

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 799 123**

51 Int. Cl.:

**B41J 2/45** (2006.01)

**B29C 67/00** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.12.2014 PCT/EP2014/077967**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.06.2015 WO15091485**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2014 E 14824420 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2020 EP 3079912**

54 Título: **Sistema de impresión láser**

30 Prioridad:

**17.12.2013 EP 13197751**

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

**14.12.2020**

73 Titular/es:

**EOS GMBH ELECTRO OPTICAL SYSTEMS  
(100.0%)  
Robert-Stirling-Ring 1  
82152 Krailling, DE**

72 Inventor/es:

**MATTES, THOMAS;  
PATERNOSTER, STEFAN;  
CANTZLER, GERD;  
PHILIPPI, JOCHEN;  
GRONENBORN, STEPHAN;  
HEUSLER, GERO;  
MOENCH, HOLGER y  
CONRADS, RALF**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

ES 2 799 123 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**

Sistema de impresión láser

**Campo de la invención**

5 La invención se refiere a un sistema de impresión láser y a un procedimiento de impresión láser, concretamente en el campo de la impresión en 3D mediante láser para la fabricación aditiva, por ejemplo, utilizado para la realización de prototipos rápidos. La invención no se refiere a la impresión 2D como la impresión de documentos.

**Antecedentes de la invención**

10 Las máquinas de fusión selectiva por láser consisten en un solo láser de alta potencia y un escáner para escanear el láser sobre el área a iluminar. En tales máquinas el láser y el escáner están dispuestos fuera de una cámara de proceso y la luz del láser puede pasar a través de una ventana de entrada a la cámara de proceso que contiene un área de construcción. Para aumentar la velocidad de procesamiento, es conveniente disponer de un cabezal de impresión con varios canales independientes, es decir, un conjunto direccionable de láseres que cubra una parte importante de la zona. Preferiblemente, el cabezal de impresión cubre todo el ancho del área a imprimir con una fuente láser direccionable por píxel, de modo que el cabezal de impresión sólo necesita moverse en una dirección.  
15 La fiabilidad y los costos de servicio de esos conjuntos direccionables pueden ser un problema.

El documento US 2005/0151828 A1 revela un dispositivo para la impresión láser xerográfica. El sistema de impresión xerográfica tiene una barra de impresión láser que incluye una pluralidad de conjuntos de emisión de luz microóptica. El conjunto emisor de luz micro-óptica incluye una pluralidad de láseres emisores de superficie de cavidad vertical, donde cada láser emisor de superficie de cavidad vertical se enfoca con un elemento micro-óptico.

20 El documento US 2003/0214571 A1 describe un aparato de prototipado rápido que comprende una serie de cabezales de exposición plural que están dispuestas sustancialmente en una matriz de M filas y N columnas para exponer material fotosensible. Cada cabezal de exposición comprende una fuente de luz de conjunto de fibra que incluye una pluralidad de módulos láser a cada uno de los cuales se acopla una fibra óptica multimodo. La luz de la fibra óptica incide en un DMD (Dispositivo Digital de Microespejos), donde un microespejo constituye un píxel. El control de encendido y apagado de cada microespejo permite iluminar los píxeles en el plano de trabajo.  
25

**Sumario de la invención**

Es por lo tanto un objeto de la presente invención proporcionar un sistema mejorado de impresión láser y un procedimiento correspondiente de impresión láser.

30 Según un primer aspecto se proporciona un sistema de impresión láser para iluminar un objeto en movimiento relativo a un módulo láser del sistema de impresión láser en un plano de trabajo. El módulo láser comprende al menos dos conjuntos láser de láseres semiconductores y al menos un elemento óptico. El elemento óptico se adapta para representar la luz láser emitida por los conjuntos láser, de modo que la luz láser de los láseres semiconductores de un conjunto láser se representa en un píxel en un plano de trabajo del sistema de impresión láser.

35 Preferentemente, un elemento del área del píxel es iluminado por medio de al menos dos láseres semiconductores.

40 Los sistemas de impresión láser conocidos utilizan láseres únicos de alta potencia o conjuntos de láseres. En el caso de los láseres de alta potencia, por ejemplo, se puede utilizar un láser semiconductor emisor de un solo borde mientras que en el caso de los conjuntos de láseres se utilizan preferentemente láseres emisores de superficie de cavidad vertical (VCSEL). Los conjuntos de VCSEL pueden fabricarse fácilmente en procesos basados en obleas, pero suelen emitir menos energía que los láseres semiconductores emisores de bordes. Los sistemas ópticos de estos conocidos sistemas de impresión láser proyectan o enfocan la capa emisora de luz de cada láser semiconductor al plano de trabajo.

45 En contraste con este enfoque, la realización preferente de la presente invención propone representar al menos dos conjuntos láser de dos píxeles en el plano de trabajo por medio de un elemento óptico. La imagen de los conjuntos láser no comprende imágenes nítidas de las capas emisoras de luz de los láseres semiconductores. La luz emitida por medio de al menos dos láseres de uno de los conjuntos láser ilumina cada elemento de área del píxel de tal manera que no hay ningún elemento de área que sólo sea iluminado por medio de un solo láser semiconductor. Preferiblemente, tres, cuatro o una multitud de láseres semiconductores de un conjunto láser iluminan un elemento de área de un píxel al mismo tiempo. Incluso puede ser que dos conjuntos láser se representen en el mismo píxel al mismo tiempo. Así pues, se puede proporcionar más intensidad al plano de trabajo utilizando una multitud de láseres semiconductores por elemento de área de un píxel. Una imagen difusa de una multitud de láseres semiconductores de los conjuntos forman los píxeles en el plano de trabajo. El sistema de impresión láser puede ser más fiable debido a la contribución relativamente baja de cada uno de los láseres semiconductores a la iluminación o la entrada de energía a un objeto en el plano de trabajo por medio de la energía óptica. Por consiguiente, el mal  
50

funcionamiento de un solo láser semiconductor de un conjunto láser no causa un mal funcionamiento del sistema de impresión láser.

5 El módulo láser puede moverse con respecto al sistema de impresión láser (escaneo) y/o el objeto puede moverse con respecto al sistema de impresión láser. El objeto puede ser una capa de polvo que puede ser sinterizada por medio del sistema de impresión láser. Puede ser preferible que sólo se mueva el objeto. El sistema de impresión láser puede ser capaz de iluminar todo el ancho del objeto moviéndose perpendicularmente al ancho del objeto por medio de uno, dos, tres, cuatro o más módulos láser. Los láseres semiconductores pueden ser láseres semiconductores emisores de bordes, pero se pueden preferir los conjuntos VCSEL por su menor costo.

10 El elemento óptico puede disponerse de manera que un plano del objeto del elemento óptico con respecto al plano de trabajo no coincida con un plano de los láseres semiconductores de manera que los conos de luz láser emitidos por los láseres semiconductores adyacentes se superpongan en el plano del objeto. El plano de los láseres semiconductores de los conjuntos láser se define por medio de las capas emisoras de luz de los láseres semiconductores. Las capas emisoras de luz comprenden la cavidad óptica de los láseres semiconductores que comprende la capa activa y los correspondientes espejos resonadores. El elemento óptico puede ser una lente de representación de imagen única o una óptica de representación de imagen más compleja que define un plano de objeto en relación con el plano de trabajo. La disposición del plano del objeto con respecto a las capas emisoras de luz de los láseres semiconductores de los conjuntos de láseres puede causar una imagen superpuesta difusa de las capas emisoras de luz en el plano de trabajo. La distribución de la energía en el plano de trabajo puede así ser más homogénea en comparación con una proyección de cada capa emisora de luz de las capas semiconductoras al plano de trabajo. Además, el elemento óptico puede ser tan simple como una lente de proyección por módulo láser, pero pueden utilizarse combinaciones más complejas de lentes para aumentar la distancia entre el plano de trabajo y los módulos láser. Puede que no se necesiten conjuntos de microlentes para proporcionar una proyección nítida de cada capa emisora de luz.

25 El módulo o módulos láser del sistema de impresión láser comprende preferentemente tres, cuatro o una multitud de conjuntos de láser. Un solo conjunto láser puede ser representado en un píxel en el plano de trabajo. Los píxeles pueden ser adyacentes entre sí de modo que una parte de la potencia óptica emitida de un conjunto de láser se superponga a la potencia óptica emitida por otro conjunto de láser. Incluso puede ser que dos, tres o más conjuntos de láseres puedan ser asignados al mismo píxel en el plano de trabajo. El elemento óptico puede comprender un conjunto de microelementos ópticos que pueden representar, por ejemplo, la luz láser de dos, por ejemplo, conjuntos adyacentes del módulo láser a un píxel en el plano de trabajo. En este caso, dos o más conjuntos pueden ser representados en un píxel. Alternativamente o además puede ocurrir que la luz láser emitida por diferentes conjuntos de láser pueda iluminar la misma parte de una superficie de un objeto en momentos diferentes. Esto último significa que la luz de un primer conjunto puede iluminar una superficie definida del objeto en un momento  $t_1$  y la luz de un segundo conjunto puede iluminar la superficie definida del objeto en un momento  $t_2$  posterior a  $t_1$  en el que el objeto se movió con respecto al módulo o módulos láser. Además, el sistema de impresión puede comprender módulos láser con diferentes planos de trabajo. Esto último puede hacerse colocando los módulos láser a diferentes alturas con respecto a una superficie de referencia y/o proporcionando diferentes elementos ópticos. Los diferentes planos de trabajo pueden ser ventajosos para la impresión tridimensional. Alternativamente o además puede ocurrir que el módulo o módulos láser se muevan con respecto a la superficie de referencia siendo paralelos a los planos de trabajo estando siempre a una distancia definida con respecto a los módulos láser.

40 Los conjuntos láser del módulo o módulos de láser pueden estar dispuestos en columnas perpendiculares a una dirección de movimiento del objeto en el plano de trabajo. Las columnas pueden estar escalonadas o en cascada unas con respecto a otras, de modo que un primer conjunto de láser de una primera columna de conjuntos de láser se adapte para iluminar una primera zona del objeto y un segundo conjunto de láser de una segunda columna de conjuntos de láser se adapte para iluminar una segunda zona del objeto, en la que la primera zona sea adyacente a la segunda, de modo que se permita la iluminación continua del objeto. Las imágenes de los conjuntos láser pueden superponerse parcialmente como se ha explicado anteriormente.

45 Los conjuntos láser pueden ser rectangulares con el lado largo del rectángulo dispuesto en paralelo a una dirección de movimiento del objeto en el plano de trabajo. Esta disposición permite mayores potencias totales por píxel al proporcionar más láseres semiconductores por píxel, sin reducir la resolución en la dirección lateral perpendicular a la dirección de movimiento del objeto.

50 Según la invención, el sistema de impresión láser comprende dos, tres, cuatro o una multitud de módulos láser. El uso de una multitud de módulos láser puede permitir un área de impresión más grande. Además, se pueden evitar elementos ópticos complejos utilizando, por ejemplo, una lente de representación por módulo láser.

55 Además, los módulos láser están dispuestos en columnas perpendiculares a una dirección de movimiento del objeto en el plano de trabajo. Las columnas están escalonadas o en cascada con respecto a cada una de ellas, de manera que un primer módulo láser de una primera columna de módulos láser se adapta para iluminar una primera zona del objeto y un segundo módulo láser de una segunda columna de módulos láser se adapta para iluminar una segunda zona del objeto, en la que la primera zona es adyacente a la segunda, de manera que se permite la iluminación continua del objeto.

60

5 El número de columnas de módulos láser puede ser dispuesto de manera que la distancia entre los módulos láser de una columna de módulos láser se reduzca al mínimo. El diámetro del módulo y el ancho de la imagen de los conjuntos pueden determinar el número de columnas necesarias para permitir una zona que cubra la iluminación del objeto por medio de los módulos láser. Cuanto mayor sea el diámetro del módulo en relación con el ancho de la imagen de la disposición del conjunto, más columnas pueden ser necesarias.

10 Los conjuntos láser de cada módulo de láser pueden ser dispuestos en una disposición alargada, con el lado largo de la disposición alargada dispuesto perpendicularmente a la dirección de movimiento del objeto en el plano de trabajo. Cada módulo de láser puede comprender, por ejemplo, dos, tres o más columnas de conjuntos de láser perpendiculares a la dirección de movimiento del objeto en el plano de trabajo. El número de conjuntos por columna puede ser superior al número de columnas. Esta disposición puede permitir una iluminación homogénea del objeto mediante un esquema de conducción relativamente sencillo de los conjuntos individuales, especialmente si el sistema de impresión láser comprende más de un módulo láser. En este caso, cada elemento de la superficie del objeto sólo puede ser iluminado por un conjunto láser dedicado en el que los conjuntos láser adyacentes iluminan píxeles adyacentes. La velocidad de movimiento del objeto en el plano de trabajo puede adaptarse para definir la energía total por elemento de área del objeto.

15 El sistema de impresión láser puede comprender dos, tres, cuatro o una multitud de módulos láser en los que los conjuntos láser de cada módulo láser están dispuestos de forma alargada para permitir un amplio espacio de trabajo (ancho de impresión perpendicular a la dirección de movimiento del objeto) del sistema de impresión láser.

20 Los conjuntos láser de cada módulo de láser pueden alternativamente ser dispuestos en una disposición alargada con el lado largo de la disposición alargada inclinado o rotado con respecto a la dirección que es perpendicular a la dirección de movimiento del objeto en el plano de trabajo. Un ángulo oblicuo definido o la rotación de la disposición alargada de los módulos de láser alrededor de sus centros puede permitir perfiles de intensidad integrados con pendientes suaves, que también pueden superponerse con los píxeles adyacentes, para mejorar la homogeneidad de la distribución de la intensidad total, especialmente si los píxeles están ligeramente desalineados con respecto a los demás. Esto último reduce el esfuerzo de alineación de los conjuntos láser y, por consiguiente, los costos de fabricación de los módulos láser y del sistema de impresión láser. En casos extremos, la desalineación puede compensarse mediante una calibración adicional del sistema de impresión láser en el que se determina la velocidad de movimiento del objeto en relación con la entrada de energía por elemento de tiempo y área de un objeto de calibración.

25 Alternativamente, dos, tres o más conjuntos de láser del mismo módulo de láser o diferentes módulos de láser pueden ser dispuestos para iluminar el mismo elemento de área del objeto. Los conjuntos de láser pueden disponerse para iluminar posteriormente el elemento de superficie. La entrada de energía por tiempo a un elemento de área del objeto en el plano de trabajo puede aumentarse. Esto puede permitir mayores velocidades del objeto y, por tanto, un mayor rendimiento del sistema de impresión láser. Además, puede mejorarse la tolerancia en cuanto a la desalineación de los conjuntos de láser y los fallos de funcionamiento de los láseres semiconductores individuales. Los esquemas de conducción de los diferentes conjuntos pueden adaptarse sobre la base de las ejecuciones de calibración con objetos de calibración como se ha descrito anteriormente.

30 El elemento óptico de los módulos láser puede ser dispuesto para disminuir el tamaño de la imagen de los conjuntos láser en el plano de trabajo. La disminución del tamaño puede permitir un tamaño de píxel más pequeño y mayores densidades de energía. Cada conjunto de láser puede comprender además un conjunto de microlentes que forma parte del elemento óptico, el conjunto de microlentes puede disponerse de manera que se reduzca la divergencia de la luz láser emitida por los láseres semiconductores. La reducción de la divergencia puede utilizarse para hallar un compromiso entre una superposición de la luz láser emitida por los láseres semiconductores en el plano del objeto y el tamaño de un solo píxel. Además, la distancia entre el conjunto de láseres y el plano de trabajo puede adaptarse mediante el conjunto de microlentes y/o el elemento óptico (óptica de representación) puede simplificarse.

35 La densidad de los conjuntos láser puede cambiar en dependencia de un área del objeto a ser iluminado por medio del sistema de impresión láser. Este último puede permitir densidades de potencia más altas en partes definidas del objeto. Alternativa o adicionalmente, la densidad de los láseres semiconductores dentro de los conjuntos puede adaptarse de manera que, por ejemplo, se pueda proporcionar menos o más intensidad en el borde de los píxeles. Además, la forma de los conjuntos puede adaptarse para mejorar la homogeneidad y/o crear una distribución de intensidad definida en el plano de trabajo. Los conjuntos pueden tener, por ejemplo, una forma de rombo, triángulo, redonda, elíptica, trapezoidal o de paralelogramo.

40 El sistema de impresión láser comprende al menos un primer y un segundo módulo de láser dispuestos uno al lado del otro. Cada módulo láser puede comprender al menos dos conjuntos de láser, en los que al menos uno de los dos conjuntos de láser del primer o segundo módulo láser está dispuesto como fuente de luz láser superpuesta, de modo que en funcionamiento el mismo elemento de superficie en el plano de trabajo puede ser iluminado por la fuente de luz láser superpuesta y un conjunto de láser del módulo láser dispuesto junto al módulo láser que comprende la fuente de luz láser superpuesta.

La fuente de luz láser superpuesta está dispuesta para compensar posibles desalineaciones de los módulos láser que pueden dar lugar a lagunas de iluminación no deseadas en el objeto en el plano de trabajo. Por lo tanto, el solapamiento puede ser parcial.

5 Los conjuntos láser pueden iluminar cada uno de los píxeles del plano de trabajo. del conjunto láser que está dispuesto como fuente de luz láser superpuesta puede ser dispuesto para iluminar el mismo píxel o una parte del mismo píxel como un conjunto láser del módulo láser vecino. Esto significa que ambos conjuntos de láser pueden iluminar el mismo elemento de área en el plano de trabajo en el mismo momento. Alternativamente, la fuente de luz láser superpuesta puede ser dispuesta para iluminar el mismo elemento de área como un conjunto láser del módulo láser vecino, pero más tarde o más temprano en el tiempo. La luz de la fuente de luz láser superpuesta puede, por ejemplo, iluminar un elemento de área de un objeto en el plano de trabajo en un momento  $t_1$  y el conjunto láser del módulo láser vecino puede iluminar el mismo elemento de área en un momento  $t_2$  más tarde que  $t_1$  debido al movimiento del objeto en relación con los módulos láser. El movimiento relativo puede estar causado por un movimiento del objeto, un movimiento de los módulos láser o un movimiento del objeto y los módulos láser. La intensidad total que se proporciona a un elemento de área definido del objeto tiene que adaptarse de tal manera que se proporcione esencialmente la misma energía por elemento de área que en el caso de los módulos láser perfectamente alineados que no necesitarían una fuente de luz láser superpuesta. La energía que se proporciona por elemento de superficie tiene que adaptarse de manera que se eviten los defectos del objeto. Sólo se puede utilizar la fuente de luz láser superpuesta o el conjunto láser del módulo láser vecino si hay una coincidencia perfecta entre las áreas iluminadas. Alternativamente, ambos pueden utilizarse con una intensidad adaptada (por ejemplo, una intensidad del 50%), en la que la intensidad adaptada puede adaptarse a la velocidad relativa del objeto con respecto al módulo láser. La adaptación de la luz láser suministrada puede ser importante si no hay una coincidencia perfecta entre los elementos del área iluminados (por ejemplo, sólo una superposición media debido a una mala alineación) para evitar que se suministre demasiada o muy poca energía.

15 Las medidas técnicas descritas en las reivindicaciones dependientes 2 a 4 y la descripción correspondiente pueden combinarse con la fuente de luz láser superpuesta descrita anteriormente.

La energía total que se proporciona al menos a un elemento de área definido en el plano de trabajo puede ser tal que se proporcione esencialmente la misma energía por elemento de área que en el caso de los módulos láser alineados sin una fuente de luz láser superpuesta.

30 Además, la energía total que se suministra a al menos un elemento de área definido en el plano de trabajo puede ser tal que se suministre esencialmente la misma energía por elemento de área como en el caso sin un desfase temporal  $t_2 - t_1$  entre la iluminación del al menos un elemento de área definido por el conjunto de láser y la correspondiente fuente de luz láser superpuesta.

35 La intensidad adaptada de un conjunto de láser y/o una fuente de luz láser superpuesta correspondiente puede ser tal que se compense una pérdida de energía en el tiempo transcurrido entre la iluminación por el conjunto de láser y la iluminación por la fuente de luz superpuesta correspondiente de un elemento de área definido en el plano de trabajo que es iluminado por el conjunto de láser en un momento  $t_1$  y por la fuente de luz láser superpuesta en un momento  $t_2$  o viceversa.

La intensidad adaptada de un conjunto de láser y/o una fuente de luz láser superpuesta correspondiente puede seleccionarse en función del material de construcción utilizado para la impresión en 3D.

40 En un sistema de láser que no se reivindica que comprenda una fuente de luz láser superpuesta, pueden utilizarse fuentes de luz láser como láseres individuales en lugar de los conjuntos láser descritos anteriormente. Las medidas técnicas descritas en las reivindicaciones dependientes 2 a 6 y la descripción correspondiente podrán combinarse con la fuente de luz láser superpuesta en el sistema láser que comprenda láseres simples (en lugar de conjuntos de láseres), si procede.

45 Un píxel puede ser iluminado por una multitud de láseres semiconductores de un conjunto de láseres al mismo tiempo y el número total de láseres semiconductores puede ser tal que un fallo de menos de un número predeterminado de los láseres semiconductores reduzca la potencia de salida del conjunto de láseres sólo dentro de un valor de tolerancia predeterminado. De este modo se evita que los requisitos con respecto a la vida útil de los láseres semiconductores aumenten innecesariamente.

50 Un módulo láser puede ser configurado para iluminar al menos 2, más preferiblemente 4, 8, 16, 32, 64 o más píxeles usando un solo elemento óptico asociado al módulo láser.

55 El elemento óptico asociado a un módulo láser puede tener un contorno exterior obtenido a partir de un contorno circular o de simetría rotacional que está truncado en dos lados opuestos y en el que los lados opuestos están alineados uno respecto del otro a lo largo de un eje que está orientado preferentemente en una dirección perpendicular a la dirección del movimiento. De este modo se puede lograr un diseño compacto de una unidad de iluminación que comprende una pluralidad de módulos que se escalonan en la dirección del movimiento.

Se puede proporcionar un dispositivo de control que controle los láseres semiconductores individualmente o el conjunto de láseres de tal manera que un láser semiconductor o un conjunto de láseres que no se utilice para iluminar se utilice para proporcionar calor al plano de trabajo.

5 El láser semiconductor o un conjunto láser que no se utiliza para iluminar puede funcionar con una potencia inferior a la del láser semiconductor o un conjunto láser que se utiliza para iluminar.

10 Al menos dos láseres semiconductores de un conjunto de láseres o al menos dos subgrupos de láseres semiconductores de un conjunto de láseres pueden ser direccionados individualmente de manera que la potencia de salida del conjunto de láseres sea controlable apagando uno o más láseres semiconductores o uno o más subgrupos de láseres semiconductores. Esto permite realizar diversas funciones con el respectivo conjunto de láser, como utilizar un conjunto de láser para calentar sin fundir o sinterizar el material de construcción o proporcionar una intensidad requerida en el caso de fuentes de luz láser superpuestas.

Una pluralidad de láseres semiconductores que forman un conjunto puede disponerse de tal manera que el contorno exterior del conjunto tenga una forma sustancialmente poligonal, preferentemente una forma sustancialmente hexagonal. Con tal diseño, la distribución de la intensidad del conjunto está sustancialmente libre de bordes afilados.

15 Según otro aspecto más, un sistema de impresión tridimensional incluye una cámara de proceso que comprende un soporte para las capas de un material, en el que los módulos láser están dispuestos en la cámara de proceso y en el que, preferentemente, se dispone un dispositivo de protección en un lado de los módulos láser que se encuentra frente al soporte.

20 El dispositivo de protección puede estar formado por al menos una placa transparente para la luz láser, preferiblemente al menos una placa de vidrio. El dispositivo de protección protege los elementos ópticos y las fuentes de luz y mantiene los módulos láser libres de vapores y condensados.

Se podrá prever un dispositivo de control de la temperatura que controle la temperatura de al menos la superficie del dispositivo de protección orientada hacia el soporte.

25 El dispositivo de control de la temperatura puede configurarse para calentar el dispositivo de protección de manera que se impida sustancialmente la radiación térmica del material en el plano de trabajo al dispositivo de protección y se impida lo mejor posible el transporte de calor a la unidad de iluminación.

El sistema de impresión láser en 3D puede configurarse para solidificar un material capa por capa en los lugares correspondientes a la sección transversal de un artículo que se formará en cada capa mediante los módulos láser.

El material puede ser un polvo.

30 Los módulos láser forman una unidad de iluminación y la unidad de iluminación puede ser configurada para moverse a través del plano de trabajo.

Un conjunto de láseres puede estar compuesto por un solo láser semiconductor pero puede incluir al menos dos láseres semiconductores.

35 Los láseres de semiconductores pueden comprender VCSEL (Láseres Emisores de Superficie de Cavidad Vertical) y/o VECSELs (Láseres Emisores de Superficie de Cavidad Externa Vertical).

Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de impresión láser. El procedimiento comprende los pasos de:

- mover un objeto en un plano de trabajo en relación a un módulo láser;
  - emitir luz láser mediante un módulo láser que comprende al menos dos conjuntos de láseres de semiconductores y al menos un elemento óptico;
- 40 e

representando la luz láser emitida por los conjuntos láser por medio del elemento óptico, de tal manera que la luz láser de los láseres semiconductores de un conjunto láser es representada en un píxel en un plano de trabajo. Preferentemente, un elemento del área del píxel es iluminado por medio de al menos dos láseres semiconductores.

45 El procedimiento puede permitir una distribución de intensidad más homogénea en el plano de trabajo.

El procedimiento puede comprender un paso más de mover el módulo o módulos de láser perpendicularmente a un plano de referencia que sea paralelo al plano de trabajo. El movimiento perpendicular al plano de referencia permite que los diferentes planos de trabajo sean paralelos entre sí.

50 Según otro aspecto, el sistema de impresión láser utilizado en el procedimiento es un sistema de impresión en 3D para la fabricación aditiva y se utilizan dos, tres, cuatro o una multitud de módulos láser que están dispuestos en

columnas perpendiculares a una dirección de movimiento del objeto en el plano de trabajo, y en el que las columnas están escalonadas con respecto a cada una de ellas de manera que un primer módulo láser de una primera columna de módulos láser se adapta para iluminar una primera área del objeto y un segundo módulo láser de una segunda columna de módulos láser se adapta para iluminar una segunda área del objeto, en el que la primera área es adyacente a la segunda, de manera que se permite la iluminación continua del objeto.

En el procedimiento puede utilizarse un material en polvo que se transforma bajo la influencia de la radiación emitida por los láseres semiconductores, por ejemplo, fundidos o sinterizados.

El procedimiento puede incluir además un paso de mover una unidad de iluminación a través del área de trabajo.

Se entenderá que el sistema de impresión por láser de la reivindicación 1 y el procedimiento de la reivindicación 15 tienen realizaciones similares y/o idénticas, en particular, según se definen en las reivindicaciones dependientes.

Se entenderá que la realización preferente de la invención puede ser también cualquier combinación de las reivindicaciones dependientes con la respectiva reivindicación independiente. En particular, el procedimiento puede realizarse con el sistema de impresión láser según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14.

A continuación se definen otras realizaciones ventajosas.

### 15 Breve descripción de los dibujos

Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes y se dilucidarán con referencia a las realizaciones que se describen a continuación.

La invención se describirá ahora, a modo de ejemplo, basándose en las realizaciones con referencia a los dibujos que la acompañan.

20 En los dibujos:

La Fig. 1 muestra un esquema principal de un primer sistema de impresión láser.

La figura 2 muestra una sección del primer sistema de impresión láser.

La figura 3 muestra un esquema principal de una sección de un segundo sistema de impresión láser.

25 La Fig. 4 muestra un esquema principal de una disposición de conjuntos de láser en un módulo láser del sistema de impresión láser.

La Fig. 5 muestra un esquema principal de una primera disposición de módulos láser del sistema de impresión láser.

La Fig. 6 muestra un esquema principal de una segunda disposición de módulos láser del sistema de impresión láser.

30 La Fig. 7 muestra un perfil de intensidad integrado con cada segundo píxel apagado en la disposición de los módulos láser mostrada en la Fig. 6.

La Fig. 8 muestra un perfil de intensidad integrado con un patrón arbitrario de píxeles activados/desactivados en la disposición de los módulos láser mostrada en la Fig. 6.

La Fig. 9 muestra un esquema principal de los pasos de un procedimiento de impresión láser.

35 La Fig. 10 muestra un esquema principal de una tercera disposición de módulos láser del sistema de impresión láser.

La Fig. 11 muestra un esquema principal de un sistema de impresión en 3D para la fabricación aditiva.

La Fig. 12 muestra un esquema principal de una vista superior del sistema de impresión en 3D para la fabricación aditiva.

40 La Fig. 13 muestra un esquema principal de la primera disposición de los módulos láser y las áreas de impresión asociadas respectivamente en el plano de trabajo.

La Fig.14 muestra un esquema principal de una realización de un elemento óptico asociado a un módulo láser.

45 La Fig. 15 muestra un esquema principal de una disposición alternativa de fuentes de luz láser en un conjunto de fuentes de luz láser.

La Fig. 16a muestra un esquema principal de la disposición de las fuentes de luz láser en un conjunto y un perfil de intensidad integrado asociado al conjunto.

5 La Fig. 16b muestra una disposición de conjuntos de láser según la Fig. 16a en un módulo de láser como se muestra en la Fig. 4 con un patrón de píxeles activados/desactivados y un perfil de intensidad integrado asociado.

La Fig. 17a muestra un esquema principal de la disposición de las fuentes de luz láser en un conjunto similar al de la Fig. 15 y un perfil de intensidad integrado asociado al conjunto.

10 La Fig. 17b muestra una disposición de conjuntos de láser según la Fig. 17a en un módulo de láser como se muestra en la Fig. 4 con un patrón de píxeles activados/desactivados y un perfil de intensidad integrado asociado.

En las figuras, los números se refieren a objetos similares en todas partes. Los objetos en las figuras no están necesariamente dibujados a escala.

### Descripción detallada de las realizaciones

Varias realizaciones de la invención serán ahora descritas por medio de las Figuras.

15 La figura 1 muestra un esquema principal de un primer sistema de impresión láser 100. El sistema de impresión láser 100 comprende dos conjuntos láser 110 con láseres semiconductores 115 y un elemento óptico 170. Los láseres semiconductores 115 son VCSEL que están provistos en un chip semiconductor. En este caso todos los VCSEL 115 de un conjunto 110 están provistos en un chip. El elemento óptico 170 es un lente de representación con una distancia focal  $f$ . Los conjuntos 110 tienen un ancho  $D$  perpendicular al plano de los dibujos, que se representa difusamente en un plano de trabajo 180 por medio de la lente de representación. El ancho  $d$  de la imagen difusa de cada conjunto 110 con el ancho  $D$  en el plano de trabajo 180 define el ancho de un píxel en el plano de trabajo 180. El ancho de los píxeles  $d$  es menor que el ancho  $D$  del respectivo conjunto. Las representaciones de los conjuntos son así reducidas de tamaño. La distancia  $b$  entre el plano de trabajo 180 y la lente de representación o el elemento óptico 170 es mayor que la distancia focal  $f$  de la lente de representación. El elemento óptico 170 o lente de representación define junto con el plano de trabajo 180 un plano de objeto 150 en distancia  $g$  mayor que la distancia focal del lente de representación. Las superficies emisoras de luz de los VCSEL 115 no están dispuestas en el plano del objeto sino detrás del plano del objeto a una distancia tal que no se proporciona una proyección nítida de las superficies emisoras de luz del VCSEL 115. La distancia  $a$  entre las capas emisoras de luz de los VCSEL 115 y el plano del objeto se elige de manera que la luz láser de al menos dos VCSEL 115 de un conjunto láser 110 ilumine simultáneamente un elemento del área de un píxel. La figura 2 muestra la disposición de un ángulo de divergencia de la luz láser emitida por un VCSEL 115 en relación con el plano del objeto 150 con más detalle. El ángulo de divergencia de los VCSEL 115 está dado por un ángulo  $\alpha$  como se muestra en la Figura 2 y define el cono de luz láser emitida por el único VCSEL 115. Los VCSEL 115 en el conjunto de láser 110 tienen una distancia  $p$  con respecto a cada uno (paso). La relación entre el paso  $p$  y la distancia  $a$  tiene que cumplir la condición:

35 
$$a \geq p * (\tan \alpha)^{-1}$$

La luz láser emitida por los VCSEL 115 del conjunto láser 110 se superpone en el plano del objeto 150 de tal manera que cada área del mismo tamaño de la matriz de láser 110 en el plano del objeto 150 es iluminada por medio de al menos dos VCSEL 115. Cada elemento del área del píxel definido por el tamaño  $d$  del píxel es, por consiguiente, también iluminado a través de la lente de representación por medio de al menos dos VCSEL 115 del respectivo conjunto láser 110. Los VCSEL de cada conjunto de láser se conducen en paralelo y por lo tanto emiten luz láser al mismo tiempo. El tamaño del píxel viene dado por

40 
$$d = M * D,$$

en la que la ampliación  $M$  viene dada por

$$M = b/g.$$

45 La imagen del conjunto de láser 110 en el plano de trabajo 180 es difusa para aumentar la homogeneidad de la entrada de energía al objeto en el plano de trabajo 180 y mejorar la fiabilidad con respecto a los fallos de funcionamiento de un solo VCSEL.

La distancia total entre los conjuntos de láser 110 del módulo láser y el plano de trabajo 180 puede aumentarse mediante un conjunto de microlentes 175 que puede combinarse con el conjunto de láser 110 como se muestra en la Fig. 3. El conjunto de microlentes 175 puede ser dispuesta entre el conjunto láser 110 y el plano de trabajo 150 para disminuir el ángulo  $\alpha$  de divergencia de cada VCSEL 115. La distancia  $a$  y por lo tanto la distancia total al plano de trabajo 150 tiene que ser aumentada para cumplir la condición  $a \geq p * (\tan \alpha)^{-1}$  si el paso de los VCSEL 115 sigue siendo el mismo.



En una mejora de la condición discutida con respecto a la Fig. 2 se puede lograr teniendo en cuenta un diámetro activo  $v$  de los VCSEL 115 en el caso de los VCSEL 115 con apertura circular. El diámetro activo  $v$  corresponde al diámetro del área de emisión de luz de la capa activa. La relación entre el diámetro activo  $v$ , el paso  $p$  y la distancia  $a$  tiene en esta realización mejorada que cumple la condición:

$$a \geq (p-v) \cdot (2 \tan \alpha)^{-1}.$$

La Fig. 4 muestra un esquema principal de un arreglo de conjuntos de láser 110 en un módulo de láser del sistema de impresión láser 100. Los conjuntos de láser o VCSEL 110 no son cuadráticos sino rectangulares, con el lado largo del rectángulo dispuesto en la dirección del movimiento del objeto (ver Fig. 5). Esto permite mayores potencias totales por píxel, sin reducir la resolución en la dirección lateral. Los conjuntos VCSEL 110 están además dispuestos en dos columnas ligeramente desplazadas entre sí (disposición en cascada o escalonada). Esto permite un solapamiento definido con respecto a la iluminación de los elementos del área del objeto si el objeto se mueve perpendicularmente a la dirección de las columnas de los VCSEL.

La figura 5 muestra un esquema principal de una primera disposición de módulos láser del sistema de impresión láser 100. Los módulos láser comprenden disposiciones escalonadas o en cascada de conjuntos de láser 110 como se muestra en la Fig. 4 y un elemento óptico 170. El elemento óptico 170 representa todos los conjuntos láser 110 de los respectivos módulos láser en el plano de trabajo 180 del sistema de impresión láser 100. El elemento óptico 170 define el tamaño total  $Y$  del módulo láser en el que el ancho de la disposición de los conjuntos láser 110 del módulo láser respectivo define el ancho de impresión y de un módulo láser. Los módulos láser están dispuestos en columnas paralelas entre sí, en las que cada columna se desplaza de tal manera que se puede iluminar un área continua en el plano de trabajo 180 si el objeto se desplaza en dirección 250 con respecto a los módulos láser. De este modo, el área de impresión puede adaptarse al tamaño del objeto en el plano de trabajo independientemente del tamaño  $Y$  y el ancho de impresión y del módulo láser individual. El número de columnas necesarias para iluminar continuamente un objeto que se mueve en el plano de trabajo 180 depende del tamaño  $Y$  y del ancho de impresión y de los módulos láser. Los módulos láser dentro de una columna están separados al menos por una distancia  $Y$  tal que se necesitan al menos  $N=Y/y$  columnas. Los elementos ópticos en cascada 170 pueden fabricarse como una sola pieza, por ejemplo, mediante moldeado de vidrio. Alternativamente, se puede ensamblar un conjunto de lentes a partir de lentes individuales mediante una alineación activa o pasiva.

La figura 6 muestra un esquema principal de una segunda disposición de módulos láser del sistema de impresión láser. La disposición es bastante similar a la que se discute con respecto a la Fig. 5. Los conjuntos láser 110 de los módulos láser están inclinados (girados alrededor de su centro) con respecto a una dirección perpendicular a la dirección de movimiento 250 del objeto en relación con los módulos láser. Esto permite perfiles de intensidad integrados con suaves pendientes, como se muestra en las Figs. 7 y 8, que también pueden superponerse con los píxeles adyacentes, para mejorar la homogeneidad de la distribución total de la intensidad, especialmente si los píxeles están ligeramente desalineados entre sí.

La Fig. 7 muestra un perfil de intensidad integrado en una dirección 610 perpendicular a la dirección de movimiento 250 del objeto en relación con los módulos láser con cada segundo píxel apagado en la disposición de los módulos láser mostrados en la Fig. 6. El perfil de los píxeles es casi triangular, con grandes pendientes que se superponen con los píxeles adyacentes. La Fig. 8 muestra un perfil de intensidad integrado con un patrón arbitrario de píxeles activados/desactivados en la disposición de los módulos láser mostrados en la Fig. 6. Los números "1" y "0" indican cuáles de los conjuntos láser adyacentes 110 están activados o desactivados. El perfil de intensidad integrado muestra la superposición de dos o más píxeles vecinos en el plano de trabajo 180.

La figura 9 muestra un esquema principal de los pasos de un procedimiento de impresión láser. La secuencia de pasos mostrada no implica necesariamente la misma secuencia durante la ejecución del procedimiento. Los pasos del procedimiento pueden ejecutarse en un orden diferente o en paralelo. En el paso 910 el objeto, como una hoja de papel, se mueve en el plano de trabajo del sistema de impresión láser en relación con el módulo láser. En el paso 920 se emite luz láser por medio del módulo láser que comprende al menos dos conjuntos láser de láseres semiconductores y al menos un elemento óptico. En el paso 930 se crea una imagen de la luz láser emitida por los conjuntos de láser, de manera que la luz láser de los láseres de semiconductores de un conjunto de láser se representa en un píxel en el plano de trabajo y se ilumina un elemento del área del píxel mediante al menos dos láseres de semiconductores. El objeto puede ser desplazado y al mismo tiempo la luz láser de los conjuntos de láseres puede ser emitida y representada en el plano de trabajo.

Cuando se utilizan láseres o conjuntos de láseres direccionables individualmente, la máxima velocidad en el proceso de impresión en 3D puede obtenerse cuando a lo largo de una línea todos los píxeles individuales pueden escribirse al mismo tiempo, es decir, mediante un láser o conjunto láser separado por cada píxel. Los anchos de línea típicos en un sistema o máquina de impresión láser son del orden de 30  $\mu$ m o más. Por otra parte, el tamaño o el ancho de impresión de un módulo láser de láser o conjuntos de láser direccionables individualmente está limitado a unos pocos  $\mu$ m. Estos módulos láser corresponden normalmente a un microcanal de refrigeración en el que están dispuestos los módulos láser.

Por lo tanto, es necesario utilizar varios módulos de láser y los correspondientes refrigeradores de microcanales y apilarlos para formar un módulo de impresión láser o un cabezal de impresión completos. Las tolerancias de alineación entre los refrigeradores de microcanales vecinos con módulos láser pueden dar lugar a un hueco en el plano de trabajo de 180 al que no se puede suministrar suficiente luz láser. En el peor de los casos, ese hueco da lugar a defectos en el procesamiento del objeto como hojas impresas de calidad inferior o en las piezas producidas mediante una impresora 3D / máquina de fabricación aditiva.

En vista del tamaño típico de una fuente de luz láser 116 de 100  $\mu\text{m}$  y el hecho de que se suman varias tolerancias de alineación, el problema de una brecha es un asunto grave. Incluso con tolerancias estrechas en cada paso individual de montaje del sistema de impresión láser, la cadena de tolerancia global puede conducir a desviaciones significativas de 30  $\mu\text{m}$  o más.

En este sentido, puede ser ventajoso no sólo proporcionar distribuciones de intensidad superpuestas, sino también utilizar fuentes de luz láser adicionales 116 en el borde de cada módulo láser. Dichas fuentes de luz láser 116 son las llamadas fuentes de luz láser superpuestas 117 que están dispuestas de tal manera que la luz de estas fuentes de luz láser superpuestas 117 se superpone con la luz de las fuentes de luz láser 116 del módulo láser vecino. Esto significa que el paso entre los módulos láser vecinos es menor que el ancho total de impresión del módulo láser en al menos el ancho de una fuente de luz láser 116 (por ejemplo, 100  $\mu\text{m}$ ).

Si la tolerancia máxima de la alineación mecánica/óptica de los módulos láser vecinos es menor que el ancho de una fuente de luz láser 116, basta con que, por diseño, se superponga una fuente de luz láser 116 para evitar huecos en el plano de trabajo a los que no se pueda suministrar luz láser. De todos modos, puede ser posible proporcionar alternativamente más de una superposición de fuentes de luz láser 117 si la tolerancia máxima de la alineación mecánica/óptica de los módulos láser vecinos es mayor que el ancho de una fuente de luz láser 116. En este caso puede ser posible utilizar las fuentes de luz láser superpuestas 117 de acuerdo con la anchura de la brecha entre los módulos láser vecinos. En este caso puede calibrarse el sistema de impresión láser de forma que las fuentes de luz láser superpuestas 117 llenen el espacio no deseado entre los módulos láser. Dependiendo de los espacios y el ancho de una fuente de luz láser 116 puede ser que se utilicen una, dos, tres o incluso más de las fuentes de luz láser superpuestas 117 a fin de permitir una iluminación continua, es decir, sin interrupciones, del plano de trabajo.

La figura 10 muestra una realización de tal disposición con fuentes de luz láser superpuestas 117 que están dispuestas en una disposición superpuesta de módulos láser vecinos que son submódulos láser 120 para compensar la posible desalineación de los submódulos láser 120 entre sí. Las fuentes de luz láser 117 superpuestas están indicadas por un patrón de líneas.

El ancho de impresión de los submódulos de láser vecinos 120 se superponen por una fuente de luz de láser completa 116 o más explícita se superpone a la fuente de luz de láser 117. Una fuente de luz láser 116 puede comprender de manera diferente a las anteriores realizaciones sólo un láser o de acuerdo con las anteriores realizaciones un conjunto láser como los conjuntos láser 110. Los láseres únicos pueden comprender elementos ópticos como microlentes. En el caso de los conjuntos de láseres, pueden comprender conjuntos de microlentes. La disposición de los submódulos de láser 120 es similar a la que se muestra en la Fig. 5. Los módulos láser que se muestran en la Fig. 5 están dispuestos de tal manera que cada conjunto de láser 110 ilumina un píxel dedicado o un elemento de área en el plano de trabajo 180. Los submódulos láser 120, como se muestra en la Fig. 10, están dispuestos de tal manera que, en caso de que no haya errores de alineación durante el montaje, las fuentes de luz láser 117 superpuestas se adaptan de tal manera que pueden iluminar el mismo elemento de área en el plano de trabajo 180 como una fuente de luz láser 116 de un submódulo láser 120 vecino.

Las figuras 11 y 12 muestran esquemáticamente una realización de un sistema de impresión láser en 3D para la fabricación aditiva. Refiriéndose a la Fig. 11, el sistema de impresión láser 3D incluye una cámara de proceso 300 con un soporte 400 para transportar el material de construcción y un artículo tridimensional 500 para ser construido sobre el. En el soporte 400 se puede proporcionar una plataforma de construcción 450 que sirve como base desmontable para retirar el artículo tridimensional 500 una vez terminado el proceso de construcción. Cabe señalar que también puede omitirse la plataforma 450. Alrededor del soporte 400 podrá disponerse una estructura límite 470, como paredes verticales, para confinar las capas de material de construcción en el soporte 400. La estructura límite puede disponerse como un marco desmontable, que puede incluir una base móvil vertical que se fija de forma desmontable al soporte 400, de forma similar a la plataforma de construcción 450. Como se ilustra en la figura 12, la zona de construcción 480 puede estar definida por la estructura límite 470. El área de construcción 480 puede tener un contorno rectangular como se muestra en la Fig. 12 o cualquier otro contorno como, por ejemplo, pero no limitado a un contorno cuadrado o circular.

Sobre el soporte 400, se dispone una unidad de iluminación 700. Preferentemente, la unidad de iluminación 700 se mueve a través del área de construcción 480 en una dirección representada por la flecha de la Fig. 12 que es la dirección de movimiento 250 en esta realización. La unidad de iluminación 700 puede configurarse para ser desplazada hacia atrás en una dirección opuesta. Puede encenderse o apagarse durante el movimiento de retroceso.

El soporte 400 se mueve hacia arriba y hacia abajo con respecto a la unidad de iluminación en dirección vertical, es decir, en dirección perpendicular a la dirección de movimiento 250 de la unidad de iluminación 700. El soporte 400 se controla de tal manera que una capa superior del material de construcción forma el área de trabajo 180.

5 El sistema de impresión láser en 3D incluye además un sistema de control 800 para controlar varias funciones del sistema de impresión en 3D. Se puede proporcionar un dispositivo de recubrimiento (no mostrado) para aplicar capas de material de construcción en la plataforma de construcción 450 o el soporte 400 o la base móvil de un marco extraíble (no mostrado). Además, puede proporcionarse uno o más dispositivo(s) de calefacción separado(s) (no mostrado) que puede(n) utilizarse para calentar una capa aplicada de material de construcción hasta una temperatura de proceso y/o para controlar la temperatura del material de construcción en la estructura límite 470, de ser necesario.

10 El material de construcción es preferentemente un material en polvo que está configurado para transformarse bajo la influencia de la luz láser emitida por las fuentes de luz láser en una masa coherente. La transformación puede incluir, por ejemplo, la fusión o sinterización y la subsiguiente solidificación y/o polimerización en la masa fundida. Preferiblemente, el material de construcción es un polvo plástico, por ejemplo un polvo termoplástico. Ejemplos de tales polvos plásticos son el PA 12 (poliamida 12) u otras poliamidas, la poliartertercetona, como el PEEK u otras politertercetonas. El polvo también puede ser un polvo de un metal o una aleación de metal con o sin un aglutinante de plástico o de metal, o un polvo de cerámica o composite o de otro tipo. En general, se pueden utilizar todos los materiales en polvo que tienen la capacidad de transformarse en una masa coherente bajo la influencia de la luz láser emitida por los láseres semiconductores. El material de construcción también puede ser un material pastoso que incluye un polvo y una cantidad de líquido. Los tamaños de grano medios típicos del polvo se sitúan entre 10  $\mu\text{m}$  o incluso menos y 100  $\mu\text{m}$ , medidos mediante difracción láser según la norma ISO 13320-1.

15 La longitud de onda típica de las fuentes de luz láser es preferentemente de 980 ó 808 nm en conjunción con absorbentes (aditivos de absorción de luz láser al material en polvo), por ejemplo, pero sin limitarse al negro de carbón, adecuados para permitir una absorción suficiente de la longitud de onda elegida. En principio, cualquier longitud de onda es posible siempre que se pueda añadir un material absorbente adecuado al material en polvo. Los espesores típicos de las capas de polvo pueden variar entre unos 10  $\mu\text{m}$  y unos 300  $\mu\text{m}$ , en particular para los polvos plásticos, y entre 1  $\mu\text{m}$  y unos 100  $\mu\text{m}$ , en particular para los polvos metálicos.

20 La unidad de iluminación 700 se describirá más detalladamente con referencia a las Fig. 11 a 13. La Fig. 13 muestra una disposición de los módulos láser similar a la de la Fig. 5 con la diferencia de que se muestran más de dos columnas y la imagen de tamaño reducido producida por los módulos láser con los elementos ópticos en el plano de trabajo 180. La Fig. 13 no se considerará como una vista en perspectiva sino sólo como un esquema que muestra la disposición de los módulos y las correspondientes imágenes en tamaño reducido. Como se representa esquemáticamente en la Fig. 13, la unidad de iluminación 700 incluye una pluralidad de módulos láser 200 dispuestos en columnas perpendiculares a la dirección del movimiento 250. Como en las Figs. 5 y 6, las columnas de los módulos láser están escalonadas entre sí de manera que un primer módulo láser 200<sub>1</sub> de una primera columna c1 de módulos láser se adapta para iluminar una primera zona y1 del polvo en el plano de trabajo 180. El segundo módulo 200<sub>2</sub> de una segunda columna c2 de módulos láser está adaptado para iluminar una segunda área y2 del polvo en el plano de trabajo 180, en el que la primera área y1 es adyacente a la segunda área y2, de modo que se permite la iluminación continua, es decir, sin interrupciones, del objeto. De este modo, las áreas iluminadas y1, y2 en el plano de trabajo 180 forman un área contigua en dirección perpendicular a la dirección del movimiento. Como se muestra más adelante en la Fig. 13, los módulos láser que se escalonan en la dirección del movimiento 250 forman cascadas. Una primera cascada k1 está formada por los primeros módulos láser 200<sub>1</sub>, 200<sub>2</sub>, 200<sub>n</sub> de las columnas. Una segunda cascada k2 está formada por los segundos módulos láser 201<sub>1</sub>, 201<sub>2</sub>, 201<sub>n</sub> de las columnas y así sucesivamente. El número de cascadas es tal que la suma de los anchos de impresión individuales y en una dirección perpendicular a la dirección de movimiento 250 cubre el ancho del área de construcción 480. En el caso de diferentes sistemas de impresión con láser 3D que tengan diferentes áreas de construcción, el número de cascadas puede adaptarse fácilmente para cubrir los diferentes anchos de las respectivas áreas de construcción 480. En un ejemplo típico de un sistema de impresión láser tridimensional para la fabricación aditiva que utiliza VCSEL como láseres semiconductores, un conjunto puede tener varios cientos de láseres semiconductores, por ejemplo VCSEL, un módulo puede incluir 2 x 16 = 32 conjuntos, una cascada puede incluir 9 módulos y la unidad de iluminación puede incluir varias de esas cascadas, por ejemplo 3. Esto permite típicamente iluminar un área de construcción 480 de unos 84 mm. Otras zonas de construcción pueden lograrse seleccionando el número adecuado de módulos por cascada y de cascadas. Como se ha descrito anteriormente, un solo elemento óptico 170 está asociado a un módulo y un módulo se utiliza preferentemente para iluminar 16, 32 ó 64 píxeles en el plano de trabajo.

55 Refiriéndonos de nuevo a la Fig. 11, como la unidad de iluminación 700 está dispuesta dentro de la cámara de proceso, está expuesta a las condiciones ambientales que existen en la cámara de proceso 300, como la temperatura media, los gradientes de temperatura, los vapores, los flujos de gas, como los flujos de gas inerte, el polvo, las salpicaduras de material fundido que podrían emerger de la zona de construcción, los monómeros que surgen del proceso de transformación del material de construcción y que se desplazan por la cámara de proceso, etc. La distancia entre el elemento óptico más exterior de la unidad de iluminación 700 que está orientada hacia la zona de construcción y el plano de trabajo 180 puede estar en el rango de unos 5 mm a unos 50 mm. Esta

disposición de la unidad de iluminación 700 es diferente de las conocidas máquinas de fusión-láser o sinterización-láser. Para proteger la unidad de iluminación 700, un dispositivo de protección 750 está dispuesto en un lado del dispositivo de iluminación 700 orientado hacia el soporte 400. El dispositivo de protección 750 puede ser realizado al menos por una placa transparente para la luz láser. La placa transparente puede formarse integralmente con el dispositivo de iluminación 700. En particular, el dispositivo de protección 750 puede ser una placa de vidrio. Además, el dispositivo de protección 750 puede ser una sola pieza que proteja todos los módulos de la unidad de iluminación 700 o puede estar compuesto por una pluralidad de piezas, una para cada módulo. La distancia entre la superficie exterior del dispositivo de protección y la zona de trabajo puede ser sólo de varios milímetros, por ejemplo, unos 5 mm. En términos más generales, si se pretende una reducción de tamaño específica de  $n$ : 1, la distancia entre la porción de emisión láser de los láseres semiconductores y el elemento óptico más exterior (en el trayecto óptico) puede ser esencialmente de unas  $n$  veces la distancia entre el elemento óptico más exterior y la zona de trabajo 180.

Preferentemente, un dispositivo de control de temperatura (no mostrado) está asociado con el dispositivo de protección 750. El dispositivo de control de la temperatura puede realizarse en forma de varios (es decir, uno o más) elementos calefactores. Preferentemente, los elementos calefactores están dispuestos en la placa transparente, en particular sólo en las posiciones en las que efectivamente no se transmite ninguna luz láser o en las que no está previsto que se transmita ninguna luz láser. Más preferentemente, los elementos calefactores están dispuestos en un lado del dispositivo de protección 750 que mira hacia fuera del soporte 400, es decir, que mira hacia las fuentes de luz láser de la unidad de iluminación 700. Esto facilita la limpieza del dispositivo de protección y reduce el desgaste abrasivo de los elementos calefactores. Los elementos calefactores pueden ser en forma de caminos conductores de calor. En particular, los elementos calefactores pueden ser depositados en forma de vapor o proporcionados en la placa transparente durante la fabricación del dispositivo de protección. En una modificación posterior, el dispositivo de protección 750 puede incluir un conjunto de dos o más placas de vidrio con vacío o gas entre las placas para el aislamiento térmico. Con este diseño, se puede reducir o incluso impedir el flujo de calor hacia el interior de la unidad de iluminación 700. En el caso de un conjunto de placas, el dispositivo calefactor puede estar situado en la cara interior de una placa orientada hacia una placa adyacente, en particular de la placa más exterior orientada hacia su placa adyacente.

El dispositivo de control de la temperatura controla la temperatura del dispositivo protector 750 de tal manera que la temperatura se ajusta a una temperatura específica preferentemente en un rango entre unos pocos (preferentemente -263 a lo sumo, más preferidos -268 a lo sumo y más preferidos -270 a lo sumo) grados Celsius por debajo de la temperatura de proceso a unos pocos (preferentemente -263 a lo sumo, más preferidos -268 a lo sumo y más preferidos -270 a lo sumo) grados Celsius por encima de la temperatura de proceso. Debido al consumo de energía y a la limitada eficiencia de los láseres semiconductores, la unidad de iluminación 700 se enfría y se mantiene preferentemente a una temperatura que puede ser considerablemente inferior a la temperatura de proceso del proceso de transformación del material de construcción, según el material de construcción utilizado. De este modo, se reduce o evita la pérdida de calor por radiación térmica de las capas de material de construcción a la unidad de iluminación 700. Además, se puede reducir o evitar la formación de condensados en la superficie del dispositivo de protección 750. Esos condensados reducirían la transparencia de la placa de vidrio/ventana de láser/dispositivo de protección y, por lo tanto, reducirían la perturbación y/o la cantidad de energía de luz láser absorbida en la superficie del material en polvo. Como consecuencia, la calidad de los artículos tridimensionales que se construyan se vería disminuida. El dispositivo de control de la temperatura, por lo tanto, asegura la buena calidad de los artículos tridimensionales que se construyan.

La presencia del dispositivo de protección 750 requiere que la distancia  $b$  de imagen, es decir, la distancia entre el elemento óptico 170 y el plano de trabajo 180 (véase la Fig. 1), sea una cierta distancia mínima de imagen. Debido a la necesaria reducción de tamaño, la distancia  $g$  del objeto, es decir, la distancia entre el plano del objeto 150 y el elemento óptico 170, es relativamente alta. El ángulo  $\alpha$  de divergencia de cada VCSEL 115 da como resultado el hecho de que la trayectoria del haz de los conjuntos de VCSEL de los módulos adyacentes se cruzan entre sí, lo que dificulta la obtención de una imagen por módulos en el plano del objeto 150. Para evitar esto, la unidad de iluminación 700 incluye microlentes 175 como se muestra en la Fig. 3 para cada módulo.

Preferiblemente, los conjuntos de láser 110 de los módulos 200 están dispuestos como se muestra en la Fig. 14. En una realización preferente adicional, un elemento óptico 170 asociado con tal disposición de los conjuntos láser 110 tiene un contorno obtenido de un contorno circular o rotacionalmente simétrico, el cual está truncado en los lados opuestos y en el cual los lados opuestos 1 del elemento óptico 170 están alineados con respecto a cada uno de los otros a lo largo de un eje que está orientado preferentemente en una dirección perpendicular a la dirección del movimiento 250. Más precisamente, en el caso de la disposición de los conjuntos láser como en la Fig. 14, el elemento óptico 170 tiene el contorno de un rectángulo modificado con dos lados cortos  $s$  opuestos en forma de segmento circular que conectan los lados largos 1 paralelos. Esto tiene en cuenta que un elemento óptico circular no se iluminaría completamente con la disposición rectangular de los conjuntos de láser como se muestra en la Fig. 14. Por lo tanto, las porciones de un elemento óptico circular que no están completamente iluminadas pueden ser omitidas. Por medio de la forma del elemento óptico 170, se puede reducir el tamaño de un módulo en la dirección del movimiento 250. Como resultado de ello, se puede reducir el tamaño de toda la unidad de iluminación 700 en la dirección del movimiento 250. Esto tiene la ventaja de que una línea orientada en la dirección del movimiento puede

ser iluminada en un tiempo reducido, lo que aumenta la productividad de todo el sistema de impresión tridimensional. Además, los píxeles vecinos en el límite entre un módulo  $200_1$  y un módulo vecino  $200_2$  de una cascada  $k1$  y/o de un módulo  $200_n$  de una cascada  $k1$  y un módulo vecino  $201_1$  de una cascada  $k2$  pueden ser iluminados con un desfase de tiempo reducido. Esto también aumenta la calidad del artículo tridimensional.

5 La disposición de los VCSEL en del conjunto láser 110 define el perfil de intensidad. Si la disposición es sustancialmente rectangular, es decir, los VCSEL están dispuestos en el conjunto en filas y columnas, el perfil de intensidad integrado 600 del conjunto es sustancialmente rectangular, es decir, el perfil de intensidad integrado tiene el llamado perfil de "tope plano" como se muestra en la Fig. 16a. En un módulo según la Fig. 4, en el que se conectan varios conjuntos 110 y se desconectan varios conjuntos, la intensidad integrada del módulo en una  
10 dirección 610 perpendicular a la dirección de movimiento 250 es como se muestra en la Fig. 16b, es decir, tiene bordes afilados (en el caso de que el plano del objeto 150 coincida con el área activa de los láseres semiconductores).

Puede ser deseable tener un perfil de intensidad integrado sin bordes afilados. Esto puede lograrse mediante una disposición según la Fig. 15, en la que los VCSEL de un conjunto 110 se colocan en filas y columnas y en la que el contorno exterior del conjunto es sustancialmente poligonal, en particular, sustancialmente hexagonal. Los VCSEL individuales están posicionados en puntos de cuadrícula que están escalonados de una columna a la siguiente, donde las columnas están orientadas perpendicularmente a la dirección del movimiento 250. Preferentemente, el contorno exterior del conjunto tiene una forma hexagonal con dos lados  $p$  paralelos opuestos que se extienden perpendicularmente a la dirección del movimiento 250.

20 Como se muestra en la Fig. 17a, el perfil de intensidad integrado 600 de un conjunto de láser con una forma sustancialmente hexagonal, como se muestra en la Fig. 15, tiene bordes redondeados y es similar a una distribución de intensidad gaussiana. En el caso de un módulo láser con grupos de encendido/apagado, el perfil de intensidad integrado 600 a lo largo de una dirección 610 comprende transiciones redondeadas como se muestra en la Fig. 17b. Por lo tanto, las desviaciones de un valor medio de intensidad son menores.

25 Con la unidad de iluminación 700, un píxel del área de trabajo es iluminado por una multitud de láseres semiconductores de un conjunto láser 110 al mismo tiempo. El número total de láseres semiconductores puede seleccionarse de tal manera que un fallo de menos de un número predeterminado de los láseres semiconductores reduce la potencia de salida del conjunto de láseres 110 sólo dentro de un valor de tolerancia predeterminado. Como resultado de ello, los requisitos con respecto a la vida útil de los distintos VCSEL no pueden ser inusualmente altos.

30 Los VCSEL individuales de un conjunto de láser pueden ser agrupados en subgrupos con respecto a su direccionabilidad por señales de control. Un subgrupo puede incluir al menos dos VCSEL. Al menos dos subgrupos de VCSEL de un conjunto de láser pueden ser direccionados individualmente de tal manera que una potencia de salida, es decir, una intensidad, del conjunto de láser 110 sea controlable apagando uno o más subgrupos de VCSEL. Además, puede proporcionarse una incorporación en la que los láseres semiconductores de un conjunto de  
35 láseres sean direccionables individualmente de modo que la potencia de salida del conjunto de láseres pueda controlarse encendiendo o apagando los láseres semiconductores individuales.

En otra realización, los láseres semiconductores o los conjuntos de láseres de la unidad de iluminación 700 pueden controlarse más a fondo, de modo que un láser semiconductor o un conjunto de láseres que no se utiliza para iluminar puede utilizarse opcionalmente para proporcionar calor al material de construcción en el plano de trabajo  
40 180. Para ello, se proporciona un dispositivo de control que controla los láseres semiconductores individualmente o los conjuntos láser de tal manera que los láseres semiconductores o un conjunto láser que no se utiliza para iluminar emita menos intensidad según se requiera para transformar el material de construcción de manera que sólo se caliente el material de construcción en el plano de trabajo. Este calentamiento puede utilizarse además del dispositivo de calentamiento separado descrito anteriormente o como un sistema de calentamiento exclusivo que  
45 precalienta el material de construcción a una temperatura de trabajo.

La unidad de iluminación 700 puede incluir fuentes de luz superpuestas 117 como se explica en la Fig. 10. Las fuentes de luz superpuestas 117 se proporcionan preferentemente en el límite entre un módulo de una columna a un módulo vecino de una columna vecina, por ejemplo el módulo  $200_1$  de la columna  $c1$  y el módulo  $200_2$  de la columna  $c2$  en la Fig. 13 y/o de un módulo en una cascada a un módulo vecino en una cascada vecina, por ejemplo el  
50 módulo  $200_n$  en la cascada  $k1$  y el módulo  $201_1$  en la cascada  $k2$  en la Fig. 13. La fuente de luz superpuesta 117 equilibra la pérdida de energía resultante de un desfase temporal de los píxeles adyacentes perpendiculares a la dirección del movimiento 250 debido a la disposición escalonada de un módulo y/o debido a la disposición en cascada de los módulos.

Las fuentes de luz superpuestas 117 pueden ser controladas de tal manera que las pérdidas de energía debidas al desfase temporal y/o las pérdidas de energía o los excesos de energía debidos a la desalineación de los VCSEL o las disposiciones pueden ser compensados. Por lo tanto, la suma de la energía que se proporciona al área de trabajo por las fuentes de luz superpuestas 117 puede ajustarse para que sea la energía necesaria para la iluminación en el caso de desplazamiento de tiempo cero y/o de VCSEL o conjuntos perfectamente alineados. La energía suministrada por los VCSEL o conjuntos superpuestos puede ser seleccionada dependiendo del tipo de

material de construcción. Los factores que influyen pueden ser la conductividad térmica del lecho de polvo, la conductividad térmica de la masa fundida o sinterizada, el tamaño de las partículas, etc.

En otra modificación, los láseres semiconductores de la unidad de iluminación son realizados por los VECSEL (Láser Emisor de Superficie de Cavidad Externa Vertical).

- 5 El sistema de impresión 3D descrito anteriormente funciona de la siguiente manera. Las capas del material de construcción se depositan sucesivamente en el soporte 400 o en la plataforma de construcción 450 o en una capa previamente iluminada, de manera que la nueva capa de material de construcción forma el plano de trabajo 180. A continuación, la unidad de iluminación 700 se desplaza por el área de construcción 480 en la dirección del movimiento 250 e ilumina selectivamente el material de construcción en el área de trabajo 180 en las posiciones correspondientes a la sección transversal del artículo tridimensional en la capa respectiva. Después de que una capa ha sido iluminada, el soporte se desplaza hacia abajo de manera que la nueva capa pueda formar el área de trabajo 180.

Si bien la invención ha sido ilustrada y descrita en detalle en los dibujos y en la descripción anterior, dicha ilustración y descripción deben considerarse ilustrativas o ejemplares y no restrictivas.

- 15 Las variaciones de las representaciones divulgadas pueden ser comprendidas y efectuadas por los expertos en la materia, a partir del estudio de los dibujos, la divulgación y las reivindicaciones anexas. En las reivindicaciones, la expresión "que comprende" no excluye otros elementos o pasos, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad de elementos o pasos. El mero hecho de que ciertas medidas sean referidas en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que no se pueda utilizar una combinación de esas medidas en beneficio propio.

Los signos de referencia en las reivindicaciones no deben interpretarse como una limitación del alcance de las mismas.

Lista de números de referencia:

- |    |  |   |
|----|--|---|
|    | 100  | sistema de impresión láser                            |
| 25 | 110  | matriz de láser.                                      |
|    | 115  | láser semiconductor                                   |
|    | 116  | fuelle de luz láser                                   |
|    | 117  | fuelle de luz láser superpuesta                       |
|    | 120  | submódulo de láser                                    |
| 30 | 150  | plano del objeto                                      |
|    | 170  | elemento óptico                                       |
|    | 175  | conjunto de microlentes                               |
|    | 180  | plano de trabajo                                      |
|    | 200, 2001, 200 <sub>2</sub> , 200n         |   |
| 35 | 201 <sub>1</sub> , 201 <sub>2</sub> , 201n | módulos láser   |
|    | 250  | dirección de movimiento                               |
|    | 300  | cámara de proceso                                     |
|    | 400  | apoyo   |
|    | 450  | plataforma de construcción                            |
|    | 470  | estructura límite                                     |
| 40 | 480  | área de trabajo                                       |
|    | 500  | artículo tridimensional                               |
|    | 600  | intensidad integrada                                  |
|    | 610  | dirección perpendicular a la dirección del movimiento |
|    | 700  | unidad de iluminación                                 |

## ES 2 799 123 T3

750	dispositivo de protección
800	unidad de control
910	paso del procedimiento del objeto
920	paso del procedimiento de emisión de luz láser
5 930	paso del procedimiento de la imagen de la luz láser

**REIVINDICACIONES**

- 5 **1.** Un sistema de impresión láser (100) para iluminar un objeto que se mueve en relación con un módulo láser del sistema de impresión láser (100) en un plano de trabajo (180), el módulo láser comprende al menos dos conjuntos láser (110) de láseres semiconductores (115) y al menos un elemento óptico (170), en el que el elemento óptico (170) está adaptado para representar la luz láser emitida por las matrices láser (110), de manera que la luz láser de los láseres semiconductores (115) de un conjunto láser (110) se representa en un píxel en el plano de trabajo (180) del sistema de impresión láser (100), y  
 10 en el que el sistema de impresión láser es un sistema de impresión en 3D para la fabricación aditiva y en el que se proporcionan dos, tres, cuatro o una multitud de módulos láser, que están dispuestos en columnas perpendiculares a una dirección de movimiento (250) del objeto en el plano de trabajo (180), y  
 en el que las columnas están escalonadas entre sí de modo que un primer módulo de láser de una primera columna de módulos láser está adaptada para iluminar una primera zona del objeto y un segundo módulo láser de una segunda columna de módulos láser está adaptado para iluminar una segunda zona del objeto, en el que la primera zona es adyacente a la segunda zona, de modo que se permite la iluminación continua del objeto.
- 15 **2.** El sistema de impresión láser (100) según la reivindicación 1, en el que un elemento del área del píxel es iluminado por medio de al menos dos láseres semiconductores (115).
- 3.** El sistema de impresión láser (100) según las reivindicaciones 1 o 2, en el que el elemento óptico (170) está adaptado de tal manera que las imágenes de los conjuntos láser (110) se superponen en el plano de trabajo (180).
- 20 **4.** El sistema de impresión láser (100) según las reivindicaciones 1 o 2, en el que las matrices láser (110) del módulo láser están dispuestas en columnas perpendiculares a una dirección de movimiento (250) del objeto en el plano de trabajo (180), las columnas están escalonadas una respecto de la otra de manera que un primer conjunto láser (110) de una primera columna de matrices láser (110) está adaptada para iluminar una primera área del objeto y un segundo conjunto láser (110) de una segunda columna de conjuntos láser (110) está adaptado para iluminar una segunda área del objeto, en el que la primera área es adyacente a la segunda área de manera que se habilita la  
 25 iluminación continua del objeto.
- 5.** El sistema de impresión láser (100) según una de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende al menos un primer y un segundo módulo láser dispuestos uno al lado del otro, comprendiendo cada módulo láser al menos dos matrices láser (110), en el que al menos una de las dos matrices láser (110) del primer o del segundo módulo láser está dispuesto como fuente de luz láser superpuesta (117) de tal manera que en funcionamiento al menos un elemento  
 30 de área definido en el plano de trabajo (180) puede ser iluminado por la fuente de luz láser superpuesta (117) y un conjunto láser separado (110) del módulo láser dispuesto junto al módulo láser que comprende la fuente de luz láser superpuesta (117).
- 6.** El sistema de impresión láser (100) según la reivindicación 5, en el que la energía total que se suministra a el al menos un elemento de área definido del objeto es tal que esencialmente se suministra la misma energía por  
 35 elemento de área que en el caso de los módulos láser alineados sin una fuente de luz láser superpuesta (117).
- 7.** El sistema de impresión láser (100) según la reivindicación 4, en el que el elemento óptico (170) asociado a un módulo láser tiene un contorno exterior obtenido a partir de un contorno circular o de simetría rotacional que está truncado en dos lados opuestos y en el que los lados opuestos están alineados uno respecto del otro a lo largo de un eje que está orientado preferentemente en una dirección perpendicular a la dirección del movimiento (250).
- 40 **8.** El sistema de impresión láser (100) según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que al menos dos láseres semiconductores (115) de un conjunto láser (110) o al menos dos subgrupos de láseres semiconductores de un conjunto láser (110) son direccionables individualmente de manera que una potencia de salida del conjunto láser (110) se puede controlar apagando uno o más láseres semiconductores (115) o los subgrupos de láseres semiconductores.
- 45 **9.** El sistema de impresión láser (100) según una de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende además una cámara de proceso (300) que comprende un soporte para capas de un material, en el que los módulos láser están dispuestos en la cámara de proceso y en el que preferentemente un dispositivo de protección (750) está dispuesto en un lado de los módulos láser que se encuentra frente al soporte, y además en el que preferentemente el dispositivo de protección está formado por al menos una placa que es transparente a la luz láser, preferentemente  
 50 una placa de vidrio.
- 10.** El sistema de impresión láser (100) según la reivindicación 9, en el que se prevé un dispositivo de control de la temperatura que controla la temperatura de al menos la superficie del dispositivo de protección orientado hacia el soporte.
- 55 **11.** El sistema de impresión láser (100) según la reivindicación 10, en el que el dispositivo de control de la temperatura está configurado para calentar el dispositivo de protección de manera que se impida sustancialmente la radiación térmica del material en el plano de trabajo al dispositivo de protección.



12. El sistema de impresión láser (100) según una de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el sistema de impresión láser (100) está configurado para solidificar un material capa por capa en los lugares correspondientes a la sección transversal de un artículo que se formará en cada capa mediante los módulos láser.
- 5 13. El sistema de impresión láser (100) según una de las reivindicaciones 1 a 12, en el que los módulos láser forman una unidad de iluminación (700) y en el que la unidad de iluminación está configurada para moverse a través del plano de trabajo.
14. El sistema de impresión láser según una de las reivindicaciones 1 a 13, en el que los láseres semiconductores son VCSEL (Láseres Emisores de Superficie de Cavidad Vertical), o en el que los láseres semiconductores son VECSEL (Láseres Emisores de Superficie de Cavidad Externa Vertical).
- 10 15. Procedimiento de impresión láser, comprendiendo el procedimiento los pasos de
- mover un objeto en un plano de trabajo (180) respecto a un módulo láser;
  - emitir luz láser por medio del módulo láser que comprende al menos dos conjuntos láser (110) de láseres semiconductores (115) y al menos un elemento óptico (170); y
  - representar la luz láser emitida por los conjuntos láser (110) por medio del elemento óptico (170), de tal
- 15 manera que la luz láser de los láseres semiconductores (115) de un conjunto láser (110) es representada en un píxel en el plano de trabajo (180);
- en el que el sistema de impresión láser (100) es un sistema de impresión en 3D para la fabricación aditiva y en el que se utilizan dos, tres, cuatro o una multitud de módulos láser que están dispuestos en columnas perpendiculares a una dirección de movimiento (250) del objeto en el plano de trabajo (180),
- 20 y en el que las columnas están escalonadas una con respecto a otra de manera que un primer módulo láser de una primera columna de módulos láser se adapta para iluminar una primera área del objeto y un segundo módulo láser de una segunda columna de módulos láser se adapta para iluminar una segunda área del objeto, en el que la primera área es adyacente a la segunda área, de manera que se permite la iluminación continua del objeto.

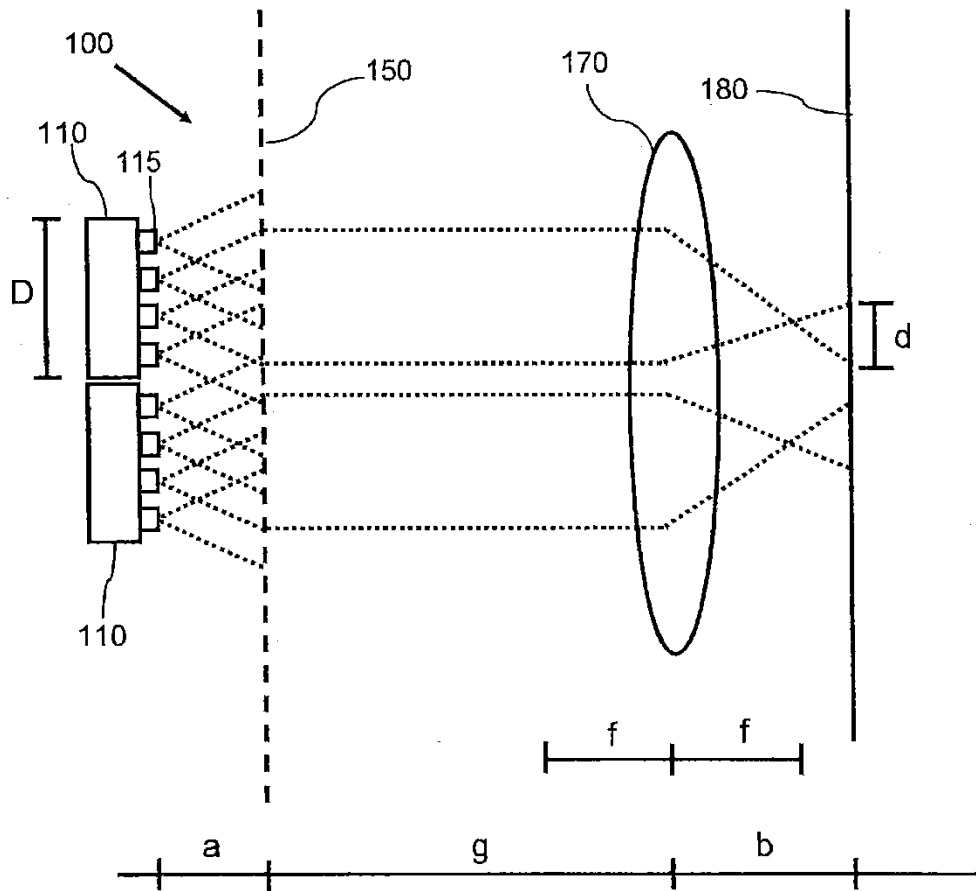


Fig. 1

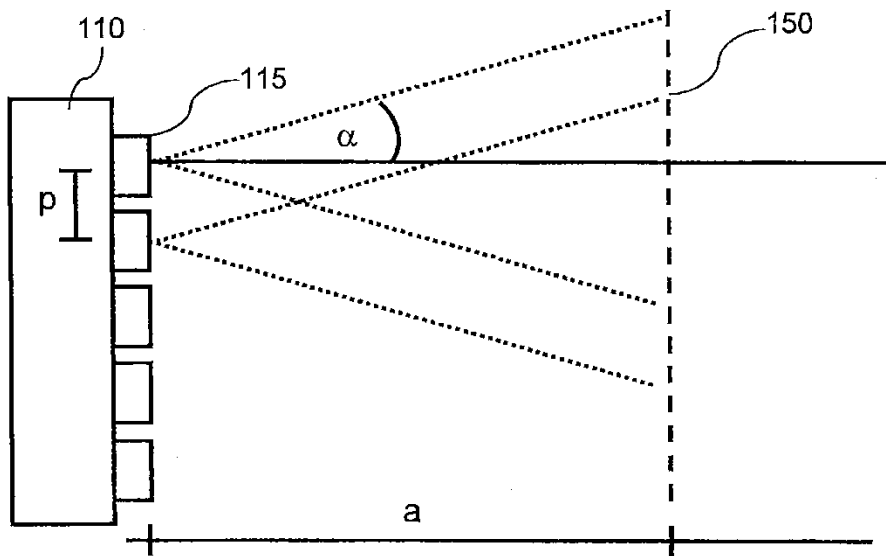


Fig. 2

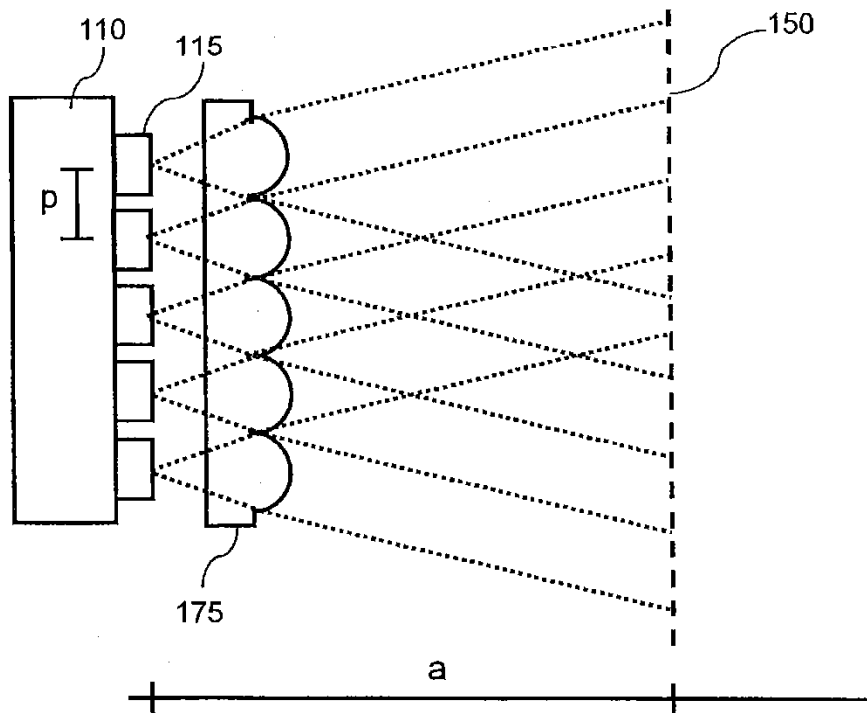


Fig. 3

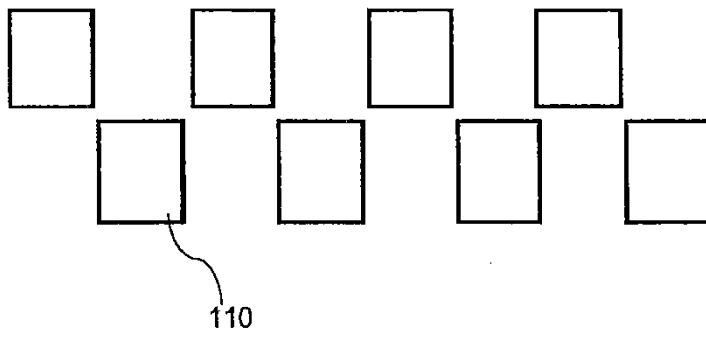


Fig. 4

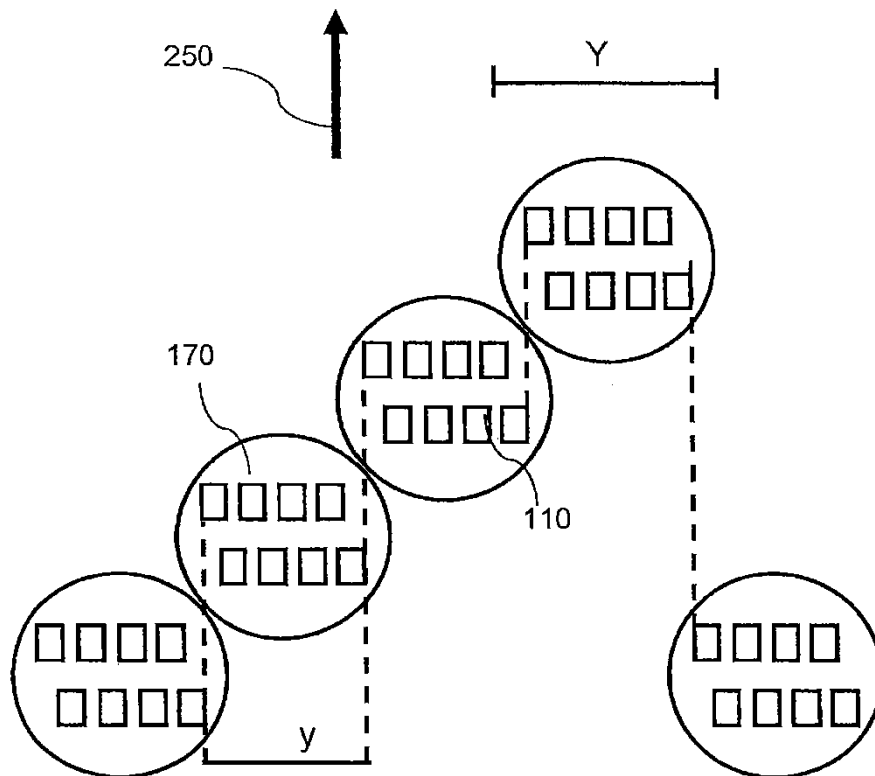


Fig. 5

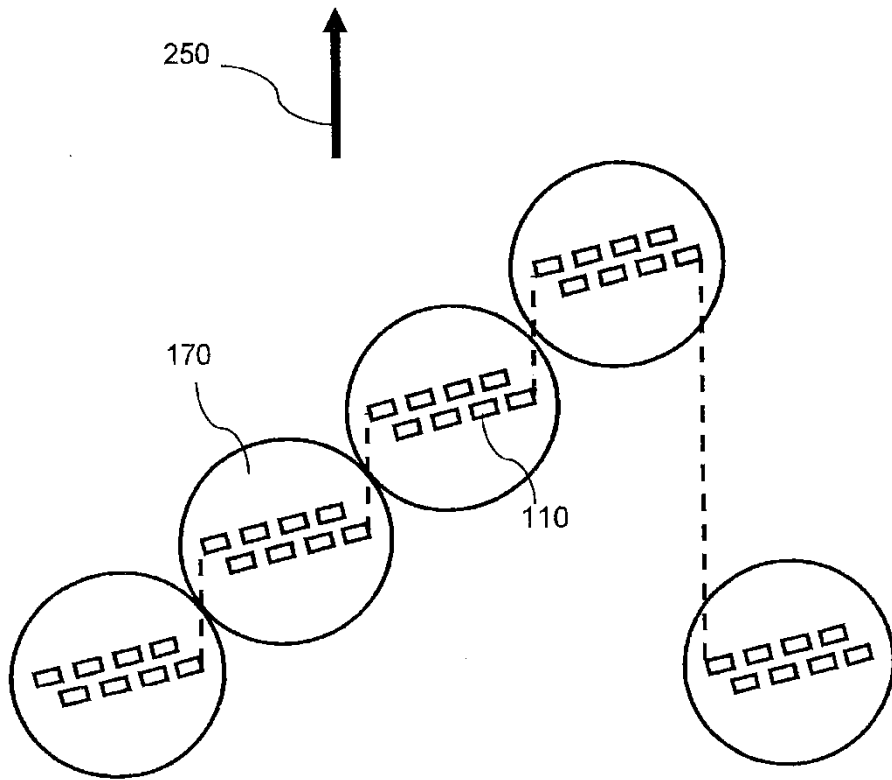


Fig. 6

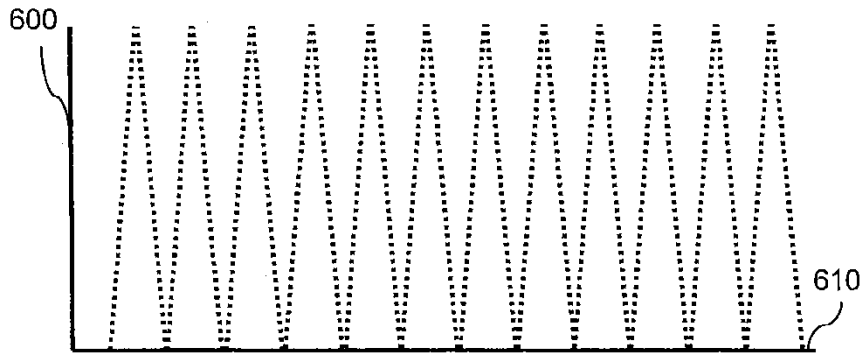


Fig. 7

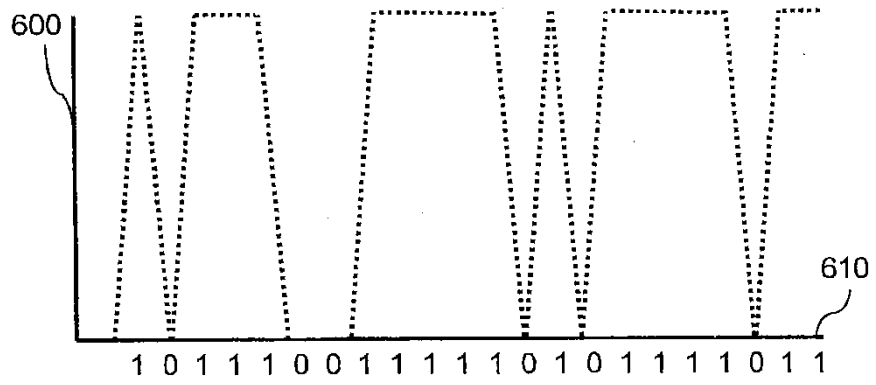


Fig. 8

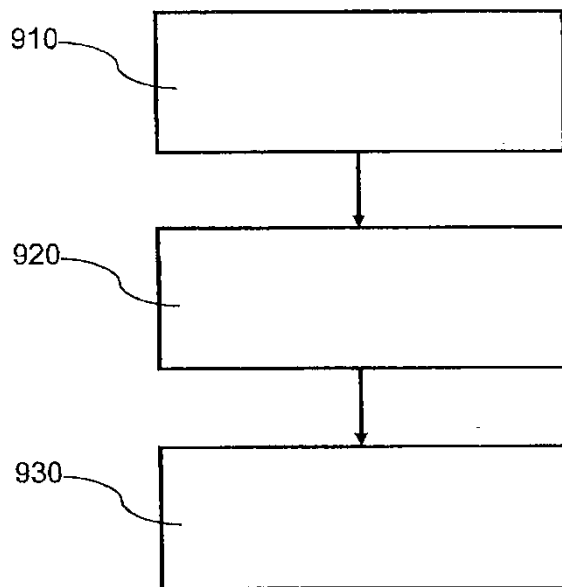


Fig. 9

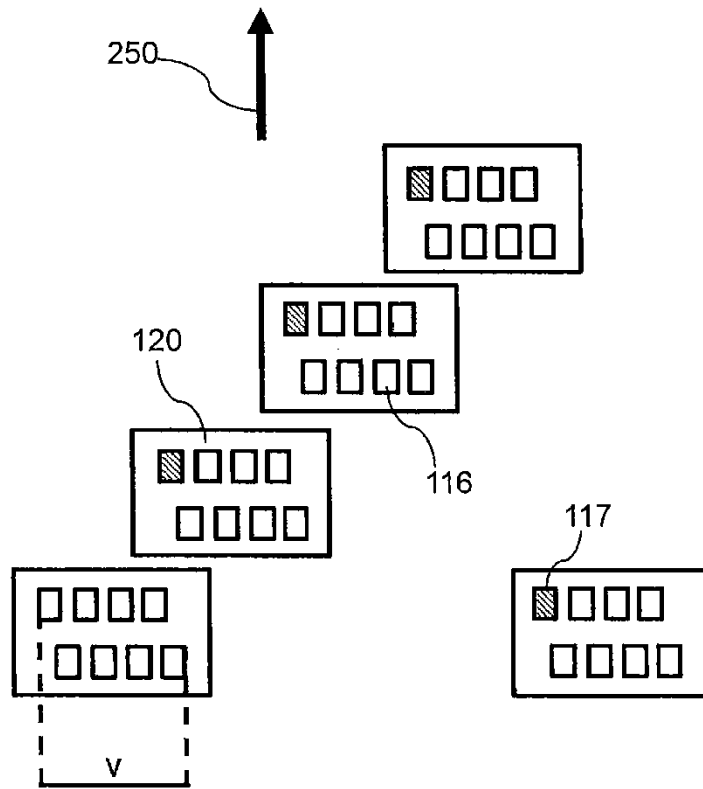


Fig. 10

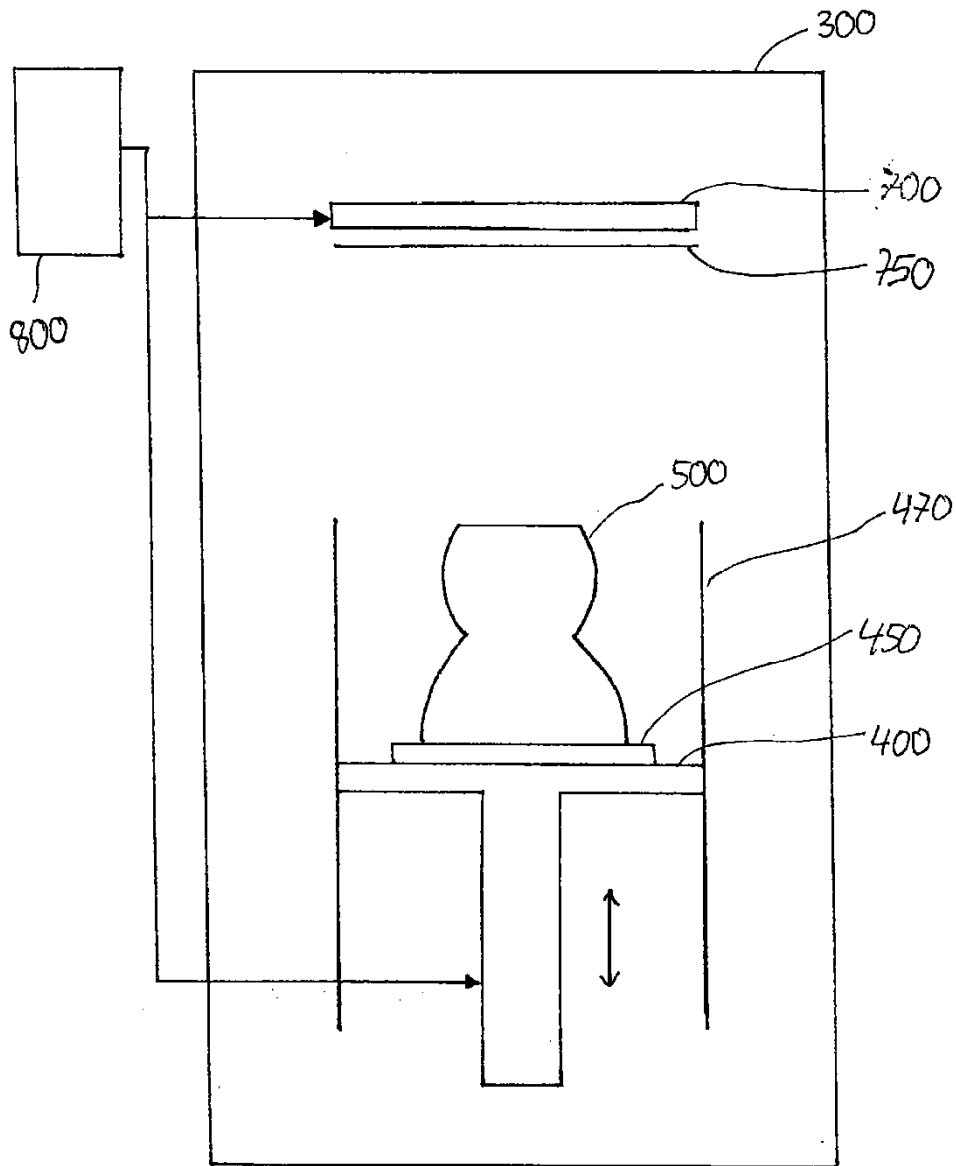


Fig. 11



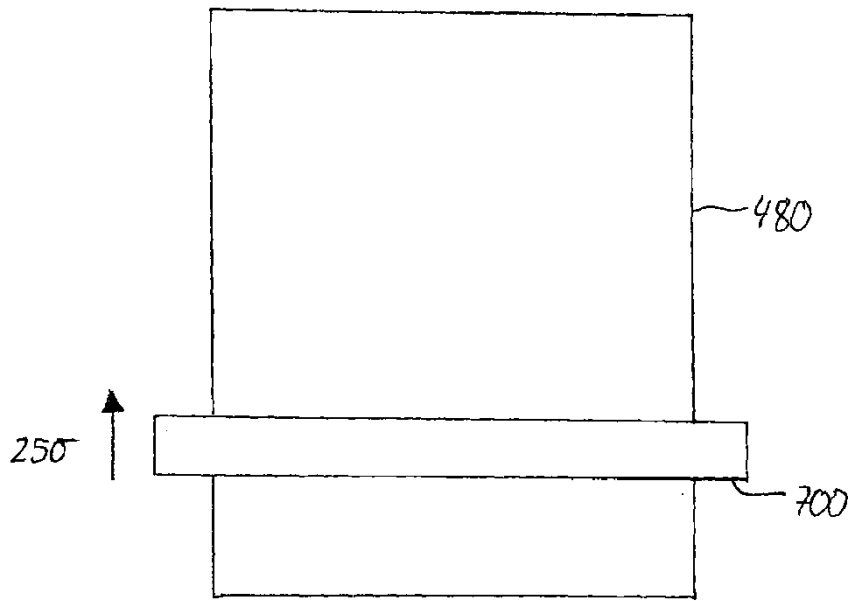


Fig. 12

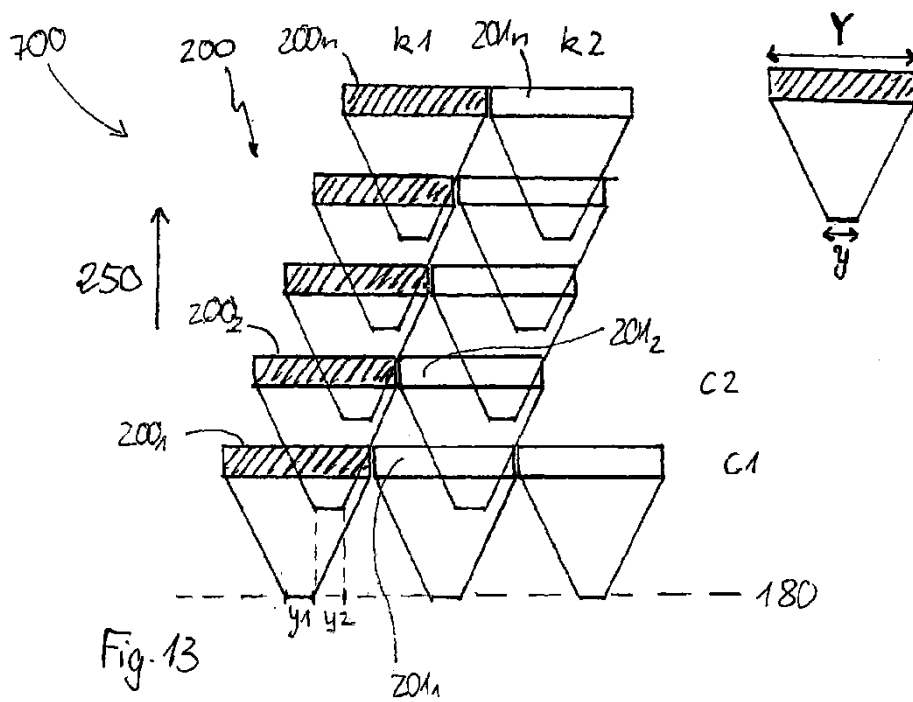
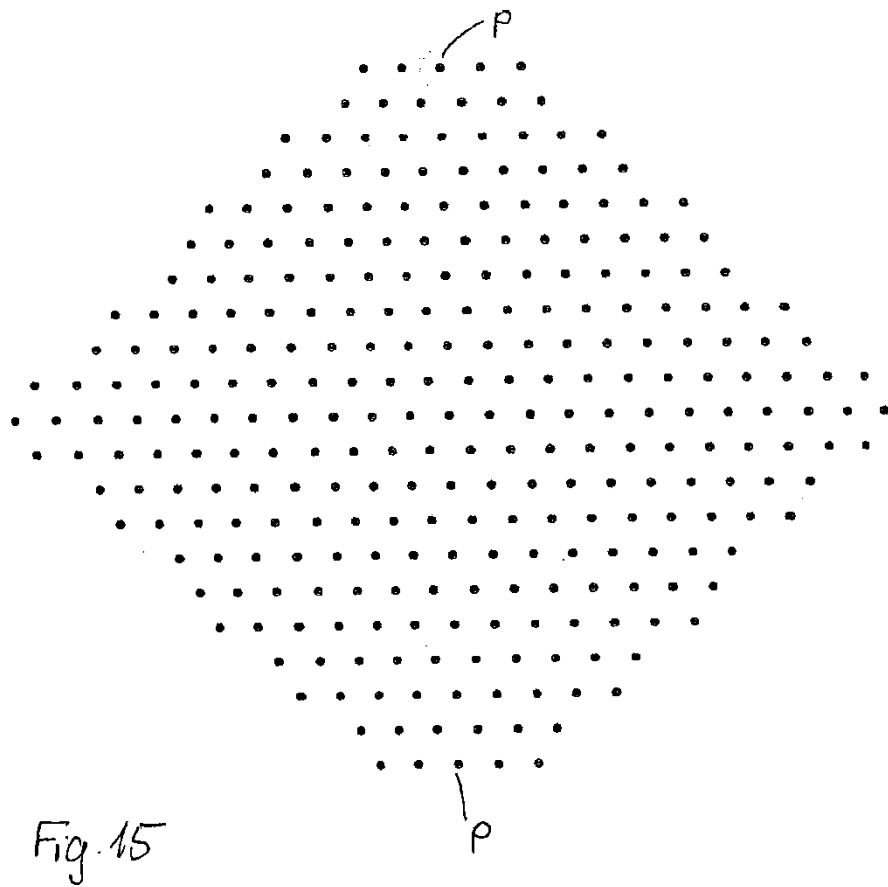
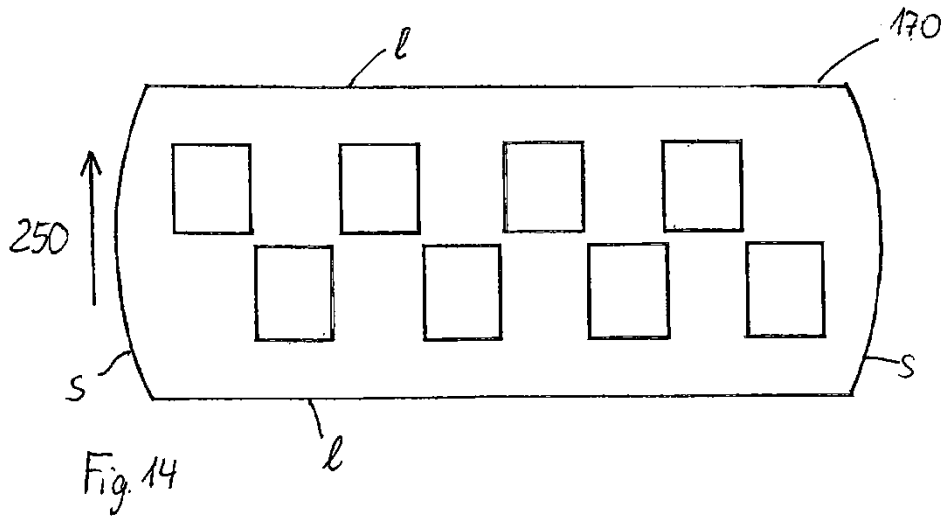


Fig. 13



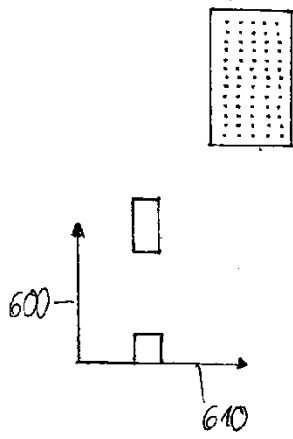


Fig. 16a

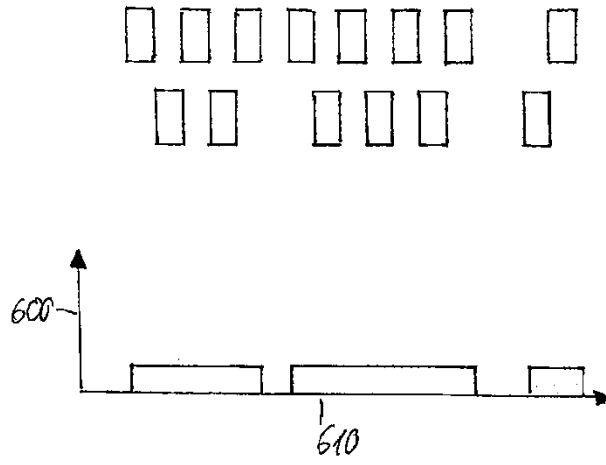


Fig. 16b

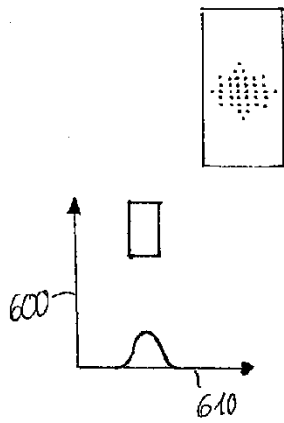


Fig. 17a

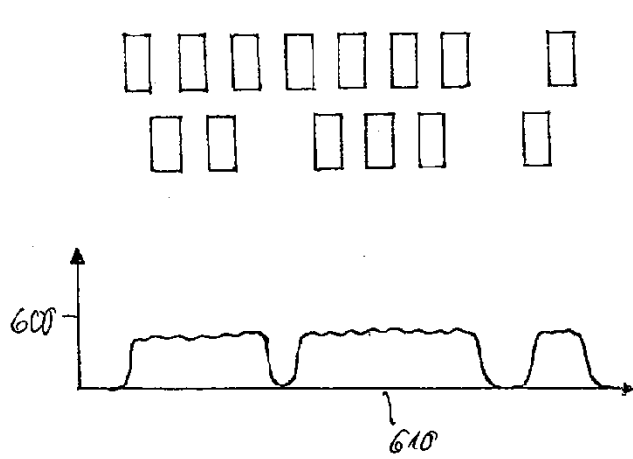


Fig. 17b