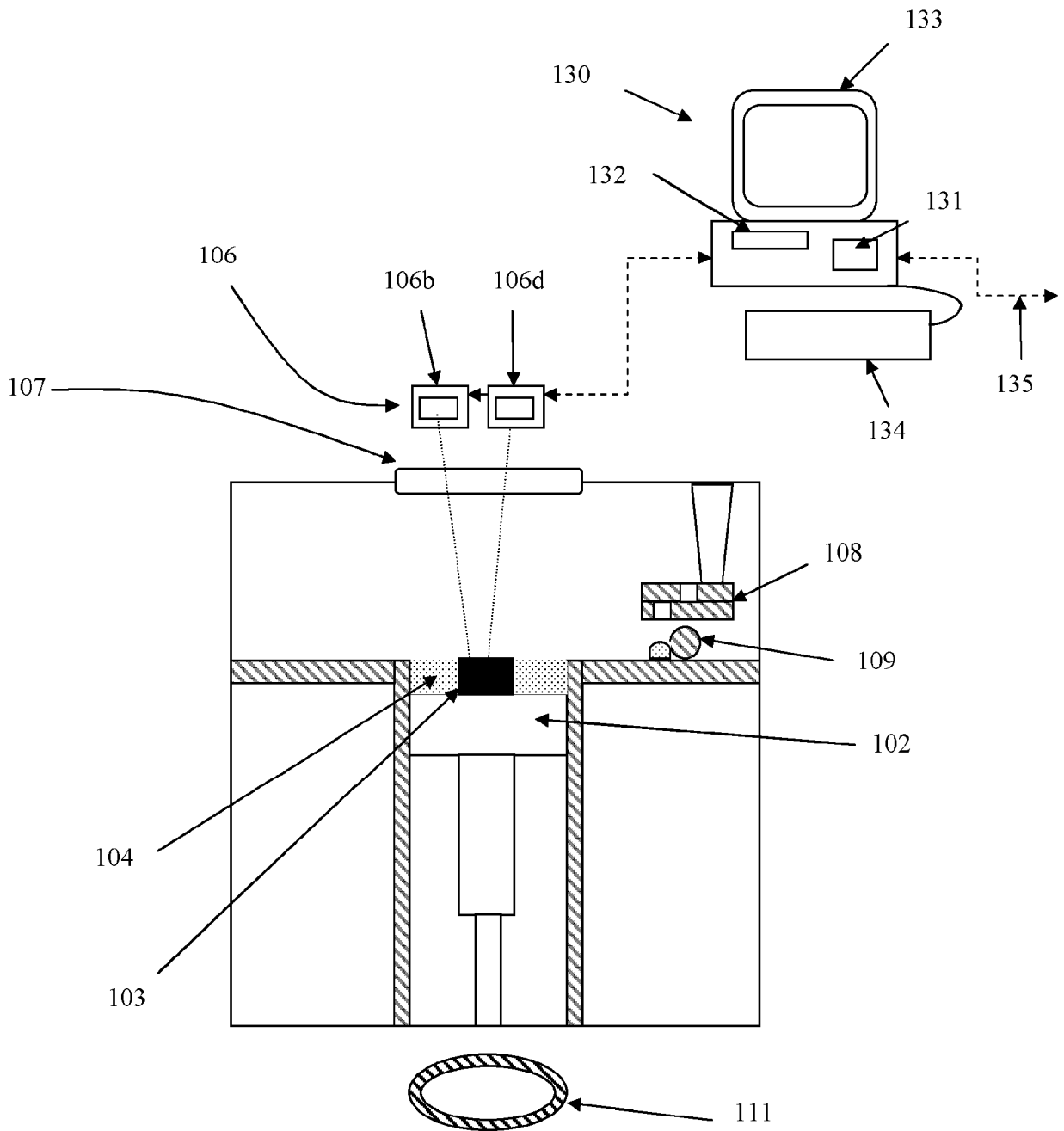


Fig. 2

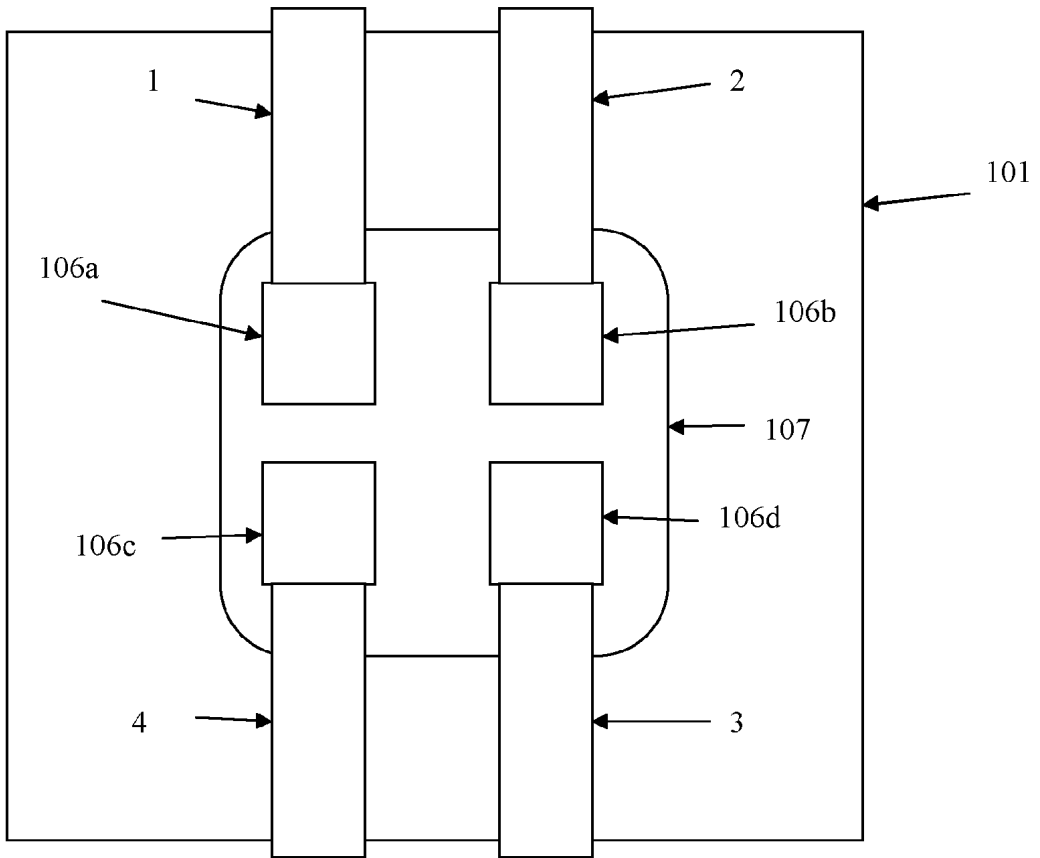


Fig. 3

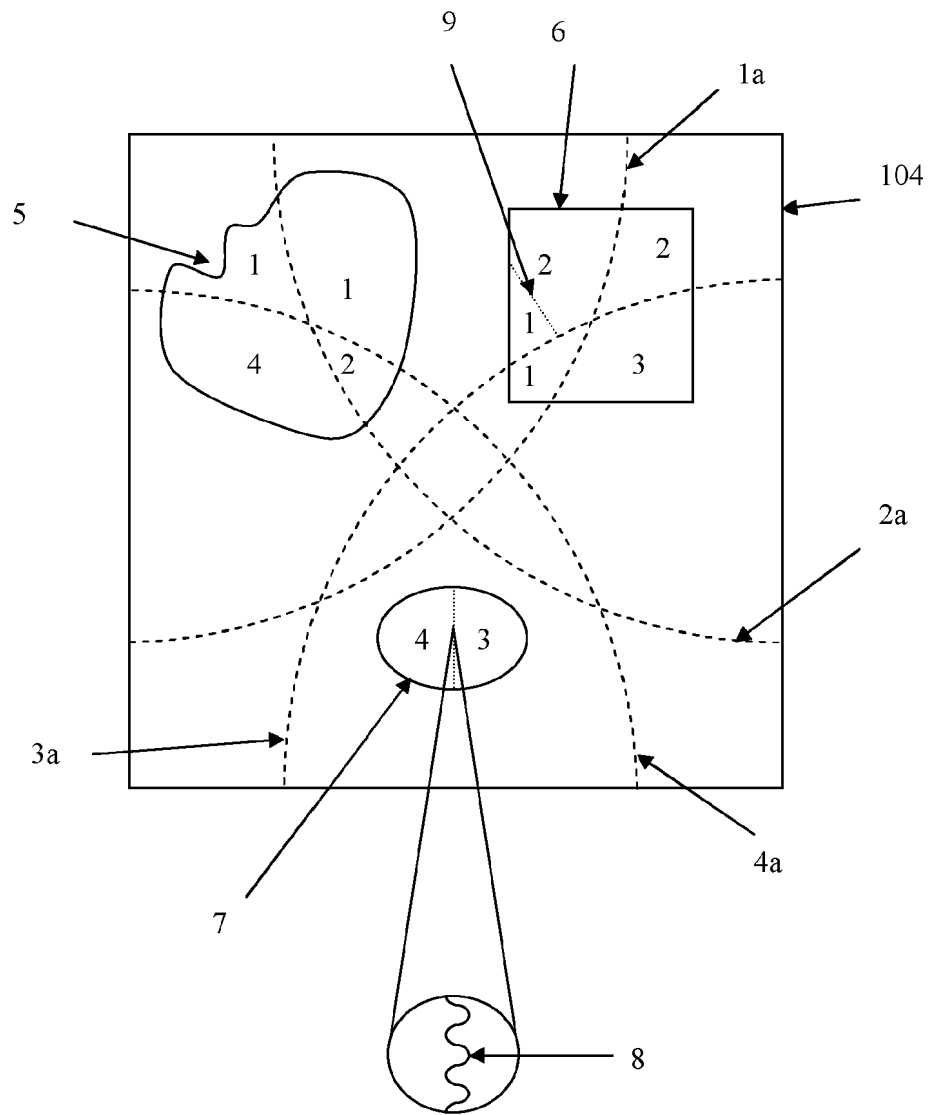


Fig. 4

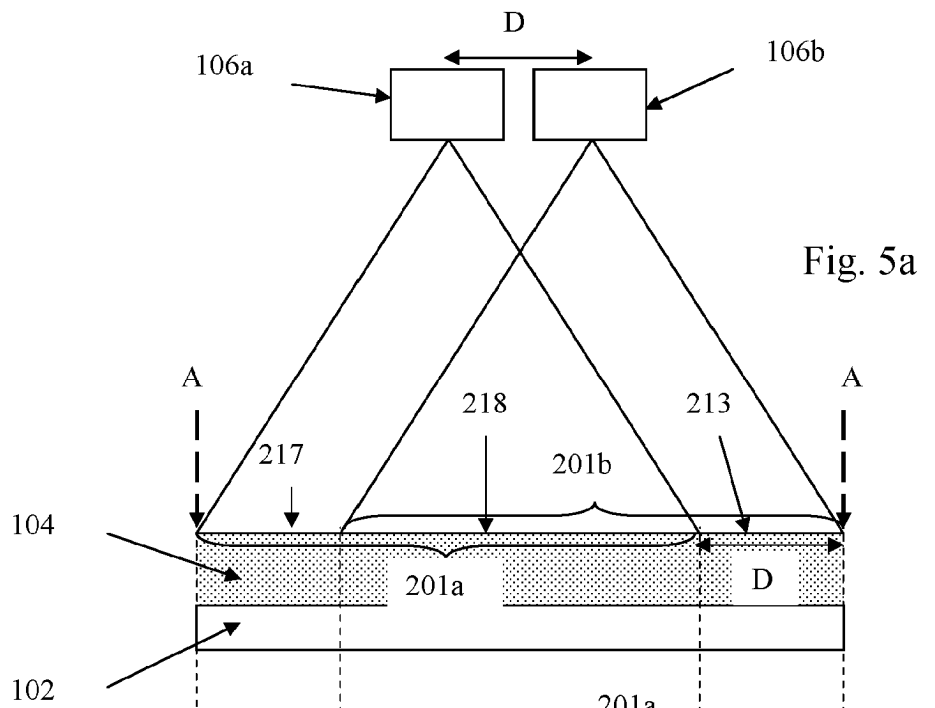


Fig. 5a

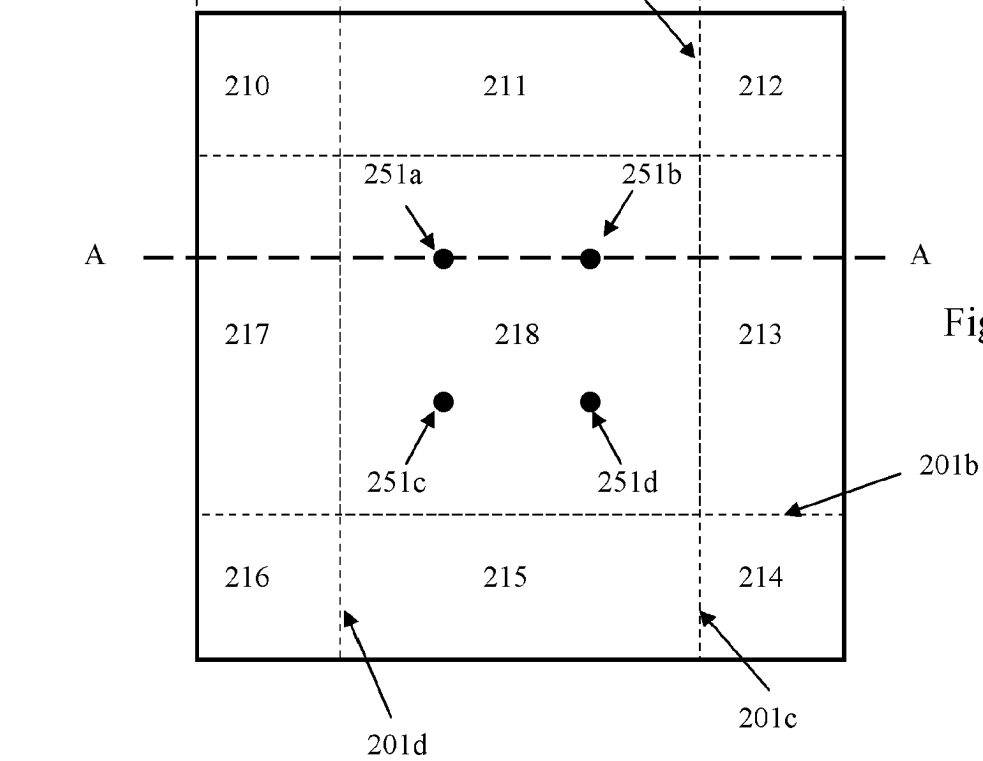
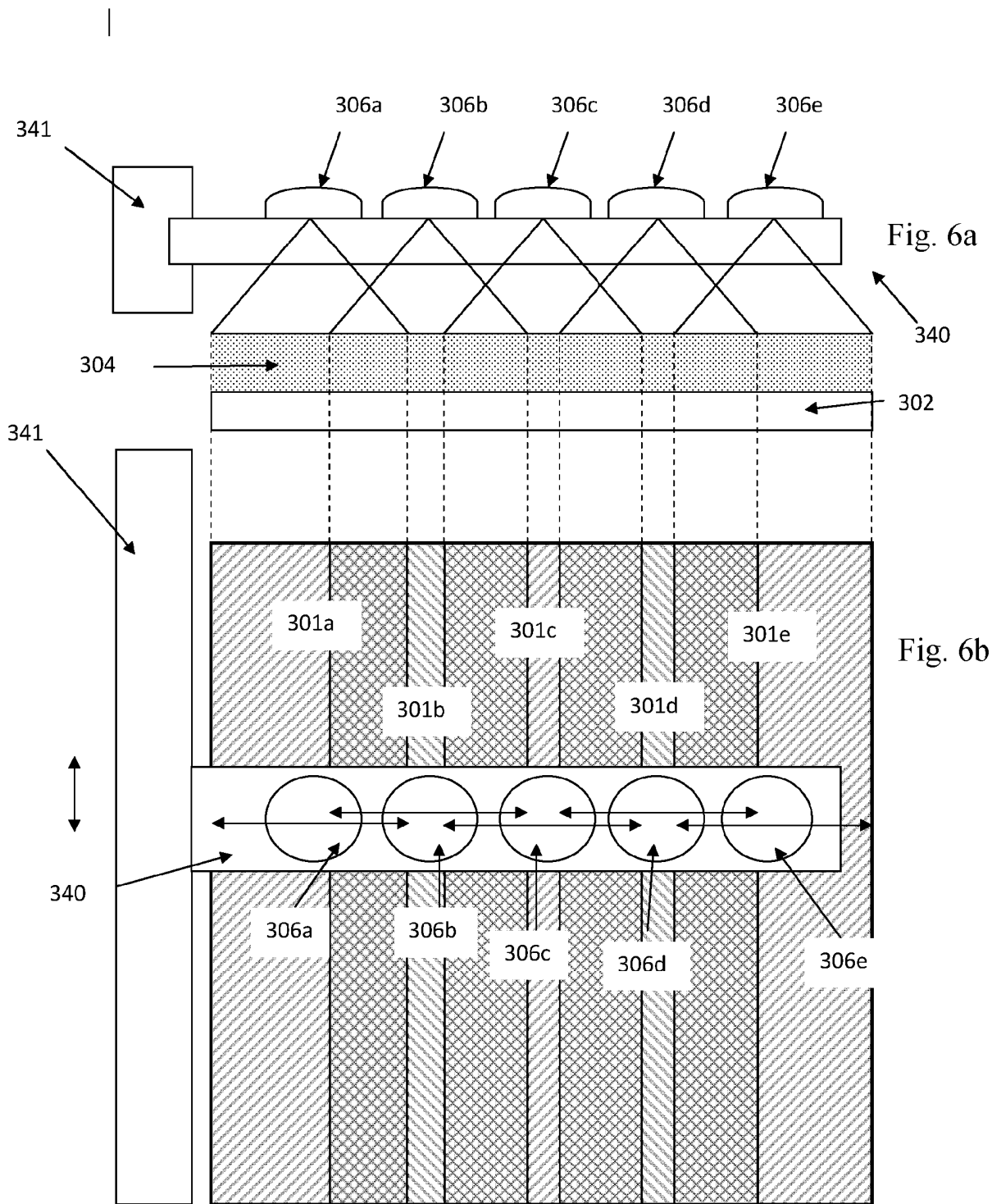


Fig. 5b



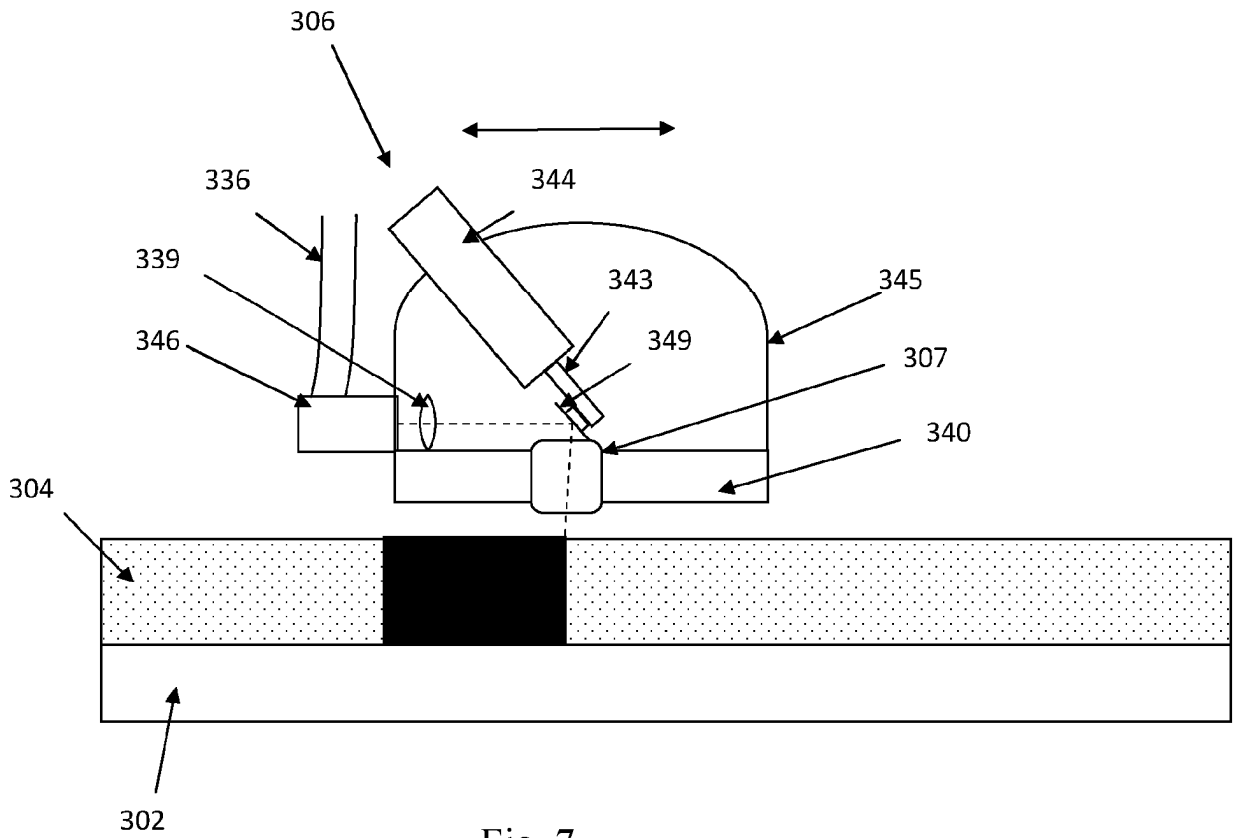


Fig. 7