

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 892 153**

51 Int. Cl.:

B23P 15/24	(2006.01)	B33Y 50/02	(2015.01)
B23P 15/00	(2006.01)		
B23K 26/342	(2014.01)		
B23K 26/082	(2014.01)		
B23K 26/34	(2014.01)		
B23K 35/02	(2006.01)		
B29C 64/393	(2007.01)		
B29C 64/147	(2007.01)		
B33Y 10/00	(2015.01)		
B33Y 30/00	(2015.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.11.2018** **E 18205653 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.07.2021** **EP 3482933**

54 Título: **Monitorización de proceso para fabricación aditiva a gran escala móvil usando materiales de creación a base de láminas**

30 Prioridad:

13.11.2017 US 201715811313

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.02.2022

73 Titular/es:

GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US

72 Inventor/es:

MAMRAK, JUSTIN;
REDDING, MACKENZIE RYAN y
SPEARS, THOMAS GRAHAM

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 892 153 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

Monitorización de proceso para fabricación aditiva a gran escala móvil usando materiales de creación a base de láminas

Introducción

La presente divulgación se refiere en general a métodos y aparatos para fabricación aditiva usando materiales de creación a base de láminas. Más específicamente, la divulgación se refiere a proporcionar una capa de lámina para un área de creación.

Antecedentes

Los procesos de fabricación aditiva (AM) o de impresión aditiva implican en general la acumulación de uno o más materiales para hacer un objeto de forma neta o casi neta (NNS), en contraste a métodos de fabricación sustractiva. Aunque la "fabricación aditiva" es un término convencional industrial (ASTM F2792), AM abarca diversas técnicas de fabricación y prototipado conocidas bajo diversos nombres, que incluyen, fabricación de forma libre, impresión en 3D, creación rápida de prototipado/herramientas, etc. Las técnicas AM son aptas para fabricar componentes complejos a partir de una amplia diversidad de materiales. En general, un objeto independiente puede fabricarse a partir de un modelo de diseño asistido por ordenador (CAD). Un tipo particular de proceso AM usa radiación electromagnética tal como un haz láser, para fundir o sinterizar un material en polvo, creando un objeto tridimensional sólido.

Se muestra un ejemplo de un aparato para AM que usa un material de creación en polvo en la Figura 1. El aparato 140 crea objetos o porciones de objetos, por ejemplo, el objeto 152, en una manera capa a capa sinterizando o fusionando un material en polvo (no mostrado) usando un haz de energía 170 generado por una fuente 150, que puede ser, por ejemplo, un láser para producir un haz láser, o un filamento que emite electrones cuando una corriente fluye a través de él. El polvo que va a fundirse por el haz de energía se suministra por el reservorio 156 y se extiende equitativamente a través de una cama de polvo 142 usando un brazo revestidor 146 que recorre en la dirección 164 para mantener el polvo en un nivel 148 y retirar el exceso de material en polvo que se extiende por encima del nivel de polvo 148 al contenedor de desperdicios 158. El haz de energía 170 sinteriza o funde una capa en sección transversal del objeto que se crea bajo el control de un dispositivo de dirección de emisión de irradiación, tal como un escáner láser galvo 162. El escáner galvo 162 puede comprender, por ejemplo, una pluralidad de espejos móviles o lentes de exploración. La velocidad a la que se explora el haz de energía es un parámetro de proceso controlable crítico, que impacta la cantidad de energía entregada en un punto particular. Las velocidades de exploración de haz de energía típicas se encuentran en el orden de 10 a varios miles de milímetros por segundo. Se rebaja la plataforma de creación 144 y se extiende otra capa de polvo sobre la capa de polvo y el objeto que se está creando, seguido por fusión/sinterización sucesiva del polvo por el láser 150. Por ejemplo, normalmente la capa de polvo es de 10 a 100 micrómetros de espesor. El proceso se repite hasta que se crea completamente el objeto 152 a partir del material en polvo fusionado/sinterizado. El haz de energía 170 puede controlarse por un sistema informático que incluye un procesador y una memoria (no mostrados). El sistema informático puede determinar un patrón de exploración para cada capa y controlar el haz de energía 170 para irradiar el material de polvo de acuerdo con el patrón de exploración. Después de que la fabricación del objeto 152 está completada, pueden aplicarse diversos procedimientos de post-procesamiento al objeto 152. Los procedimientos de post-procesamiento incluyen la retirada de exceso de polvo, por ejemplo, soplando o aplicando vacío. Otros procedimientos de post-procesamiento incluyen un proceso de tratamiento por calor de alivio de la tensión. Adicionalmente, pueden usarse procedimientos de post-procesamiento térmico y químico para finalizar el objeto 152.

Las máquinas de AM más comerciales permiten que se creen componentes de una manera capa a capa usando material creado en polvo, lo que tiene varias desventajas. En general, los materiales en polvo suelto pueden ser selectivamente difíciles de almacenar y transportar. Pueden también tener riesgos para la salud asociados con la inhalación de polvos sueltos. Puede ser necesario equipo adicional para aislar el entorno de polvo y la filtración de aire para reducir estos riesgos para la salud. Además, en algunas situaciones, el polvo suelto puede volverse inflamable.

En vista de lo anterior, son deseables métodos y aparatos no basados en polvo. El documento WO2015/073976 desvela un aparato de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y un método de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 9.

Sumario

Lo siguiente presenta un sumario simplificado de uno o más aspectos de la presente divulgación para proporcionar un entendimiento básico de tales aspectos. Este sumario no es una vista general extensiva de todos los aspectos contemplados y no se concibe ni para identificar elementos clave o críticos de todos los aspectos ni para definir el alcance de cualquiera o todos los aspectos. Su propósito es presentar algunos conceptos de uno o más aspectos de una forma simplificada como un preludio a una descripción más detallada que se presenta más adelante.

En un aspecto, la presente divulgación se refiere a un aparato para fabricación aditiva de un objeto, comprendiendo

el aparato: una placa de creación que tiene una cara de creación; una unidad de creación orientada hacia la cara de creación, comprendiendo la unidad de creación una unidad de suministro de lámina y un dispositivo de dirección de emisión de radiación, la unidad de creación acoplada a un sistema de posicionamiento que puede proporcionar movimiento independiente de la unidad de creación en al menos tres dimensiones con respecto a la placa/cara de creación; en donde la unidad de creación está configurada para mover una lámina desde la unidad de suministro de lámina en contacto con la placa de creación, o un objeto sobre la misma, de modo que puede irradiarse e incorporarse la lámina en el objeto. En algunos aspectos, el dispositivo de dirección de emisión de radiación comprende una fuente de energía. En algunos aspectos, la unidad de creación comprende adicionalmente un escáner galvo. En algunos aspectos, la fuente de energía es una fuente láser. En algunos aspectos, la fuente de energía es una fuente de haz de electrones. En algunos aspectos, la unidad de suministro de lámina es un dispensador de lámina que puede almacenar uno o más rollos de lámina y dispensar una longitud de lámina desde un rollo activo de lámina. En algunos aspectos, el aparato comprende adicionalmente un rollo de recogida de exceso. En algunos aspectos, la unidad de suministro de lámina es un dispensador de hoja de lámina que puede almacenar y dispensar hojas de lámina. En algunos aspectos, el aparato comprende adicionalmente un contenedor de descarte. En algunos aspectos, la unidad de creación comprende adicionalmente un dispositivo de flujo de gas configurado para proporcionar un flujo de gas laminar sustancialmente paralelo a una cara de la lámina.

En otro aspecto, la presente divulgación se refiere a un método que comprende: situar una unidad de creación con respecto a una placa de creación que tiene una cara; dispensar, por la unidad de creación, una capa de lámina de metal orientada hacia la cara de la placa de creación; volver a situar la unidad de creación para poner la lámina en contacto con la cara de la placa de creación o un objeto sobre la misma; fusionar áreas seleccionadas de la respectiva capa de lámina de metal a la superficie de trabajo en la cara de la placa de creación o el objeto; y retirar áreas no fusionadas de la respectiva capa de lámina de metal del objeto. En algunos aspectos, la fusión de las áreas seleccionadas de la respectiva capa de lámina de metal a la superficie de trabajo comprende irradiar las áreas seleccionadas con un haz de energía de una fuente de energía. En algunos aspectos, la fuente de energía es una fuente láser. En algunos aspectos, la fuente de energía es una fuente de haz de electrones. En algunos aspectos, la fuente de energía está modulada por un escáner galvo. En algunos aspectos, la dispensación por la unidad de creación de una capa de lámina de metal comprende dispensar una longitud de lámina de un rollo continuo de lámina de metal para extender una hoja de lámina de metal sobre la cara de la placa de creación. En algunos aspectos, la retirada de áreas no fusionadas de la respectiva capa de lámina de metal comprende enrollar áreas no fusionadas de la hoja de lámina de metal en un rollo de recogida de exceso. En algunos aspectos, la dispensación por la unidad de creación de una capa de lámina de metal comprende dispensar una hoja de lámina de metal de un cartucho, en donde el cartucho puede almacenar una pluralidad de hojas de lámina de metal. En algunos aspectos, la retirada de porciones de la capa de lámina de metal comprende mover la hoja de lámina de metal del objeto. En algunos aspectos, volver a situar la unidad de creación comprende situar un dispositivo de flujo de gas próximo a una cara de la lámina, para proporcionar un flujo de gas laminar sustancialmente paralelo a la cara de la lámina.

En un aspecto, la presente divulgación se refiere a un aparato que comprende una placa de creación que tiene dos caras opuestas; un par de unidades de creación en caras opuestas de la placa de creación, comprendiendo cada unidad de creación una unidad de suministro de lámina y un dispositivo de dirección de emisión de radiación, cada unidad de creación acoplada a un sistema de posicionamiento que puede proporcionar movimiento independiente de la respectiva unidad de creación en al menos tres dimensiones. En algunos aspectos, el dispositivo de dirección de emisión de radiación comprende una fuente de energía. En algunos aspectos, la unidad de creación comprende adicionalmente un escáner galvo. En algunos aspectos, la fuente de energía es una fuente láser. En algunos aspectos, la fuente de energía es una fuente de haz de electrones. En algunos aspectos, la unidad de suministro de lámina es un dispensador de hoja de lámina que puede almacenar y dispensar hojas de lámina. En algunos aspectos, el aparato comprende adicionalmente un contenedor de descarte. En algunos aspectos, la unidad de suministro de lámina es un dispensador de lámina que puede almacenar uno o más rollos de lámina y dispensar una longitud de lámina desde un rollo activo de lámina. En algunos aspectos, el aparato comprende adicionalmente un rollo de recogida de exceso. En algunos aspectos, el aparato comprende adicionalmente un controlador configurado para controlar el par de unidades de creación para crear concurrentemente un par de objetos correspondientes en las dos caras opuestas.

En otro aspecto, la presente divulgación se refiere a un método que comprende: situar un par de unidades de creación con respecto a una placa de creación que tiene dos caras opuestas, comprendiendo cada cara una superficie de trabajo; dispensar, por cada una de las unidades de creación, una respectiva capa de lámina de metal sobre las caras opuestas de la placa de creación; fusionar áreas seleccionadas de la respectiva capa de lámina de metal a la superficie de trabajo en cada cara de la placa de creación; y retirar áreas no fusionadas de la respectiva capa de lámina de metal. En algunos aspectos, la fusión de las áreas seleccionadas de la respectiva capa de lámina de metal a la superficie de trabajo comprende irradiar las áreas seleccionadas con una fuente de energía. En algunos aspectos, la fuente de energía es una fuente láser. En algunos aspectos, la fuente de energía es una fuente de haz de electrones. En algunos aspectos, la fuente de energía está modulada por un escáner galvo. En algunos aspectos, la dispensación por cada una de las unidades de creación de una respectiva capa de lámina de metal comprende dispensar una hoja de lámina de metal de un cartucho, en donde el cartucho puede almacenar una pluralidad de hojas de lámina de metal. En algunos aspectos, la retirada de áreas sin fusionar de la respectiva capa de lámina de metal comprende mover la hoja de la superficie de trabajo a un contenedor de descarte. En algunos aspectos, la dispensación por cada una de las unidades de creación de una respectiva capa de lámina de metal comprende dispensar una longitud de lámina de

un rollo continuo de lámina de metal para extender una hoja de lámina de metal sobre la cara de la placa de creación. En algunos aspectos, la retirada de áreas no fusionadas de la respectiva capa de lámina de metal comprende enrollar áreas no fusionadas de la hoja de lámina de metal en un rollo de recogida de exceso. En algunos aspectos, la dispensación, fusión y retirada se realizan concurrentemente por cada una de las unidades de creación basándose en una señal de control de un controlador.

En otro aspecto, la presente divulgación se refiere a un método de vectorización para materiales de creación a base de láminas, que comprende: recibir una representación de una capa que va a formarse fusionando una o más regiones de una hoja de lámina a una pieza de trabajo; determinar que al menos una primera región de la una o más regiones define una abertura no fusionada aislada de una porción restante de la hoja de lámina; dividir la primera región en al menos dos áreas de exploración, en donde un fragmento de la abertura no fusionada adyacente a cada área de exploración está conectado a la porción restante; fusionar una primera área de exploración de las menos dos áreas de exploración a la pieza de trabajo; mover la hoja de lámina; y fusionar una segunda área de exploración de las al menos dos áreas de exploración a la pieza de trabajo. En algunos aspectos, el método comprende adicionalmente determinar que una segunda abertura no fusionada aislada de la porción restante de la hoja de lámina tiene un área menor que un umbral; y extirpar la segunda abertura. En algunos aspectos, la extirpación comprende extirpar la segunda porción sin fusionar cuando la hoja de lámina no está en contacto con la pieza de trabajo. En algunos aspectos, mover la hoja de lámina comprende: separar la hoja de lámina de la pieza de trabajo; volver a situar la hoja de lámina con relación a la pieza de trabajo; y poner la hoja de lámina en contacto con la pieza de trabajo. En algunos aspectos, un borde de la primera área de exploración entra en contacto con un borde de la segunda área de exploración. En algunos aspectos, la pieza de trabajo incluye un espacio vacío entre la primera área de exploración y la segunda área de exploración. En algunos aspectos, el método comprende adicionalmente: dividir una segunda región en al menos una tercera área de exploración y una cuarta área de exploración; volver a situar al menos una de la tercera área de exploración y la cuarta área de exploración; fusionar la tercera área de exploración a la pieza de trabajo; mover la hoja de lámina; y fusionar una cuarta área de exploración de las al menos dos áreas de exploración a la pieza de trabajo adyacente a la tercera área de exploración. En algunos aspectos, dividir la segunda región comprende: determinar que un área superficial de una porción de la segunda región es menor que un área de la porción restante exterior a la primera región; y designar la porción de la segunda región como la tercera área de exploración, en donde volver a situar al menos una de la tercera área de exploración y la cuarta área de exploración comprende mover la tercera área de exploración a la porción restante exterior a la primera región. En algunos aspectos, dividir la segunda región comprende: determinar que una anchura de una porción de la segunda región a lo largo de un eje es menor que un umbral; y designar la porción de la segunda región como la tercera área de exploración, en donde volver a situar al menos una de la tercera área de exploración y la cuarta área de exploración comprende mover la tercera área de exploración.

En otro aspecto, la presente divulgación se refiere a un aparato para formar un objeto usando materiales de creación a base de láminas, que comprende: una placa de creación que tiene una cara de creación; una unidad de suministro de lámina; un dispositivo de dirección de emisión de radiación; y un controlador configurado para: recibir una representación de una capa que va a formarse fusionando una o más regiones de una hoja de lámina a una pieza de trabajo; determinar que al menos una primera región de la una o más regiones define una abertura no fusionada aislada de una porción restante de la hoja de lámina; dividir la primera región en al menos dos áreas de exploración, en donde un fragmento de la abertura no fusionada adyacente a cada área de exploración está conectado a la porción restante; controlar el dispositivo de dirección de emisión de radiación para fusionar una primera área de exploración de las al menos dos áreas de exploración a la pieza de trabajo; controlar la unidad de suministro de lámina para mover la hoja de lámina; y controlar el dispositivo de dirección de emisión de radiación para fusionar una segunda área de exploración de las al menos dos áreas de exploración a la pieza de trabajo. En algunos aspectos, el controlador está configurado para: determinar que una segunda abertura no fusionada aislada de la porción restante de la hoja de lámina tiene un área menor que un umbral; y extirpar la segunda abertura no fusionada. En algunos aspectos, el controlador está configurado para extirpar la segunda porción no fusionada cuando la hoja de lámina no está en contacto con la pieza de trabajo. En algunos aspectos, el controlador está configurado para: separar la hoja de lámina de la pieza de trabajo; volver a situar la hoja de lámina con relación a la pieza de trabajo; y poner la hoja de lámina en contacto con la pieza de trabajo. En algunos aspectos, un borde de la primera área de exploración fusionada entra en contacto con un borde de la segunda área de exploración fusionada. En algunos aspectos, la pieza de trabajo incluye un espacio vacío entre la primera área de exploración y la segunda área de exploración. En algunos aspectos, el controlador está configurado para: dividir una segunda región en al menos una tercera área de exploración y una cuarta área de exploración; volver a situar al menos una de la tercera área de exploración y la cuarta área de exploración; fusionar la tercera área de exploración a la pieza de trabajo; mover la hoja de lámina; y fusionar una cuarta área de exploración de las al menos dos áreas de exploración a la pieza de trabajo adyacente a la tercera área de exploración. En algunos aspectos, el controlador está configurado para: determinar que un área superficial de una porción de la segunda región es menor que un área de la porción restante exterior a la primera región; y designar la porción de la segunda región como la tercera área de exploración; y mover la tercera área de exploración a la porción restante exterior a la primera región. En algunos aspectos, el controlador está configurado para: determinar que una anchura de una porción de la segunda región a lo largo de un eje es menor que un umbral; y designar la porción de la segunda región como la tercera área de exploración, en donde volver a situar al menos una de la tercera área de exploración y la cuarta área de exploración comprende mover la tercera área de exploración. En algunos aspectos, el aparato comprende adicionalmente un sistema de posicionamiento que puede proporcionar movimiento independiente

de la unidad de suministro de lámina y el dispositivo de dirección de emisión de radiación en al menos tres dimensiones con respecto a la cara de creación.

En otro aspecto, la presente divulgación se refiere a un aparato para fabricación aditiva de un objeto, comprendiendo el aparato: una placa de creación que tiene una cara de creación; una unidad de creación orientada hacia la cara de creación, comprendiendo la unidad de creación: una unidad de suministro de lámina y un dispositivo de dirección de emisión de radiación, en donde la unidad de creación está configurada para mover la lámina de la unidad de suministro de lámina en contacto con la placa de creación, o un objeto sobre la misma, de modo que la lámina puede irradiarse e incorporarse en el objeto; y uno o más detectores configurados para inspeccionar uno o más de la lámina, el objeto y radiación emitida o recibida por el dispositivo de dirección de emisión de radiación. En algunos aspectos, el aparato comprende adicionalmente un controlador configurado para recibir datos del uno o más detectores y ajustar uno o más de radiación emitida por una fuente de energía y/o el dispositivo de dirección de emisión de radiación, la unidad de suministro de lámina, la unidad de creación o el uno o más detectores basándose en los datos recibidos. En algunos aspectos, el uno o más detectores están ubicados entre la placa de creación y la unidad de suministro de lámina y están configurados para inspeccionar el objeto. En algunos aspectos, el uno o más detectores comprenden un escáner térmico configurado para inspeccionar el objeto y generar un perfil térmico del objeto. En algunos aspectos, el uno o más detectores comprenden un detector electromagnético configurado para aplicar una corriente eléctrica al objeto y medir una propiedad magnética de corrientes parásitas generadas dentro del objeto. En algunos aspectos, el uno o más detectores comprenden un escáner de tomografía computarizada. En algunos aspectos, el uno o más detectores están configurados para inspeccionar antes de la finalización del objeto. En algunos aspectos, el aparato comprende adicionalmente un dispositivo de recogida de lámina configurado para recibir una porción restante de la lámina después de irradiación, en donde el uno o más detectores están configurados para inspeccionar la porción restante.

En otro aspecto, la presente divulgación se refiere a un método que comprende: situar una unidad de creación con respecto a una placa de creación que tiene una cara; dispensar, por la unidad de creación, una capa de lámina de metal orientada hacia la cara de la placa de creación; volver a situar la unidad de creación para poner la lámina en contacto con la cara de la placa de creación o un objeto sobre la misma; fusionar áreas seleccionadas de la respectiva capa de lámina de metal a la superficie de trabajo en la cara de la placa de creación o el objeto; retirar porciones restantes de la respectiva capa de lámina de metal del objeto; e inspeccionar, por un detector, al menos una de la capa de lámina de metal, el objeto o las porciones restantes de la respectiva capa de lámina de metal. En algunos aspectos, el método incluye al menos una etapa de inspección, por un detector, de la capa de lámina de metal antes de la fusión o inspección, por un detector, del objeto. En algunos aspectos, el método comprende adicionalmente transmitir datos sobre la capa de lámina de metal del detector a un controlador, comparar los datos a un modelo para la lámina y ajustar la lámina de acuerdo con el modelo. En algunos aspectos, el método comprende adicionalmente transmitir datos sobre el objeto desde el detector a un controlador y comparar los datos a un modelo para el objeto. En algunos aspectos, el método comprende adicionalmente: determinar que los datos sobre el objeto difieren del modelo para el objeto en más de una cantidad umbral; y detener un proceso de creación para el objeto.

Estos y otros aspectos de la invención, que se define por las reivindicaciones adjuntas, se entenderán más completamente tras una revisión de la descripción detallada, que sigue.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra un ejemplo de un aparato para AM de acuerdo con métodos convencionales.

La Figura 2A muestra un diagrama esquemático de un aparato para AM de acuerdo con una primera realización de la presente divulgación.

La Figura 2B muestra un diagrama esquemático de suministro de una longitud de material de creación nuevo de acuerdo con una primera realización de la presente divulgación.

La Figura 2C muestra un diagrama esquemático del corte e irradiación de una porción de material de creación en la preparación de una nueva capa de acuerdo con una primera realización de la presente divulgación.

La Figura 2D muestra un diagrama esquemático del aparato después de fusionar de la nueva capa al objeto de acuerdo con una primera realización de la presente divulgación.

La Figura 2E muestra un diagrama esquemático de un aparato para AM con la monitorización del proceso de acuerdo con una primera realización de la presente divulgación.

La Figura 3A muestra un diagrama esquemático de un aparato para AM de acuerdo con una segunda realización de la presente divulgación.

La Figura 3B muestra un diagrama esquemático de suministro de una hoja de material de creación nueva de acuerdo con una segunda realización de la presente divulgación.

La Figura 3C muestra un diagrama esquemático del corte e irradiación de una porción de material de creación en la preparación de una nueva capa de acuerdo con una segunda realización de la presente divulgación.

La Figura 3D muestra un diagrama esquemático del aparato después de la fusión de la nueva capa al objeto de acuerdo con una segunda realización de la presente divulgación. La Figura 3E muestra un diagrama esquemático de un aparato para AM con la monitorización del proceso de acuerdo con una segunda realización de la presente divulgación.

La Figura 4A muestra un diagrama esquemático de un aparato para AM de acuerdo con una tercera realización de la presente divulgación.

La Figura 4B muestra un diagrama esquemático de suministro de una longitud de material de creación nuevo de acuerdo con una tercera realización de la presente divulgación.

La Figura 4C muestra un diagrama esquemático del corte e irradiación de una porción de material de creación en la preparación de una nueva capa de acuerdo con una tercera realización de la presente divulgación.

La Figura 4D muestra un diagrama esquemático del aparato después de fusionar de la nueva capa al objeto de acuerdo con una tercera realización de la presente divulgación.

La Figura 4E muestra un diagrama esquemático de un aparato para AM con la monitorización del proceso de acuerdo con una tercera realización de la presente divulgación.

La Figura 5A muestra un diagrama esquemático de un aparato para AM de acuerdo con una cuarta realización de la presente divulgación.

La Figura 5B muestra un diagrama esquemático de suministro de una hoja de material de creación nuevo de acuerdo con una cuarta realización de la presente divulgación.

La Figura 5C muestra un diagrama esquemático del corte e irradiación de una porción de material de creación en la preparación de una nueva capa de acuerdo con una cuarta realización de la presente divulgación.

La Figura 5D muestra un diagrama esquemático del aparato después de fusionar de la nueva capa al objeto de acuerdo con una cuarta realización de la presente divulgación. La Figura 5E muestra un diagrama esquemático de un aparato para AM con la monitorización del proceso de acuerdo con una cuarta realización de la presente divulgación.

La Figura 6 muestra un diagrama esquemático de una capa de ejemplo que va a añadirse a un objeto usando cualquiera de los aparatos de la presente divulgación.

La Figura 7 muestra un diagrama esquemático de la capa de ejemplo de la Figura 7 reorganizada de acuerdo con un aspecto de la presente divulgación.

Descripción detallada

La descripción detallada expuesta a continuación en conexión con los dibujos adjuntos se concibe como una descripción de diversas configuraciones y no pretende representar las únicas configuraciones en las que pueden ponerse en práctica los conceptos descritos en este documento. La descripción detallada incluye detalles específicos para el propósito de proporcionar un entendimiento completo de diversos conceptos. Sin embargo, será evidente para los expertos en la materia que estos conceptos pueden ponerse en práctica sin estos detalles específicos. En algunos casos, se muestran componentes bien conocidos en forma de diagrama de bloques para evitar obstaculizar tales conceptos.

Fabricación aditiva a gran escala móvil usando materiales de creación a base de láminas

La presente solicitud se refiere a métodos y aparatos para fabricación aditiva a gran escala móvil usando materiales de creación a base de láminas. De acuerdo con la presente divulgación, la fabricación aditiva se lleva a cabo en una cara de una placa de creación, usando materiales de creación a base de láminas. Usar una hoja de un metal de "lámina" delgada colocada por encima de una región de interés permite que el usuario incida el lado opuesto de la lámina con una fuente de radiación y suelde la lámina inmediatamente bajo el punto de irradiación de la superficie por debajo. Tal tecnología crea una nueva capa del objeto de la lámina de la misma manera que una impresora de cama de polvo convencional. Sin embargo, los métodos de la presente divulgación tienen las ventajas de no manejar polvo, sin revestimiento ni tiempo de revestimiento, sin atascos del revestidor ni desacoplamiento gravitacional ya que la tecnología puede operarse para imprimir en ángulos, al revés o en gravedad cero.

En algunos aspectos, el método y aparato de la presente divulgación pueden incluir también una monitorización de proceso. Sin cama de polvo, el objeto o la pieza que crece puede ser siempre visible. Esta visibilidad permite la inspección en tiempo real que incluye, pero sin limitación, inspección de finalización superficial; examinación de tolerancia dimensional, ya sea mediante sonda, generador de rangos láser o cámara; e inspección metalúrgica microscópica. En algunos aspectos, la monitorización de proceso puede incluir la post-inspección del objeto o parte finalizado, de la capa más recientemente completada, de porciones restantes de la lámina o una combinación de lo anterior. La monitorización de proceso de acuerdo con la presente divulgación puede facilitar la determinación del estado de la pieza u objeto antes que en la fabricación aditiva basada en cama de polvo. Las tecnologías existentes y las modalidades para monitorización de proceso, tal como exploración CT, pueden usarse con la presente divulgación, en serie o en paralelo con el proceso de creación o post-creación.

Algunos de tales aspectos pueden incluir adicionalmente control de bucle cerrado, lo que puede proporcionar la capacidad de realizar monitorización capa a capa de modelos de deformación y ajuste del proceso de creación a medida que surgen características geométricas indeseadas (u otras). Además de corregir características del objeto, monitorización de proceso y control de bucle cerrado puede facilitar también la monitorización de la condición de equipo de fabricación aditiva. La visibilidad de la pieza durante su creación posibilita la realimentación y corrección en tiempo real. En algunos aspectos, puede usarse un algoritmo de bucle cerrado de múltiples sensores para la modificación del progreso de la exploración. Las capacidades de inspección mejoradas pueden facilitar la compensación de creación "sobre la marcha" para obtener un producto final más deseable (es decir, el objeto) con respecto a la geometría del producto u otras propiedades.

Como se usa en el presente documento, un "material de creación basado en lámina" es una hoja de metal delgada continua, uniforme, sólida, convencionalmente preparada mediante martillado o laminado. En algunos aspectos de la presente divulgación, los materiales de creación a base de láminas no comprenden un soporte o portador. Las láminas adecuadas para su uso con la presente divulgación pueden usarse en forma de rollos de lámina, que pueden estar o no previamente perforados o en forma de hojas de lámina pre-cortadas. Los materiales de creación a base de láminas adecuados para su uso con la presente divulgación incluyen, pero sin limitación, aluminio, cobalto-cromo, HS188, acero martensítico, aceros inoxidable, acero para herramientas, níquel, titanio, cobre, estaño, cobalto, niobio, tantalio, aluminio de titanio gamma, Inconel 625, Inconel 718, Inconel 188, Haynes 188®, Haynes 625®, Super Alloy Inconel 625™, Chronin® 625, Altemp® 625, Nickelvax® 625, Nicrofer® 6020, Inconel 188 y cualquier otro material que tenga propiedades atractivas para la formación de componentes que usan las técnicas anteriormente mencionadas.

Como se usa en el presente documento, un material es "opaco" a la radiación si el material no transmite radiación de entrada.

Como se usa en el presente documento, para "modular" un haz de energía de una fuente de energía incluye uno o más de ajustar un ángulo del haz, ajustar un foco del haz y traducir un dispositivo de dirección de emisión de radiación en al menos una dimensión. Los dispositivos de dirección de emisión de radiación adecuados para su uso de acuerdo con la presente divulgación incluyen, pero sin limitación, escáneres galvo y bobinas deflectoras. En algunos aspectos, un dispositivo de dirección de emisión de radiación puede modular un haz de energía de una fuente de energía doblando y/o reflejando el haz de energía para explorar diferentes regiones en una cara de creación y/o mediante movimiento xyz del dispositivo de dirección de emisión de radiación, que puede alojarse opcionalmente en una unidad de creación.

Como se usa en el presente documento, "radiación" hace referencia a energía en forma de ondas o partículas, que incluyen, pero sin limitación, calor, ondas de radio, luz visible, rayos x, radioactividad, radiación acústica y radiación gravitacional.

Las Figuras 2A-2D muestran diagramas esquemáticos de un aparato 240 de acuerdo con una primera realización de la presente divulgación.

El aparato 240 comprende una placa de creación con una cara 244, que está disponible para crear un objeto mediante fabricación aditiva (Figura 2A). En algunos aspectos, la placa de creación y la cara 244 radican en un plano xy, teniendo lugar la creación en la dirección z con relación a la cara 244. Como se usa en el presente documento, el término "encima" puede significar alejado en la dirección z. Debería apreciarse que el aparato 240 puede no estar confinado a una orientación gravitacional particular. Es decir, aunque la dirección z se extiende verticalmente opuesta a una dirección gravitacional para el aparato convencional 100, el aparato 240 puede operar con una dirección z transversal a la dirección gravitacional, opuesta a la dirección de gravitación o en gravedad cero.

Se usa una unidad de creación 275 que comprende el sistema de posicionamiento 275a, 275b para la unidad de suministro de lámina 276a, que comprende el suministro de lámina 276 y el recolector de lámina 277, para crear un objeto 252 usando la lámina 278. En algunos aspectos, el sistema de posicionamiento 275a, 275b permite el movimiento de la unidad de suministro de lámina 276a en tres dimensiones. En algunos aspectos, la unidad de creación 275 aloja un dispositivo de dirección de emisión de radiación, tal como el escáner galvo 262, que puede usarse para modular el haz de energía 270 de la fuente de energía 250. Por ejemplo, el escáner galvo 262 puede reflejar o doblar el haz de energía 270 para explorar diferentes regiones en la cara 244 o un objeto sobre la misma. En tales aspectos, moviéndose a una ubicación particular con respecto a la cara 244, la unidad de creación 275 puede limitar el ángulo θ_2 de haz de energía 270 usado para explorar la cara 244. El ángulo limitado puede proporcionar fusión más consistente de la lámina. En otros aspectos, el escáner galvo 262 no está contenido dentro de la unidad de creación 275.

En algunos aspectos, la fuente de energía 250 es una fuente láser. En otros aspectos, la fuente de energía 250 es una fuente de haz de electrones. En tales aspectos, se opera el aparato 240 bajo condiciones de vacío. En algunos de tales aspectos, el dispositivo de dirección de emisión de radiación es una bobina deflectora. La fuente de energía 250 puede ser una fuente láser bajo condiciones de vacío o de no vacío.

En algunos aspectos, la unidad de creación 275 está fijada a un sistema de posicionamiento, tal como un pórtico o un cabezal coordinado multidimensional (por ejemplo, un brazo robótico), movable en al menos tres dimensiones, que pueden ser, por ejemplo, las coordenadas x, y, z, durante la operación, para situar el dispositivo de dirección de emisión de radiación (representado como un escáner galvo 262) y/o la unidad de suministro de lámina 276a con relación a la cara de la placa de creación 244 y/o el objeto 252. Además, la unidad de creación 275 preferentemente puede girarse en todas las direcciones, con balanceo, cabeceo y guiñada. Como resultado, la unidad de creación 275 puede operar preferentemente al revés o a cualquier ángulo.

En una primera realización, la unidad de suministro de lámina 276a suministra un rollo continuo de un material de creación en forma de una lámina.

Las Figuras 2B-2D representan etapas de un método de fabricación aditiva de acuerdo con una primera realización de la presente divulgación. En algunos aspectos, la unidad de suministro de lámina 276a contiene un rollo de suministro de lámina 276 y un rollo de recogida 277. El rollo de suministro 276 suministra una longitud de lámina reciente 278, que se extiende a través de una cara de la placa de creación 244, después de lo cual se crea el objeto 252, en la dirección 282 hacia el rollo de recogida 277 (Figuras 2A-2B).

En algunos aspectos, se suministra el rollo de suministro 276 como un cartucho para instalarse en la unidad de suministro de lámina. El cartucho puede ser una unidad sellada que protege la lámina de los elementos externos antes de la inserción en el aparato 240. En tales aspectos, el cartucho puede suministrar la lámina manual o automáticamente después de la inserción del cartucho. En tales aspectos, después de que se han gastado todos los materiales del cartucho, el cartucho puede retirarse o quitarse, y puede insertarse un cartucho nuevo (manualmente) o recogerse (automáticamente), permitiendo que continúe el proceso de creación.

En algunos aspectos, se aplica un flujo de gas laminar 281 al área de creación (Figura 2C). Los gases adecuados para su uso en el flujo de gas laminar incluyen, pero sin limitación, nitrógeno, argón, helio y combinaciones de los mismos. El flujo laminar puede efectuarse mediante cualquier medio adecuado conocido para los expertos en la materia, tal como usando un dispositivo de flujo de gas 285, por ejemplo, como se desvela en la Solicitud de Patente de Estados Unidos N.º 15/406.454, con n.º de expediente del mandatario 313524/037216.00060, presentada el 13 de enero de 2017, que se incorpora en el presente documento por referencia en su totalidad. En algunos aspectos, el dispositivo de flujo de gas 285 puede estar adaptado para proporcionar un entorno de oxígeno reducido. Durante la operación, si se usa un flujo de gas laminar, entonces la fuente de energía 250 es una fuente láser y el haz de energía 270 es un haz láser. Esto facilita la retirada de la pluma de efluente provocada por la fusión del láser.

Cuando se irradia una capa de lámina, el humo, los condensados y otras impurezas fluyen en la zona de flujo de gas laminar 281 y se transfieren lejos de la lámina y el objeto que se está formando por el flujo de gas laminar. El humo, los condensados y otras impurezas fluyen en la porción de salida de gas a baja presión y se recogen eventualmente en un filtro, tal como un filtro HEPA. Manteniendo el flujo laminar, el humo, los condensados y otras impurezas anteriormente mencionadas pueden retirarse eficazmente mientras que también se enfrían rápidamente el charco o charcos de fusión creados por el láser, sin interrumpir la capa de lámina, dando como resultado piezas de calidad superior con características metalúrgicas mejoradas. En un aspecto, el flujo de gas en el volumen de flujo de gas es de aproximadamente 3 metros por segundo. El gas puede fluir en la dirección x o la y.

El contenido de oxígeno del segundo entorno atmosférico controlado, si está presente, es generalmente aproximadamente igual al contenido de oxígeno del primer entorno atmosférico controlado (la zona de flujo de gas laminar 281), aunque no tiene que serlo. El contenido de oxígeno de ambos entornos atmosféricos controlados es preferentemente relativamente bajo. Por ejemplo, puede ser del 1 % o menor, o más preferentemente del 0,5 % o menor, o aún más preferentemente del 0,1 % o menor. Los gases distintos del oxígeno pueden ser cualquier gas adecuado para el proceso. Por ejemplo, el nitrógeno obtenido separando el aire ambiente puede ser una opción conveniente para algunas aplicaciones. Algunas aplicaciones pueden usar otros gases tales como helio, neón o argón. Una ventaja de la presente divulgación es que es mucho más fácil de mantener en un entorno de bajo oxígeno en el volumen relativamente pequeño del primer y segundo entornos atmosféricos controlados. Se prefiere que únicamente volúmenes relativamente más pequeños requieran tal control atmosférico relativamente estrecho, como se desvela en la Solicitud de Patente de Estados Unidos N.º 15/406.454, con n.º de expediente del mandatario 313524/037216.00060, presentada el 13 de enero de 2017, que se incorpora en el presente documento por referencia en su totalidad. Por lo tanto, de acuerdo con la presente divulgación, se prefiere que el primer y segundo entornos atmosféricos controlados puedan ser, por ejemplo, 100 veces más pequeños en términos de volumen de creación que el entorno de creación. La primera zona de gas, y, análogamente, el dispositivo de flujo de gas 285, pueden tener un área en sección transversal xy más grande que es menor que el área en sección transversal xy más pequeña del objeto 252. No hay límite particular en el tamaño del objeto 252 con relación a la primera zona de gas 281 y/o al dispositivo de flujo de gas 285. Ventajosamente, el dispositivo de dirección de emisión de radiación (ilustrado, por ejemplo, como el escáner galvo 262) dispara a través de la primera y segunda zonas de gas, que son zonas de oxígeno relativamente bajo. Cuando la primera zona de gas es una zona de flujo de gas laminar 281, con flujo de gas sustancialmente laminar, el haz de energía 270 es un haz láser con una línea de visión más despejada al objeto, debido a la retirada eficaz anteriormente mencionada de humo, condensados y otros contaminantes o impurezas.

En algunos aspectos, la unidad de creación comprende un dispositivo de flujo de gas 285 adaptado para proporcionar un flujo de gas sustancialmente laminar a una zona de flujo de gas laminar 281 dentro de aproximadamente cinco centímetros (dos pulgadas) de, y sustancialmente paralela a, una superficie de trabajo, tal como una placa de creación 244 o un objeto 252 sobre la misma. El dispositivo de flujo de gas 285 puede estar adaptado para mantener una zona de flujo de gas laminar 281, para proporcionar un entorno bajo en oxígeno alrededor de la superficie de trabajo en una región por debajo de la unidad de creación. Puede haber también una zona de gas de oxígeno reducido por encima de la zona de flujo de gas laminar 281. En algunos aspectos, ambas zonas de gas pueden estar contenidas dentro de una zona de contención que rodea al menos la unidad de creación y el sistema de posicionamiento. En algunos aspectos, la unidad de creación puede estar encerrada al menos parcialmente para formar un entorno bajo en oxígeno por encima del área de creación de la superficie de trabajo, es decir, alrededor de la ruta del haz 270.

En la realización ilustrada en la Figura 2B, la zona de flujo de gas laminar 281 es esencialmente el volumen de dispositivo de flujo de gas 285, es decir, el volumen definido por las superficies vertical (xz) de la porción de entrada presurizada 283 y la porción de salida presurizada 284 y extendiendo superficies imaginarias desde los respectivos bordes superior e inferior de la porción de entrada de los bordes superior e inferior de la porción de salida del plano xy.

En algunos aspectos, se aplica el flujo de gas laminar 281 sustancialmente paralelo a la cara de la longitud de lámina nueva 278 que no mira al objeto 252 o a la cara de la placa de creación 244, dando lugar a una lámina activa 280. Situar el dispositivo de flujo de gas 285 y la aplicación de flujo de gas laminar 281 minimiza cualquier distancia entre la lámina activa 280 y el objeto 252 o, cuando se crea la capa inicial del objeto 252, entre la lámina activa 280 y la cara de la placa de creación 244, estableciendo así contacto entre la lámina activa 280 y el objeto 252 o, cuando se crea la capa inicial del objeto, entre la lámina activa 280 y la cara de la placa de creación 244. En algunos aspectos, el aparato 240 puede comprender adicionalmente otros rollos para ayudar a establecer contacto entre la lámina activa 280 y el objeto 252 o, cuando se crea la capa inicial del objeto, entre la lámina activa 280 y la placa/cara de creación 244. Los rollos pueden moverse en la dirección z con respecto al rollo de suministro de lámina 276 para poner la lámina activa 280 en contacto con el objeto 252 o la cara de la placa de creación 244, tal como formando curvas 286, 287 en la lámina activa 280, y retrayendo la lámina activa 280 a partir de la misma.

A continuación, se usa el haz de energía 270 para cortar la lámina activa 280 (Figura 2C) para producir una capa adicional 258 (Figura 2D). Como se usa en el presente documento, "cortar" la lámina activa de acuerdo con la presente divulgación se refiere a separar la capa adicional 258 (o la porción de la lámina 280 que se volverá la capa adicional 258) del volumen de la lámina activa 280. El corte se realiza preferentemente por el haz de energía 270. En algunos aspectos, la capa 258 puede ser la capa inicial en la fabricación del objeto 252. En algunos aspectos, la capa 258 puede ser la capa final en la fabricación del objeto 252. En algunos aspectos, la capa 258 puede ser una capa intermedia en la fabricación del objeto 252.

En algunos aspectos, el haz de energía 270 irradia en primer lugar a lo largo de un perímetro 254 de la capa 258 para que se añada para fusionar la lámina activa 280 al objeto 252 en el perímetro 254 (Figura 2C). En algunos aspectos, la irradiación corta simultáneamente a través de la lámina activa 280. En otros aspectos, el haz de energía 270 corta la lámina activa 280 a lo largo del perímetro 254 antes de la irradiación dentro del perímetro 254 para fusionar la capa 258 al objeto 252. En otros aspectos, el haz de energía 270 irradia a lo largo del perímetro 254 para fusionar la lámina activa 280 al objeto 252 en el perímetro 254, y a continuación el haz de energía 270 corta la lámina activa 280 a lo largo del perímetro 254.

En algunos aspectos, después de cortar y de irradiar (de manera simultánea o secuencial en cualquier orden) a lo largo del perímetro 254, el haz de energía 270 irradia el área 256 de una manera de relleno por trama, para fusionar la lámina activa 280 al objeto 252.

En otros aspectos, el haz de energía 270 irradia en primer lugar el área 256 de una manera de relleno por trama, para fusionar la lámina activa 280 al objeto 252, y a continuación corta e irradia a lo largo del perímetro 254 de la capa añadida. En tales aspectos, el corte e irradiación a lo largo del perímetro 254 puede tener lugar de manera simultánea o secuencial en cualquier orden.

Los ajustes adecuados para el haz de energía 270, la fuente de energía 250 y/o el dispositivo de dirección de emisión de radiación (ilustrado como, por ejemplo, el escáner galvo 262) para cortar la lámina activa 280 y para irradiar la lámina activa 280 ya sea a lo largo del perímetro 254 o en un área 256 son conocidos o pueden determinarse por los expertos en la materia.

La finalización del corte y la irradiación a lo largo del perímetro 254 crea un orificio 260, desde donde el cual se añade la nueva capa 258 al objeto 252, en la porción restante 279 (Figura 2D). En algunos aspectos, puede reducirse o eliminarse el flujo de gas laminar 281 tras la creación de un orificio 260 y/o el relleno por trama del área 256, para mejorar la separación de la porción restante 279 del objeto 252. La porción restante 279 puede a continuación avanzarse en la dirección 282 sobre el rollo de recogida 277, para proporcionar una nueva longitud de lámina 278 para crear la siguiente capa. En algunos aspectos, no se crean capas adicionales. En algunos aspectos, se crea una o más capas adicionales.

En algunos aspectos, el aparato 240 puede comprender adicionalmente uno o más detectores para monitorización de proceso (Figura 2E). El proceso de creación representado en las Figuras 2B-2D refleja el haz de radiación de retorno 289, que recorre de vuelta al escáner galvo 262 y a continuación al fotodetector 288, que analiza el haz de radiación de retorno 289 para propiedades tales como, pero sin limitación. Además, el aparato 240 puede comprender adicionalmente detectores 290, 291 para inspeccionar la lámina y el objeto 252, respectivamente. La inspección por el detector 290 de la lámina puede incluir la inspección de uno o más del suministro de la lámina 276, el rollo de recogida 277, la lámina nueva 278, la lámina activa 280 y la porción restante 279. El detector 291 puede ubicarse por debajo de una capa de creación actual. Es decir, al menos una vez que el objeto 252 alcanza un tamaño umbral en la dimensión z, el detector 291 se extiende en la dimensión z menos que el tamaño del objeto 252 en la dimensión z. Esta posición permite que el detector 291 observe directamente el objeto 252 sin que la unidad de creación 275

interfiera en la observación. Adicionalmente, una perspectiva de este tipo puede no estar disponible en un aparato basado en polvo debido a que el polvo no fusionado evitaría la observación directa del objeto 252. El detector 291 puede proporcionar realimentación con respecto a porciones finalizadas del objeto 252 antes de que se haya completado todo el objeto 252. Los detectores 290, 291 puede cada uno ser independientemente cualquier detector adecuado, tal como, pero sin limitación, una cámara o un escáner térmico. En un aspecto, el detector 291 puede ser un detector electromagnético. El detector 291 puede aplicar una corriente eléctrica al objeto 252. El detector 291 puede observar corrientes parásitas dentro del objeto 252. Las corrientes parásitas pueden indicar huecos o fracturas dentro del objeto 252 que modifican un patrón esperado. Por consiguiente, pueden detectarse defectos en cualquier etapa temprana del proceso de creación.

En algunos aspectos, los detectores 288, 290 y 291 transmiten datos a un controlador, que puede ser un ordenador. En algunos aspectos, el método puede incluir ajustar el proceso de creación en respuesta a los datos. Pueden determinarse ajustes adecuados por los expertos en la materia basándose en los datos y en el conocimiento del objeto deseado 252 que va a crearse. Los ajustes adecuados pueden incluir, pero sin limitación, ajustar uno o más de la frecuencia o intensidad de haz de energía 270; volver a situar uno o más del rollo de suministro 276, el rollo de recogida de exceso 277, el dispositivo de flujo de gas 285, la unidad de creación 275 y los detectores 288, 290 o 291. Pueden realizarse ajustes por un controlador, tal como un ordenador, automática o manualmente.

Las Figuras 3A-D muestran diagramas esquemáticos de un aparato 340 de acuerdo con una segunda realización de la presente divulgación. El aparato 340 puede ser similar en algunos aspectos al aparato 240.

El aparato 340 comprende una placa de creación con una cara 344, que está disponible para crear un objeto mediante fabricación aditiva (Figura 3A). En algunos aspectos, la placa de creación y la cara 344 radican en un plano xy, teniendo lugar la creación en la dirección z con relación a la cara 344. Como se usa en el presente documento, el término "encima" puede significar alejado en la dirección z. Debería apreciarse que el aparato 340 puede no estar confinado a una orientación gravitacional particular. Es decir, aunque la dirección z se extiende verticalmente opuesta a una dirección gravitacional para el aparato 100, el aparato 340 puede operar con una dirección z transversal a la dirección gravitacional, opuesta a la dirección gravitacional o en gravedad cero.

Se usa una unidad de creación 375 que comprende el sistema de posicionamiento 375a, 375b para la unidad de suministro de lámina 376a, que comprende el suministro de lámina 376 y el recolector de lámina 377, para crear un objeto 352 usando la lámina 378. En algunos aspectos, el sistema de posicionamiento 375a, 375b permite el movimiento de la unidad de suministro de lámina 376a en tres dimensiones. La unidad de creación 375 puede ser similar en algunos aspectos a la unidad de creación 275. En algunos aspectos, la unidad de creación 375 aloja un dispositivo de dirección de emisión de radiación, tal como el escáner galvo 362, que puede usarse para modular el haz de energía 370 de la fuente de energía 350. Por ejemplo, el escáner galvo 362 puede reflejar o doblar el haz de energía 370 para explorar diferentes regiones en la cara 344 o un objeto sobre la misma. En tales aspectos, moviéndose a una ubicación particular con respecto a la cara 344, la unidad de creación 375 puede limitar el ángulo θ_3 de haz de energía 370 usado para explorar la cara 344. Este ángulo limitado puede proporcionar fusión más consistente de la lámina. En otros aspectos, el escáner galvo 362 no está contenido dentro de la unidad de creación 375.

En algunos aspectos, la fuente de energía 350 es una fuente láser. En otros aspectos, la fuente de energía 350 es una fuente de haz de electrones. En tales aspectos, se opera el aparato 340 bajo condiciones de vacío. En algunos de tales aspectos, el dispositivo de dirección de emisión de radiación es una bobina deflectora. La fuente de energía 350 puede ser una fuente láser bajo condiciones de vacío o de no vacío.

En algunos aspectos, la unidad de creación 375 está fijada a un sistema de posicionamiento, tal como un pórtico, movable en al menos tres dimensiones, que pueden ser, por ejemplo, las coordenadas x, y, z, durante la operación, para situar el dispositivo de dirección de emisión de radiación (ilustrado como, por ejemplo, el escáner galvo 362) y/o la unidad de suministro de lámina 376a con relación a la cara de la placa de creación 344 y/o al objeto 352. Además, la unidad de creación 375 puede girarse preferentemente en al menos dos dimensiones, es decir, en el plano xy, alrededor del eje z.

En una segunda realización, la unidad de suministro de lámina 376a suministra hojas pre-cortadas de lámina.

Las Figuras 3B-3D representan etapas de un método de fabricación aditiva de acuerdo con una segunda realización de la presente divulgación. En algunos aspectos, la unidad de suministro de lámina 376a contiene un cartucho de hoja 376 y un contenedor de descarte 377 (Figuras 3A-3B). El contenedor de descarte 377 puede ser de carga superior, de carga inferior o de carga lateral y puede estar cubierto o no cubierto. En otros aspectos, la unidad de suministro de lámina 376a contiene un cartucho de hoja 376 y ningún contenedor de descarte. El cartucho de hoja 376 suministra una hoja nueva de lámina 378, que se extiende a través de una cara de la placa de creación 344, tras la que se crea el objeto 352. El cartucho puede ser una unidad sellada que protege la lámina de los elementos externos antes de la inserción en el aparato 340. La Figura 3B muestra una vista por encima simplificada de un diagrama esquemático del aparato 340 antes de que el cartucho de hoja 376 dispense una hoja 378 de lámina. En algunos aspectos, el cartucho de hoja 376 almacena múltiples hojas 378 de lámina. Los cartuchos de hoja 376 pueden suministrar cada hoja 378 de

lámina manual o automáticamente después de la inserción del cartucho. Después de que se han gastado todos los materiales del cartucho 376, el cartucho 376 puede retirarse o quitarse, y puede insertarse un cartucho nuevo (manualmente) o recogerse (automáticamente), permitiendo que continúe el proceso de creación.

- 5 De acuerdo con una segunda realización de la presente divulgación, el cartucho de hoja 376 dispensa una hoja activa 380 sobre el objeto 352 (no mostrado) o, en el caso de crear una capa inicial de un objeto, sobre la cara de la placa de creación 344 (Figura 3C).

- 10 En algunos aspectos, se aplica un flujo de gas laminar (no mostrado) a la cara de la hoja activa 380 que no mira al objeto 352 o a la placa de creación 344. La aplicación de flujo de gas laminar puede ayudar a minimizar cualquier distancia entre la hoja activa 380 y el objeto 352, mejorando de esta manera así el contacto entre la lámina activa 380 y el objeto 352 o, cuando se crea la capa inicial del objeto, entre la lámina activa 380 y la cara de la placa de creación 344. Durante la operación, si se usa un flujo de gas laminar, la fuente de energía 350 es una fuente láser y el haz de energía 370 es un haz láser. El flujo de gas laminar de acuerdo con la segunda realización de la presente divulgación puede ser similar en algunos aspectos al flujo de gas laminar de acuerdo con la primera realización de la presente divulgación.

- 20 A continuación, se usa el haz de energía 370 para cortar la lámina activa 380 (Figura 3C) para producir una capa del objeto 352 (no mostrada). Cortar la lámina activa de acuerdo con la segunda realización de la presente divulgación puede ser similar en algunos aspectos a cortar la lámina activa de acuerdo con la primera realización de la presente divulgación. En algunos aspectos, la capa puede ser la capa inicial en la fabricación del objeto 352. En algunos aspectos la capa puede ser la capa final en la fabricación del objeto 352. En algunos aspectos, la capa puede ser una capa intermedia en la fabricación del objeto 352.

- 25 En algunos aspectos, el haz de energía 370 irradia en primer lugar a lo largo de un perímetro 354 de la capa 358 para que se añada para fusionar la hoja activa 380 al objeto 352 en el perímetro 354 (Figura 3C). En algunos aspectos, la irradiación corta simultáneamente a través de la lámina activa 380. En otros aspectos, el haz de energía 370 corta la lámina activa 380 a lo largo del perímetro 354 antes de irradiación a lo largo del perímetro 354 para fusionar la lámina activa 380 al objeto 352 en el perímetro 354, y a continuación el haz de energía 370 irradia la hoja activa 380 a lo largo del perímetro 354.

- 35 En algunos aspectos, después de cortar y de irradiar (de manera simultánea o secuencial en cualquier orden) a lo largo del perímetro 354, el haz de energía 370 irradia el área 356 de una manera de relleno por trama, para fusionar la lámina activa 380 al objeto 352.

- 40 En otros aspectos, el haz de energía 370 irradia en primer lugar el área 356 de una manera de relleno por trama, para fusionar la lámina activa 380 al objeto 352, y a continuación corta e irradia a lo largo del perímetro 354 de la capa añadida. En tales aspectos, el corte e irradiación a lo largo del perímetro 354 puede tener lugar de manera simultánea o secuencial en cualquier orden.

- 45 Los ajustes adecuados para el haz de energía 370, la fuente de energía 350 y/o el dispositivo de dirección de emisión de radiación (ilustrado como, por ejemplo, el escáner galvo 362) para cortar la lámina activa 380 y para irradiar la lámina activa 380 a lo largo del perímetro 354 o en un área 356 son conocidos o pueden determinarse por los expertos en la materia.

- 50 La finalización del corte y la irradiación a lo largo del perímetro 354 crea un orificio 360, desde donde el cual se añade una nueva capa al objeto 352, en la porción restante 379 (Figuras 3C-3D). En algunos aspectos, puede reducirse o eliminarse el flujo de gas laminar tras la creación de un orificio 360 y/o el relleno por trama del área 356, para mejorar la separación de la porción restante 379 del objeto 352. A continuación, puede moverse la porción restante 379 en el contenedor de descarte 377, manual o automáticamente, tal como mediante la dispensación de una nueva hoja activa 380 en la parte superior del objeto 352 para crear la siguiente capa. En algunos aspectos, el aparato 340 no incluye un contenedor de descarte 377 y puede comprender un brazo robótico separado para retirar la lámina de desperdicio 379 desde la cara de la placa de creación 344. En otros aspectos, el aparato 340 incluye un contenedor de descarte 377 y un brazo robótico separado para mover la lámina de desperdicio 379 en el contenedor de descarte 377.

- 55 En algunos aspectos, no se crean capas adicionales. En algunos aspectos, se crea una o más capas adicionales.

- 60 En algunos aspectos, el aparato 240 puede comprender adicionalmente uno o más detectores para monitorización de proceso (Figura 3E). El proceso de creación representado en las Figuras 3B-3D refleja el haz de radiación de retorno 389, que puede ser similar en algunos aspectos al haz de radiación de retorno 289 y viaja de vuelta al escáner galvo 362 y a continuación al fotodetector 388. El fotodetector 388 puede ser similar en algunos aspectos al fotodetector 288. Además, el aparato 340 puede comprender adicionalmente los detectores 390, 391, que pueden ser similares en algunos aspectos a los detectores 290, 291, respectivamente. La inspección por el detector 390 de la lámina puede incluir la inspección de uno o más del cartucho de hoja 376, el contenedor de descarte 377, la hoja de lámina 380 y la porción restante 279.

Compensación de deformación de pieza de lámina para fabricación aditiva a gran escala móvil usando materiales de creación a base de láminas

5 En un aspecto, la divulgación incluye métodos y aparatos para la compensación de deformación durante fabricación aditiva a gran escala móvil usando materiales de creación a base de láminas. En los procesos DMLM convencionales, el calor aplicado a un lado de una placa de creación puede dar como resultado deformación de la placa de creación o de una pieza de trabajo creada sobre la misma. De acuerdo con la presente divulgación, la fabricación aditiva se lleva a cabo en caras opuestas de una placa de creación, simultáneamente, usando materiales de creación a base de láminas. La creación en caras opuestas de una placa de creación simultáneamente puede minimizar la deformación de la placa de creación y/o del objeto o la pieza que se cree equilibrando la distribución de calor en ambos lados de la placa de creación. Además, crear simultáneamente en caras opuestas de una placa de creación dobla la velocidad de creación por placa, acelerando de esta manera los procesos de fabricación.

15 Las Figuras 4A-4D muestran diagramas esquemáticos de un aparato de acuerdo con una tercera realización de la presente divulgación.

El aparato 440 comprende una placa de creación con dos caras 444, 444', ambas de las cuales están disponibles para crear un objeto mediante fabricación aditiva (Figura 4A). En algunos aspectos, la placa de creación radica en un plano xy con respecto a la cara 444 y en un plano x'y' con respecto a la cara 444', teniendo lugar la creación en la dirección z con relación a la cara 444 y en la dirección z' con relación a la cara 444'. Por simplicidad, se analizará la creación de únicamente en la cara 444', pero ha de entenderse que se aplican los mismos aspectos descritos para la creación en la cara 444' a la creación en la cara 444 con igual fuerza.

25 Como se ha descrito anteriormente, la fabricación aditiva puede llevarse a cabo simultáneamente en ambas caras de la placa de creación 444, 444' del aparato 440. Las dos caras 444, 444' son preferentemente simétricas. Sin desear quedar limitado a teoría particular alguna, se cree que la fabricación aditiva simétrica simultánea en las caras 444, 444' equilibra el calor, peso y otros factores y/o fuerzas en cada cara y minimiza de esta manera la deformación del objeto y/o la placa de creación.

30 En algunos aspectos, se construyen objetos idénticos 452, 452' en las caras 444, 444' respectivamente. En otros aspectos, los objetos 452, 452' no son idénticos. En algunos de tales aspectos, los objetos 452, 452' son complementarios o suplementarios. En algunos aspectos, se usa el mismo material de creación en ambas caras 444, 444'. En otros aspectos, se usa diferente material de creación en las caras 444, 444'.

35 La creación en las caras 444, 444' puede controlarse por un controlador 401. En un aspecto, cuando se construyen objetos idénticos 452, 452', el controlador 401 recibe una única entrada para el objeto 452, por ejemplo, un modelo de diseño asistido por ordenador (CAD) del objeto. El controlador 401 genera una señal de control basándose en el objeto, por ejemplo, cortando el objeto para determinar un patrón de exploración para cada capa. La señal de control se envía a continuación a ambos lados del aparato 440. Por consiguiente, los respectivos componentes (por ejemplo, las unidades de creación 475, 475') se controlan concurrentemente. En cualquier punto durante el proceso de creación, los objetos 452, 452' pueden ser sustancialmente idénticos. Adicionalmente, las propiedades térmicas y las fuerzas aplicadas a los dos lados del aparato 440 pueden ser similares. Por lo tanto, el aparato 400 puede doblar la velocidad de creación del aparato 240 y puede reducir potencialmente la deformación debido a las diferencias térmicas y a las fuerzas desequilibradas.

45 Se usa una unidad de creación 475' que comprende el sistema de posicionamiento 475a', 475b' para la unidad de suministro de lámina 476a', que comprende el suministro de lámina 476' y el recolector de lámina 477', para crear un objeto 452' usando la lámina 478'. En algunos aspectos, el sistema de posicionamiento 475a', 475b' permite el movimiento de unidad de suministro de lámina 476a' en tres dimensiones. En algunos aspectos, la unidad de creación 475' aloja un dispositivo de dirección de emisión de radiación, tal como el escáner galvo 462', que puede usarse para modular el haz de energía 470' de la fuente de energía 450'. Por ejemplo, el escáner galvo 462' puede reflejar o doblar el haz de energía 470' para explorar diferentes regiones en la cara 444' o un objeto sobre la misma. En tales aspectos, moviéndose a una ubicación particular con respecto a la cara 444', la unidad de creación 475' puede limitar el ángulo θ_4 de haz de energía 470' usado para explorar la cara 444'. El ángulo limitado puede proporcionar fusión más consistente de la lámina. En otros aspectos, el escáner galvo 462' no está contenido dentro de la unidad de creación 475'.

60 En algunos aspectos, la fuente de energía 450' es una fuente láser. En otros aspectos, la fuente de energía 450' es una fuente de haz de electrones. En tales aspectos, se opera el aparato 440 bajo condiciones de vacío. En algunos de tales aspectos, el dispositivo de dirección de emisión de radiación es una bobina deflectora. La fuente de energía láser 450' puede ser una fuente láser bajo condiciones de vacío o de no vacío.

65 En algunos aspectos, la unidad de creación 475' está fijada a un sistema de posicionamiento, tal como un pórtico, movable en al menos tres dimensiones, que pueden ser, por ejemplo, las coordenadas x, y, z, durante la operación, para situar el dispositivo de dirección de emisión de radiación (ilustrado como, por ejemplo, el escáner galvo 462') y/o la unidad de suministro de lámina 476a' con relación a la cara de la placa de creación 444' y/o al objeto 452'. Además,

la unidad de creación 475' preferentemente puede girarse en todas las direcciones, con balanceo, cabeceo y guiñada. Como resultado, la unidad de creación 475' puede operar preferentemente al revés o a cualquier ángulo.

En una tercera realización, la unidad de suministro de lámina 476a' suministra un rollo continuo de un material de creación en forma de una lámina. La unidad de suministro de lámina 476a' puede ser similar en algunos aspectos a la unidad de suministro de lámina 276a.

Las Figuras 4B-4D representan etapas de un método de fabricación aditiva de acuerdo con una tercera realización de la presente divulgación. En algunos aspectos, la unidad de suministro de lámina 476a' contiene un rollo de suministro de lámina 476' y un rollo de recogida 477'. El rollo de suministro 476' suministra una longitud de lámina nueva 478', que se extiende a través de una cara de la placa de creación 444', después de lo cual se crea el objeto 452', en la dirección 482' hacia el rollo de recogida 477' (Figuras. 4A-4B).

En algunos aspectos, se suministra el rollo de suministro 476' como un cartucho para instalarse en la unidad de suministro de lámina. El cartucho puede ser una unidad sellada que protege la lámina de los elementos externos antes de la inserción en el aparato 440. En tales aspectos, el cartucho puede suministrar la lámina manual o automáticamente después de la inserción del cartucho. En tales aspectos, después de que se han gastado todos los materiales del cartucho, el cartucho puede retirarse o quitarse, y puede insertarse un cartucho nuevo (manualmente) o recogerse (automáticamente), permitiendo que continúe el proceso de creación.

En algunos aspectos, se aplica un flujo de gas laminar 481' al área de creación (Figura 4C). El flujo de gas laminar 481' puede ser similar en algunos aspectos al flujo de gas laminar 281. Los gases adecuados para su uso en flujo de gas laminar 281 incluyen, pero sin limitación, nitrógeno, argón y/o helio y combinaciones de los mismos. El flujo laminar puede efectuarse mediante cualquier medio adecuado conocido para los expertos en la materia, tal como usando un dispositivo de flujo de gas 485', por ejemplo, como se desvela en la Solicitud de Patente de Estados Unidos N.º 15/406.454, n.º de expediente del mandatario 313524/037216.00060, presentada el 13 de enero de 2017, que se incorpora en el presente documento por referencia en su totalidad. El dispositivo de flujo de gas 485' puede ser similar en algunos aspectos al dispositivo de flujo de gas 285. En algunos aspectos, el dispositivo de flujo de gas 485' puede estar adaptado para proporcionar un entorno de oxígeno reducido. Durante la operación, si se usa un flujo de gas laminar, entonces la fuente de energía 450' es una fuente láser y el haz de energía 470' es un haz láser.

En algunos aspectos, la unidad de creación comprende un dispositivo de flujo de gas 485' adaptado para proporcionar un flujo de gas sustancialmente laminar a una zona de flujo de gas laminar 481' dentro de aproximadamente cinco centímetros (dos pulgadas) de, y sustancialmente paralela a, una superficie de trabajo, tal como una cara de la placa de creación 444' o un objeto 452' sobre la misma. El dispositivo de flujo de gas 485' puede estar adaptado para mantener una zona de flujo de gas laminar 481', para proporcionar un entorno bajo en oxígeno alrededor de la superficie de trabajo en una región por debajo de la unidad de creación. Puede haber también una zona de oxígeno reducido por encima de la zona de flujo de gas laminar 481'. En algunos aspectos, ambas zonas de gas pueden estar contenidas dentro de una zona de contención que rodea al menos la unidad de creación y el sistema de posicionamiento. En algunos aspectos, la unidad de creación puede estar encerrada al menos parcialmente para formar un entorno bajo en oxígeno por encima del área de creación de la superficie de trabajo, es decir, alrededor de la ruta del haz 470'; se desvela un ejemplo de una unidad de creación al menos parcialmente encerrada de este tipo en la Solicitud de Patente de Estados Unidos N.º 15/406.454, que se incorpora en el presente documento por referencia en su totalidad.

En la realización ilustrada en la Figura 4B, la zona de flujo de gas laminar 481' es esencialmente el volumen de dispositivo de flujo de gas 485', es decir, el volumen definido por las superficies vertical (x'z') de la porción de entrada presurizada 483' y la porción de salida presurizada 484' y extendiendo superficies imaginarias desde los respectivos bordes superior e inferior de la porción de entrada de los bordes superior e inferior de la porción de salida en el plano x'y'.

En algunos aspectos, se aplica el flujo de gas laminar 481' sustancialmente paralelo a la cara de la longitud de lámina nueva 478' que no mira al objeto 452' o a la cara de placa de creación 444', dando lugar a una lámina activa 480'. Situar el dispositivo de flujo de gas 485' y la aplicación de flujo de gas laminar 481' minimiza cualquier distancia entre la lámina activa 480' y el objeto 452', estableciendo así contacto entre la lámina activa 480' y el objeto 452' o, cuando se crea la capa inicial del objeto, entre la lámina activa 480' y la cara de la placa de creación 444'. Cuando se usa un flujo de gas laminar 481', la fuente de energía 450' es una fuente láser y el haz de energía 470' es un haz láser. En algunos aspectos, el aparato 440 puede comprender adicionalmente otros rollos para ayudar a establecer contacto entre la lámina activa 480' y el objeto 452' o, cuando se crea la capa inicial del objeto, entre la lámina activa 480' y la cara de creación 444'. Los rollos pueden moverse en la dirección z' con respecto al rollo de suministro de lámina 476' para poner la lámina activa 480' en contacto con el objeto 452' o la cara 444', tal como formando curvas 486', 487' en la lámina activa 480', y para retraer la lámina activa 480' de la misma.

A continuación, se usa el haz de energía 470' para cortar la lámina activa 480' (Figura 4C) para producir una capa adicional 458' (Figura 4D). Cortar la lámina activa de acuerdo con la tercera realización de la presente divulgación puede ser similar en algunos aspectos a cortar la lámina activa de acuerdo con la primera realización. En algunos

aspectos, la capa 458' puede ser la capa inicial en la fabricación del objeto 452'. En algunos aspectos, la capa 458' puede ser la capa final en la fabricación del objeto 452'. En algunos aspectos, la capa 458' puede ser una capa intermedia en la fabricación del objeto 452'.

- 5 En algunos aspectos, el haz de energía 470' irradia en primer lugar a lo largo de un perímetro 454' de la capa 458' para que se añada para fusionar la lámina activa 480' al objeto 452' en el perímetro 454' (Figura 4C). En algunos aspectos, la irradiación corta simultáneamente a través de la lámina activa 480'. En otros aspectos, el haz de energía 470' corta la lámina activa 480' a lo largo del perímetro 454' antes de la irradiación a lo largo del perímetro 454' para fusionar el perímetro 454' al objeto 452'. En otros aspectos, el haz de energía 470' irradia a lo largo del perímetro 454' para fusionar la lámina activa 480' al objeto 452' en el perímetro 454', y a continuación el haz de energía 470' corta la lámina activa 480' a lo largo del perímetro 454'.

- 10 En algunos aspectos, después de cortar y de irradiar (de manera simultánea o secuencial en cualquier orden) a lo largo del perímetro 454', el haz de energía 470' irradia el área 456' de una manera de relleno por trama, para fusionar la lámina activa 480' al objeto 452'.

- 15 En otros aspectos, el haz de energía 470' irradia en primer lugar el área 456' de una manera de relleno por trama, para fusionar la lámina activa 480' al objeto 452', y a continuación corta e irradia a lo largo del perímetro 454' de la capa añadida. En tales aspectos, el corte e irradiación a lo largo del perímetro 454' puede tener lugar de manera simultánea o secuencial en cualquier orden.

- 20 Los ajustes adecuados para el haz de energía 470', la fuente de energía 450' y/o el dispositivo de dirección de emisión de radiación (ilustrado como, por ejemplo, el escáner galvo 462') para cortar la lámina activa 480' y para irradiar la lámina activa 480' ya sea a lo largo del perímetro 454' o en un área 456' son conocidos o pueden determinarse por los expertos en la materia.

- 25 La finalización del corte y la irradiación a lo largo del perímetro 454' crea un orificio 460', desde donde el cual se añade la nueva capa 458' al objeto 452', en la porción restante 479' (Figura 4D). En algunos aspectos, puede reducirse o eliminarse el flujo de gas laminar 481' tras la creación de un orificio 460' y/o el relleno por trama del área 456', para mejorar la separación de la porción restante 479' del objeto 452'. La porción restante 479' puede a continuación avanzarse en la dirección 482' sobre el rollo de recogida 477', para proporcionar una nueva longitud de lámina 478' para crear la siguiente capa. En algunos aspectos, no se crean capas adicionales. En algunos aspectos, se crea una o más capas adicionales.

- 30 En algunos aspectos, el aparato 440 puede comprender adicionalmente uno o más detectores para monitorización de proceso (Figura 4E). El proceso de creación representado en las Figuras 4B-4D refleja el haz de radiación de retorno 489', que puede ser similar en algunos aspectos al haz de radiación de retorno 289 y viaja de vuelta al escáner galvo 462' y a continuación al fotodetector 488'. El fotodetector 488' puede ser similar en algunos aspectos al fotodetector 288. Además, el aparato 440 puede comprender adicionalmente los detectores 490', 491', que pueden ser similares en algunos aspectos a los detectores 290, 291, respectivamente. La inspección por el detector 490' de la lámina puede incluir la inspección de uno o más de rollo de suministro de lámina 476', rollo de recogida de lámina 477', lámina nueva 478', la lámina activa 480' y la porción restante 479'. Los detectores 491 y 491' pueden ubicarse en lados opuestos de la placa de creación 444 y pueden situarse para observar los respectivos objetos 452 y 452'. El detector 491 puede estar ubicado en la dirección z menos que un tamaño del objeto 452 en la dirección z. El detector 491' puede estar ubicado en la dirección z menos que un tamaño del objeto 452' en la dirección z'. Como se ha analizado anteriormente con respecto al detector 291, la situación de un detector bajo la capa de creación de corriente actual puede permitir la observación directa de porciones completadas del objeto 452, 452'. Como se ha indicado anteriormente, se ha de entender que, la inspección por el detector 490 será análoga (es decir, puede incluir la inspección de uno o más del rollo de suministro de lámina 476, rollo de recogida de lámina 477, etc.).

- 35 Las Figuras 5A-D muestran diagramas esquemáticos de un aparato de acuerdo con una cuarta realización de la presente divulgación.

- 40 El aparato 540 comprende una placa de creación con dos caras 544, 544', ambas de las cuales están disponibles para crear un objeto mediante fabricación aditiva (Figura 5A). En algunos aspectos, la placa de creación radica en un plano xy con respecto a la cara 544 y en un plano x'y' con respecto a la cara 544', teniendo lugar la creación en la dirección z con relación a la cara 544 y en la dirección z' con relación a la cara 544'. Por simplicidad, únicamente se analizará la creación en la cara 544', pero se ha de entender que se aplican los mismos aspectos descritos para crear la cara 544' para crear 544 con igual fuerza. El aparato 540 y las caras 544, 544' son similares en algunos aspectos al aparato 440 y las caras 444, 444'.

- 45 Se usa una unidad de creación 575' que comprende el sistema de posicionamiento 575a', 575b' para la unidad de suministro de lámina 576a', que comprende el suministro de lámina 576' y el recolector de lámina 577', para crear un objeto 552' usando la lámina 578'. En algunos aspectos, el sistema de posicionamiento 575a', 575b' permite el movimiento de unidad de suministro de lámina 576a' en tres dimensiones. La unidad de creación 575' puede ser similar en algunos aspectos a la unidad de creación 475'. En algunos aspectos, la unidad de creación 575' aloja un dispositivo

de dirección de emisión de radiación, tal como el escáner galvo 562', que puede usarse para modular el haz de energía 570' de la fuente de energía 550'. Modular el haz de energía 570' puede ser similar en algunos aspectos a modular el haz de energía 470'. Por ejemplo, el escáner galvo 562' puede reflejar o doblar el haz de energía 570' de la fuente de energía 550' para explorar diferentes regiones en la superficie 544' o un objeto 552' sobre la misma. En tales aspectos, moviéndose a una ubicación particular con respecto a la cara 544', la unidad de creación 575' puede limitar el ángulo θ_5 de haz de energía 570' usado para explorar la superficie 544'. Este ángulo limitado puede proporcionar fusión más consistente de la lámina. En otros aspectos, el escáner galvo 562' no está contenido dentro de la unidad de creación 575'.

En algunos aspectos, la fuente de energía 550' es una fuente láser. En otros aspectos, la fuente de energía 550' es una fuente de haz de electrones. En tales aspectos, se opera el aparato 540' bajo condiciones de vacío. En algunos de tales aspectos, el dispositivo de dirección de emisión de radiación es una bobina deflectora. La fuente de energía 550' puede ser una fuente láser bajo condiciones de vacío o de no vacío.

En algunos aspectos, la unidad de creación 575' está fijada a un sistema de posicionamiento, tal como un pórtico, movable en al menos de dos a tres dimensiones, que pueden ser, por ejemplo, las coordenadas x, y, z, durante la operación, para situar el dispositivo de dirección de emisión de radiación (ilustrado como, por ejemplo, el escáner galvo 562') y/o la unidad de suministro de lámina 576a' con relación a la cara de la placa de creación 544' y/o al objeto 552'. Además, la unidad de creación 575' preferentemente puede girarse en al menos dos dimensiones, es decir, en el plano x'y', alrededor del eje z'.

En una cuarta realización, la unidad de suministro de lámina 576a' suministra hojas pre-cortadas de lámina.

Las Figuras 5B-5D representan etapas de un método de fabricación aditiva de acuerdo con una cuarta realización de la presente divulgación. En algunos aspectos, la unidad de suministro de lámina 576a' contiene un cartucho de hoja 576' y un contenedor de descarte 577' (Figuras 5A-5B). El cartucho de hoja 576' y el contenedor de descarte 577' pueden ser similares en algunos aspectos al cartucho de hoja 376 y al contenedor de descarte 377, respectivamente. La unidad de suministro de lámina 576a' puede ser similar en algunos aspectos a la unidad de suministro de lámina 376a. El contenedor de descarte 577' puede ser de carga superior, de carga inferior o de carga lateral y puede estar cubierto o no cubierto. En otros aspectos, la unidad de suministro de lámina 576a' contiene un cartucho de hoja 576' y ningún contenedor de descarte. El cartucho de hoja 576' suministra una hoja nueva de lámina 578', que se extiende a través de una cara de la placa de creación 544', tras la que se crea el objeto 552'. La Figura 5B muestra una vista por encima simplificada de un diagrama esquemático del aparato 540 antes de que el cartucho de hoja 576' dispense una hoja 578' de lámina. En algunos aspectos, el cartucho de hoja 576' almacena múltiples hojas 578' de lámina. Los cartuchos de hoja 576' pueden suministrar cada hoja 578' de lámina manual o automáticamente después de la inserción del cartucho. Después de que se han gastado todos los materiales del cartucho, el cartucho 576' puede retirarse o quitarse, y puede insertarse un cartucho nuevo (manualmente) o recogerse (automáticamente), permitiendo que continúe el proceso de creación.

De acuerdo con una cuarta realización de la presente divulgación, el cartucho de hoja 576' dispensa una hoja activa 580' sobre el objeto 552' (no mostrado) o, en el caso de crear una capa inicial de un objeto, sobre la cara de la placa de creación 544' (Figura 5C).

En algunos aspectos, se aplica un flujo de gas laminar (no mostrado) a la cara de la hoja activa 580' que no mira al objeto 552' o a la placa de creación 544'. La aplicación de flujo de gas laminar puede ayudar a minimizar cualquier distancia entre la hoja activa 580' y el objeto 552', mejorando de esta manera así el contacto entre la lámina activa 580' y el objeto 552' o, cuando se crea la capa inicial del objeto, entre la lámina activa 580' y la cara de la placa de creación 544'. Durante la operación, si se usa un flujo de gas laminar, la fuente de energía 550' es una fuente láser y el haz de energía 570' es un haz láser. El flujo de gas laminar de acuerdo con la cuarta realización de la presente divulgación puede ser similar en algunos aspectos al flujo laminar de acuerdo con la primera, segunda y tercera realizaciones.

Se usa el haz de energía 570' para cortar la lámina activa 580' (Figura 5C) para producir una capa del objeto 552' (no mostrada). Cortar la lámina activa de acuerdo con la cuarta realización puede ser similar en algunos aspectos a cortar de acuerdo con la primera, segunda y tercera realizaciones. En algunos aspectos, la capa puede ser la capa inicial en la fabricación del objeto 552'. En algunos aspectos la capa puede ser la capa final en la fabricación del objeto 552'. En algunos aspectos, la capa puede ser una capa intermedia en la fabricación del objeto 552'.

En algunos aspectos, el haz de energía 570' irradia en primer lugar a lo largo de un perímetro 554' de la capa 558' para que se añada para fusionar la hoja activa 580' al objeto 552' en el perímetro 554' (Figura 5C). En algunos aspectos, la irradiación corta simultáneamente a través de la lámina activa 580'. En otros aspectos, el haz de energía 570' corta la lámina activa 580' a lo largo del perímetro 554' antes de la irradiación a lo largo de 554' para fusionar la lámina activa 580' al objeto 552' en el perímetro 554', y a continuación el haz de energía 570' corta la hoja activa 580' a lo largo del perímetro 554'.

En algunos aspectos, después de cortar y de irradiar (de manera simultánea o secuencial en cualquier orden) a lo

largo del perímetro 554', el haz de energía 570' irradia el área 556' de una manera de relleno por trama, para fusionar la lámina activa 580' al objeto 552'.

En otros aspectos, el haz de energía 580' irradia en primer lugar el área 556' de una manera de relleno por trama, para fusionar la lámina activa 580' al objeto 552', y a continuación corta e irradia a lo largo del perímetro 554' de la capa añadida. En tales aspectos, el corte e irradiación a lo largo del perímetro 554' puede tener lugar de manera simultánea o secuencial en cualquier orden.

Los ajustes adecuados para el haz de energía 570', la fuente de energía 550' y/o el dispositivo de dirección de emisión de radiación (ilustrado como, por ejemplo, el escáner galvo 562') para cortar la lámina activa 580' y para irradiar la lámina activa 580' a lo largo del perímetro 554' o en un área 556' son conocidos o pueden determinarse por los expertos en la materia.

La finalización del corte y la irradiación a lo largo del perímetro 554' crea un orificio 560', desde donde el cual se añade una nueva capa al objeto 552', en la porción restante 579' (Figuras 5C-5D). En algunos aspectos, puede reducirse o eliminarse el flujo de gas laminar tras la creación de un orificio 560' y/o el relleno por trama del área 556', para mejorar la separación de la porción restante 579' del objeto 552'. A continuación, puede moverse la porción restante 579' en el contenedor de descarte 577', manual o automáticamente, tal como mediante la dispensación de una nueva hoja activa 580' en la parte superior del objeto 552'. En algunos aspectos, el aparato 540 no incluye un contenedor de descarte 577' y puede comprender un brazo robótico separado para retirar la porción restante 579' desde la cara de la placa de creación 544'. En otros aspectos, el aparato 540 incluye un contenedor de descarte 577' y un brazo robótico separado para mover la porción restante 579' en el contenedor de descarte 577'. En algunos aspectos, no se crean capas adicionales. En algunos aspectos, se crea una o más capas adicionales.

En algunos aspectos, el aparato 540 puede comprender adicionalmente uno o más detectores para monitorización de proceso (Figura 5E). El proceso de creación representado en las Figuras 5B-5D refleja el haz de radiación de retorno 589', que puede ser similar en algunos aspectos al haz de radiación de retorno 389 y viaja de vuelta al escáner galvo 562' y a continuación al fotodetector 588'. El fotodetector 588' puede ser similar en algunos aspectos al fotodetector 388. Además, el aparato 540 puede comprender adicionalmente los detectores 590', 591', que pueden ser similares en algunos aspectos a los detectores 390, 391, respectivamente. La inspección por el detector 590' de la lámina puede incluir la inspección de uno o más del cartucho de hoja 576', el contenedor de descarte 577', la hoja de lámina 578' y la porción restante 579'. Como se ha indicado anteriormente, se ha de entender que, la inspección por el detector 590 será análoga (es decir, puede incluir la inspección de uno o más del cartucho de hoja 576, el contenedor de descarte 577, etc.).

La Figura 6 ilustra un ejemplo de una capa en sección transversal 600 de un objeto (por ejemplo, el objeto 252) en un plano xy. Un controlador 401 puede cortar el objeto 252 en múltiples de tales capas dispuestas en la dimensión z. A continuación, el aparato 240 crea el objeto 252 explorando la capa x00 en el área 256 de la lámina activa 280 para fusionar el área 256 a la placa de creación 244 de las porciones previamente creadas del objeto 252.

En el ejemplo ilustrado, la capa 600 incluye una porción principal 610 y porciones laterales 620, 622. La porción principal 610 incluye una abertura relativamente grande 612 y una abertura relativamente pequeña 614. En un aparato basado en lámina tal como el aparato 240, una abertura 612, 614 dentro de una capa 600 puede plantear un problema. Cuando se explora la capa 600, se separa un área definida por el perímetro 254 de la lámina activa 280, que se vuelve la porción restante 279. Cuando se explora toda el área 256, el área separada se vuelve parte del objeto 252. Sin embargo, cuando la capa 600 incluye una abertura 612, 614 la lámina dentro de la abertura queda separada tanto de la porción restante 279 como del resto de la capa 600. Para algunos objetos, la lámina separada puede retirarse tras la finalización de la creación. Sin embargo, también es posible que la lámina separada que corresponde a la abertura 612 pueda moverse durante una operación de creación e interfiera con la operación de creación. Adicionalmente, para objetos que forman un volumen hueco encerrado, la lámina separada puede quedarse atrapada dentro del objeto. La presente divulgación proporciona técnicas para evitar la creación de porciones de lámina separadas.

En un aspecto, puede formarse una abertura relativamente pequeña (por ejemplo, la abertura 614) que extirpa la lámina. Por ejemplo, la potencia de la fuente de energía 250 puede establecerse a un nivel que provoca que la lámina se desintegre en lugar de fusionarse con un objeto subyacente. En un aspecto, la abertura 614 puede formarse cuando la lámina activa 280 no está en contacto con el objeto 252 de manera que la extirpación no daña el objeto 252. En un aspecto, el tamaño de una abertura creada por la extirpación está limitado dependiendo del material de creación, la forma de la abertura y la potencia de la fuente de energía 250. Por consiguiente, la extirpación puede usarse cuando el tamaño y forma de la abertura 614 son menores que los parámetros umbral.

La Figura 7 es un diagrama que muestra la capa 600 de la Figura 6 reorganizada como la capa 700 sin aberturas relativamente grandes. La capa 700 puede explorarse de la lámina activa 280 sin crear lámina separada que corresponda a la abertura 612. La porción principal 610 se divide en una porción izquierda 712 y una porción derecha 714 separadas por un espacio 716. El espacio 716 se conecta al borde 720 de la lámina activa 280. Los bordes de la abertura 612 se dividen entre la porción izquierda 712 y la porción derecha 714. Por consiguiente, la lámina dentro de la abertura también está conectada al espacio 716. La porción lateral 620, 622 también está separada de la porción

izquierda 712 y una porción derecha 714 para reducir la longitud total de lámina para la capa. La abertura relativamente pequeña 614 puede mantenerse dentro de la porción derecha 714 y puede formarse por la extirpación como se ha analizado anteriormente.

- 5 Cuando se explora la capa 700, el aparato 240 mueve la unidad de creación 275 y/o la lámina activa 280 en una o más dimensiones con relación a la placa de creación 244 y/o al objeto 252. Por ejemplo, el aparato 240 explora en primer lugar la porción derecha 714 en una posición correcta con relación a la placa de creación 244 para añadir la porción derecha 714 al objeto 252. La porción derecha 714 puede cortarse de la lámina activa 280 mediante la exploración de modo que la lámina activa 280 puede moverse con relación a la porción derecha 714. Por ejemplo, el
10 aparato 240 puede mover la lámina activa 280 en la dimensión z lejos de la porción derecha 714. El aparato 240 a continuación avanza la lámina activa 280, o mueve la unidad de creación 275, en la dimensión x la distancia y16 y también mueve la unidad de creación 275 en la dimensión y para poner la porción izquierda 712 en alineación con la porción derecha 714. La unidad de creación 275 puede a continuación mover la lámina activa 280 en la dimensión z para restaurar el contacto entre la lámina activa 280 y el objeto 252. La unidad de creación 275 a continuación explora la porción izquierda 712 para fusionar la porción izquierda 712 al objeto 252. El aparato 240 puede seguir una
15 secuencia similar de situación de la unidad de creación 275 y/o la lámina activa 280 para alinear las porciones laterales 620, 622 en sus respectivas ubicaciones con relación a la porción principal 610 formada explorando la porción izquierda 712 y la porción derecha 714.
- 20 Por consiguiente, se exploran secuencialmente múltiples porciones de una capa para formar una capa completa del objeto. Separar una capa del objeto en las múltiples porciones evita que las aberturas dentro de la capa formen secciones de lámina separadas. Adicionalmente, separar la capa en múltiples porciones puede usarse para reorganizar las porciones del objeto en la lámina para utilizar de manera más eficaz el área de la lámina. Además, las porciones de capas secuenciales pueden solapar en la lámina (por ejemplo, en la dimensión y) para proporcionar un
25 uso eficaz de lámina.

Aunque la presente divulgación describe aspectos de la invención usando una unidad de creación móvil, pueden llevarse también a cabo diversos aspectos usando materiales a base de láminas de cama fija. Los aspectos de la fabricación aditiva usando materiales a base de láminas de cama fija incluyen aquellos descritos en la Solicitud de
30 Patente de Estados Unidos _____, "Fixed Bed Large Scale Additive Manufacturing Using Foil-Based Build Materials", presentada _____, con n.º de expediente del mandatario 319267/0.37216.00135.

Esta descripción escrita usa ejemplos para desvelar la invención, incluyendo las realizaciones preferidas, y también para posibilitar a cualquier experto en la materia poner en práctica la invención, que incluye fabricar y hacer uso de
35 cualquier dispositivo o sistema y realizar cualquier método incorporado.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (240) para fabricación aditiva de un objeto (252), comprendiendo el aparato (240):

5 una placa de creación que tiene una cara de creación (244);
una unidad de creación (275) orientada hacia la cara de creación (244), comprendiendo la unidad de creación (275):

10 una unidad de suministro de lámina, y
un dispositivo de dirección de emisión de radiación (262),

en donde la unidad de creación (275) está configurada para mover una lámina (278) desde la unidad de suministro de lámina en contacto con la placa de creación, o un objeto (252) sobre la misma, de modo que puede irradiarse e incorporarse la lámina (278) en el objeto (252); y

15 en donde la unidad de creación (275) está acoplada a un sistema de posicionamiento (375a, 375b); y
uno o más detectores (288, 289, 291) configurados para inspeccionar uno o más de la lámina (278), el objeto (252) y la radiación emitida (270) o recibida (289) por el dispositivo de dirección de emisión de radiación (289),

20 **caracterizado por que** el sistema de posicionamiento puede proporcionar movimiento independiente de la unidad de creación (275) en al menos tres dimensiones con respecto a la superficie de creación (244).

2. El aparato de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un controlador configurado para recibir datos desde el uno o más detectores (288, 289, 291) y ajustar uno o más de radiación emitida (270) por una fuente de energía (250) y/o el dispositivo de dirección de emisión de radiación (262), la unidad de suministro de lámina, la unidad de creación (275) o el uno o más detectores (288, 289, 291) basándose en los datos recibidos.

3. El aparato de la reivindicación 1 o de la reivindicación 2, en donde el uno o más detectores (288, 289, 291) están ubicados entre la placa de creación y la unidad de suministro de lámina y están configurados para inspeccionar el objeto (252).

4. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde el uno o más detectores (288, 289, 291) comprenden un escáner térmico configurado para inspeccionar el objeto (252) y generar un perfil térmico del objeto (252).

35 5. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde el uno o más detectores (288, 289, 291) comprenden un detector electromagnético configurado para aplicar una corriente eléctrica al objeto (252) y medir una propiedad magnética de corrientes parásitas generadas dentro del objeto (252).

40 6. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde el uno o más detectores (288, 289, 291) comprenden un escáner de tomografía computarizada.

7. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde el uno o más detectores (288, 289, 291) están configurados para inspeccionar antes de la finalización del objeto (252).

45 8. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1-7, que comprende adicionalmente un dispositivo de recogida de lámina (277) configurado para recibir una porción restante (279) de la lámina después de la irradiación, en donde el uno o más detectores (288, 289, 291) están configurados para inspeccionar la porción restante (279).

9. Un método que comprende:

50 situar una unidad de creación (275) con respecto a una placa de creación que tiene una cara de creación (244) por medio de un sistema de posicionamiento (375a, 375b);
dispensar, por medio de la unidad de creación (275), una capa de lámina de metal (280) orientada hacia la cara (244) de la placa de creación;

55 volver a situar la unidad de creación (275) para poner la lámina (280) en contacto con la cara (244) de la placa de creación o un objeto (252) sobre la misma;
fusionar las áreas seleccionadas (256) de la respectiva capa de lámina de metal (280) a una superficie de trabajo sobre la cara (244) de la placa de creación o el objeto (252);

60 retirar las porciones restantes (279) de la respectiva capa (280) de lámina de metal del objeto (252); e
inspeccionar, por medio de un detector (288, 289, 291), al menos una de la capa (280) de lámina de metal, el objeto (252) o las porciones restantes (279) de la respectiva capa de lámina de metal (280);

caracterizado por que el sistema de posicionamiento puede proporcionar movimiento independiente de la unidad de creación (275) en al menos tres dimensiones con respecto a la cara de creación (244).

65 10. El método de la reivindicación 9, en donde la inspección comprende inspeccionar, por medio del detector (288,

289, 291), la capa de lámina de metal antes de la fusión o inspección del objeto (252).

5 11. El método de la reivindicación 9 o de la reivindicación 10, que comprende adicionalmente transmitir datos sobre la capa de lámina de metal desde el detector (288, 289, 291) a un controlador, comparar los datos a un modelo para la lámina, y ajustar la lámina (280) de acuerdo con el modelo.

12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 9-11, que comprende adicionalmente transmitir datos sobre el objeto (252) desde el detector a un controlador, y comparar los datos a un modelo para el objeto (252).

10 13. El método de la reivindicación 12, que comprende adicionalmente:

determinar que los datos sobre el objeto (252) difieren del modelo para el objeto en más de una cantidad umbral;
y
15 detener un proceso de creación para el objeto (252).

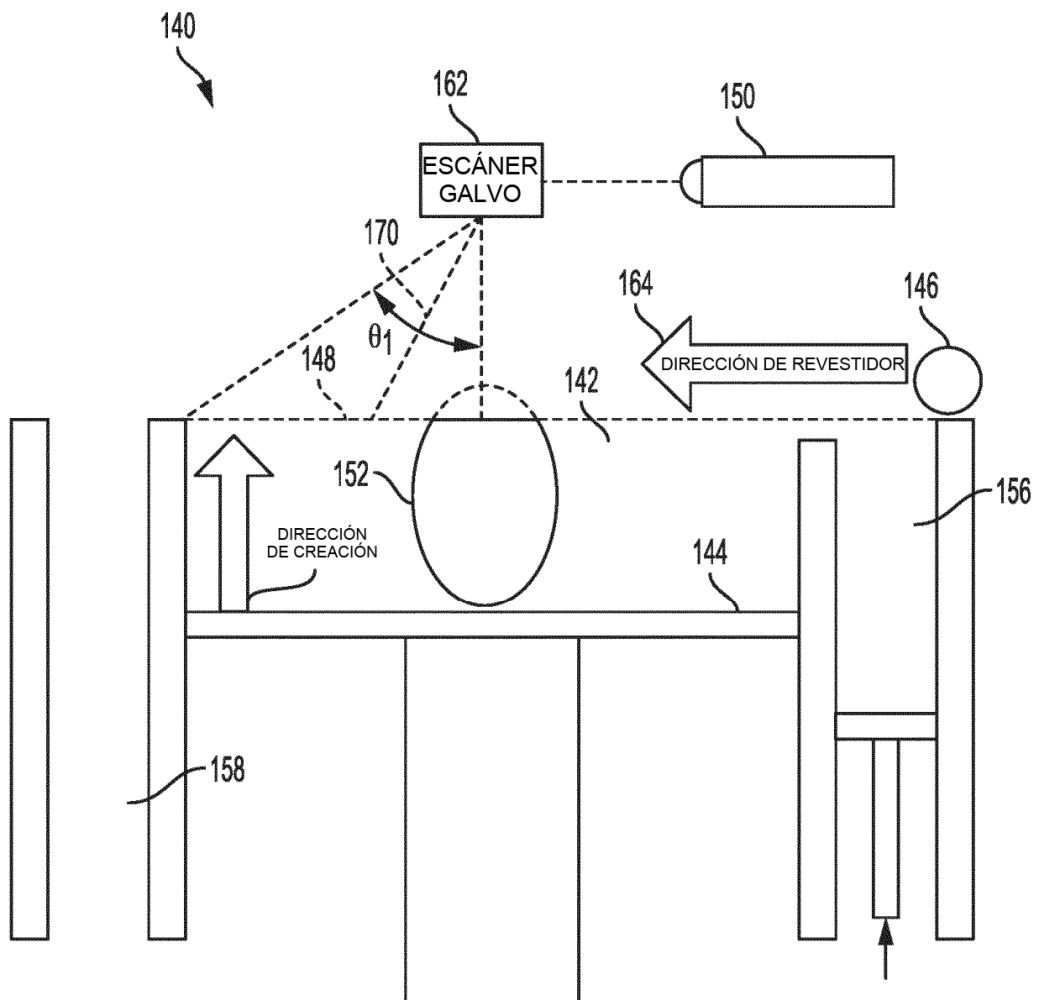


FIG. 1
TÉCNICA ANTERIOR

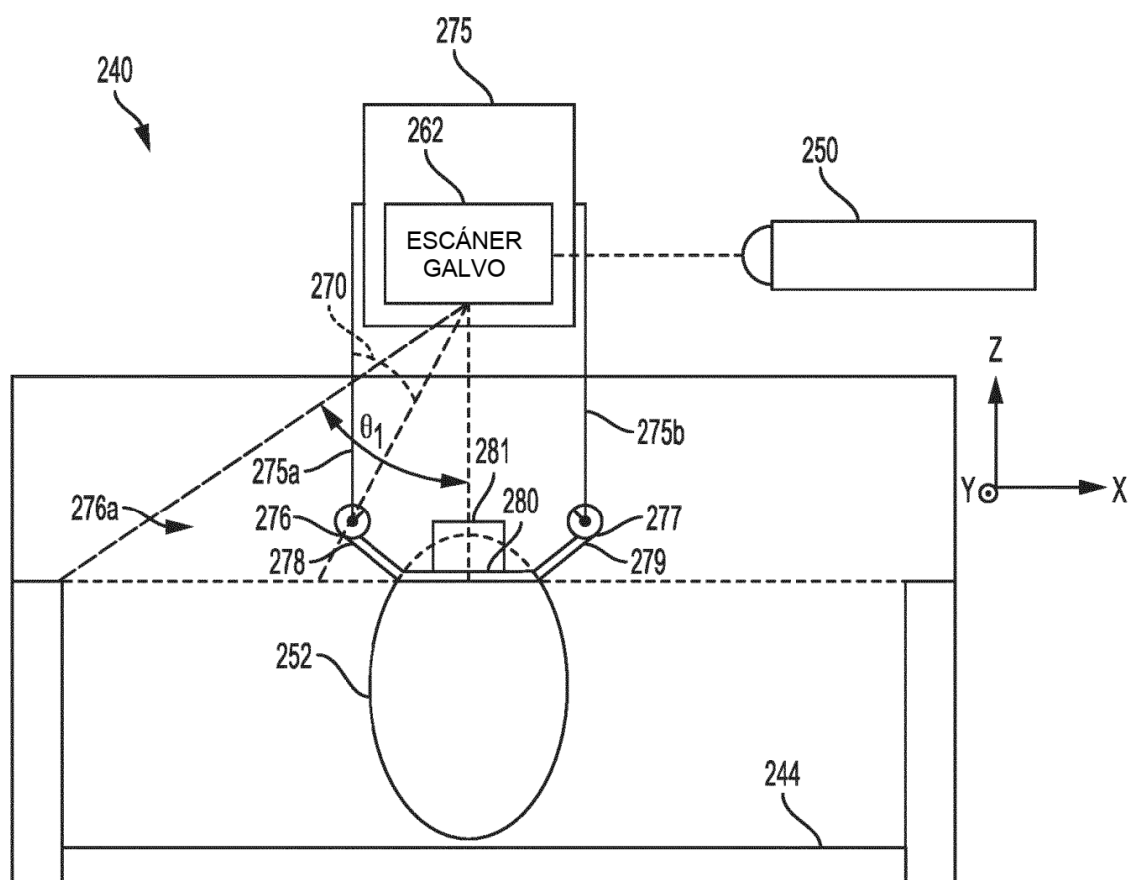


FIG. 2A

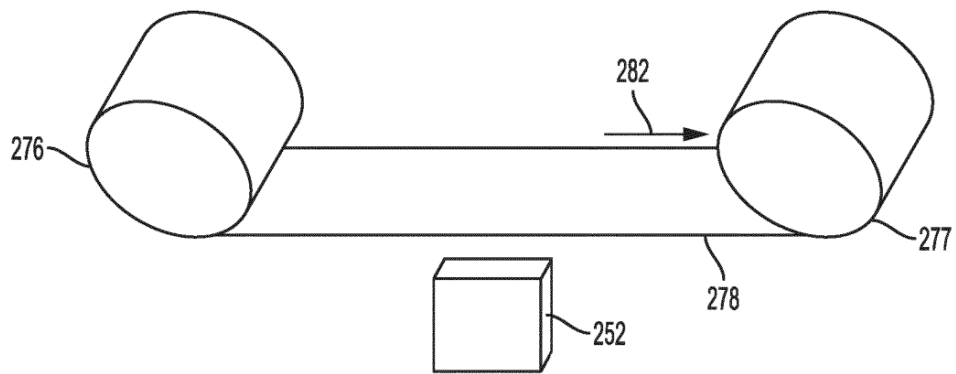


FIG. 2B

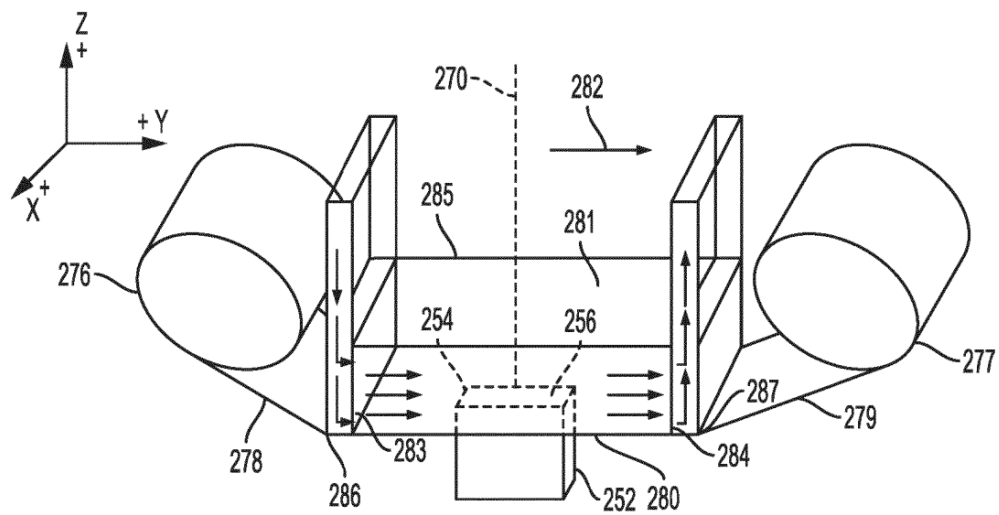


FIG. 2C

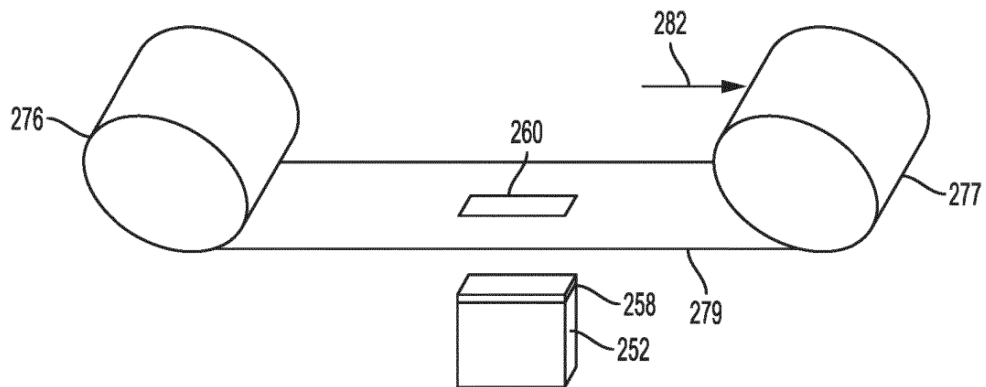


FIG. 2D

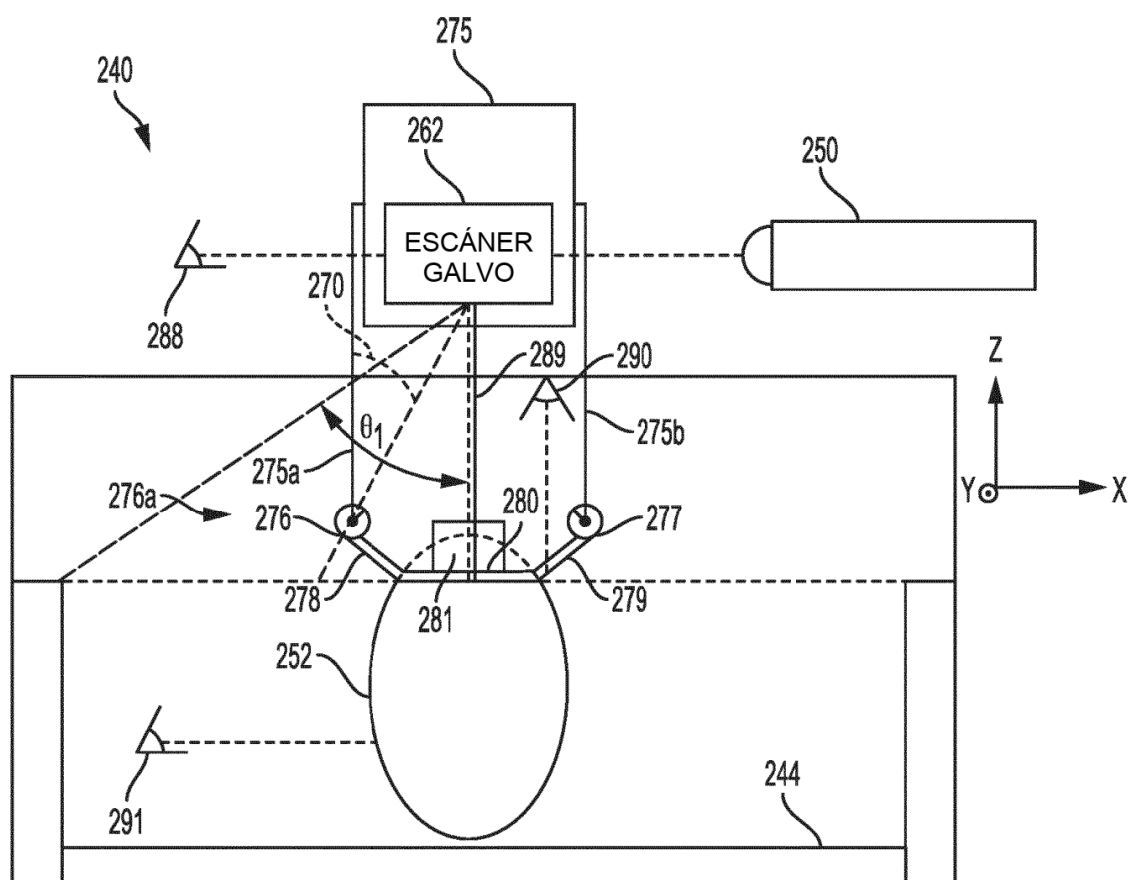


FIG. 2E

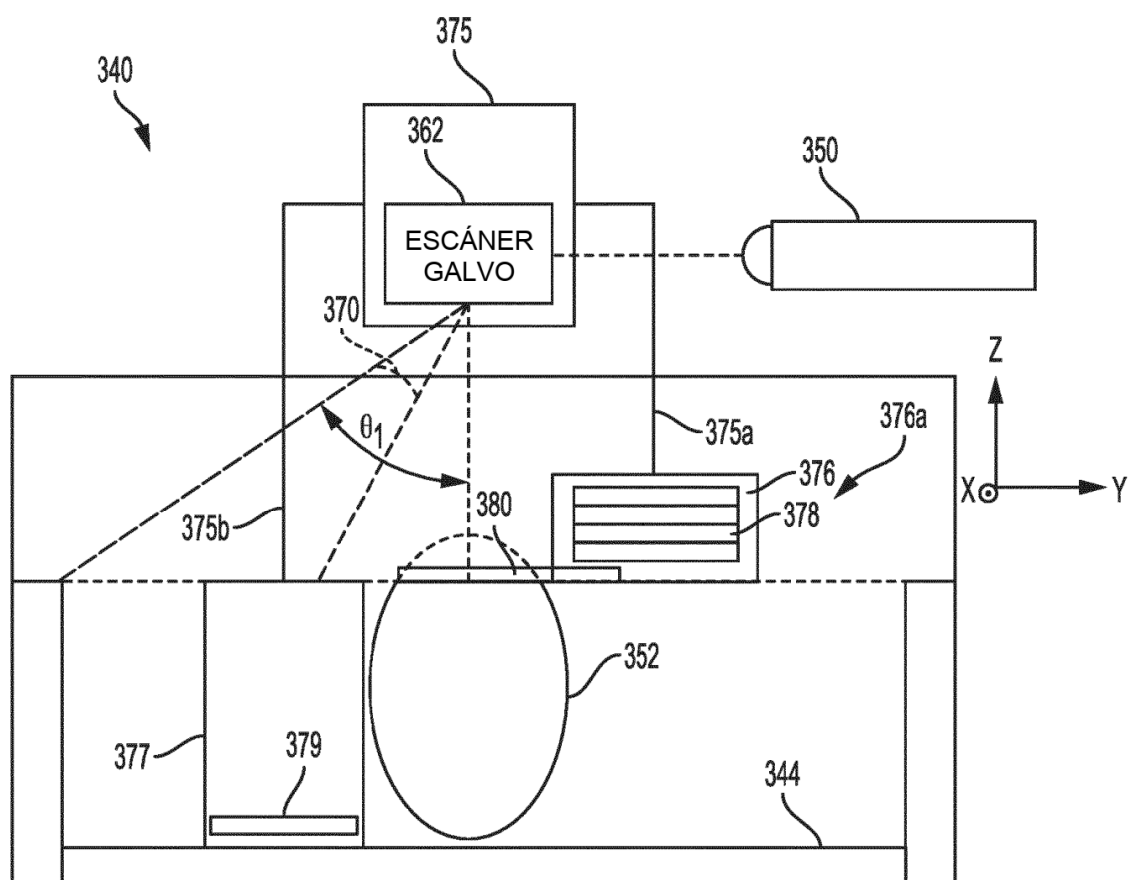


FIG. 3A

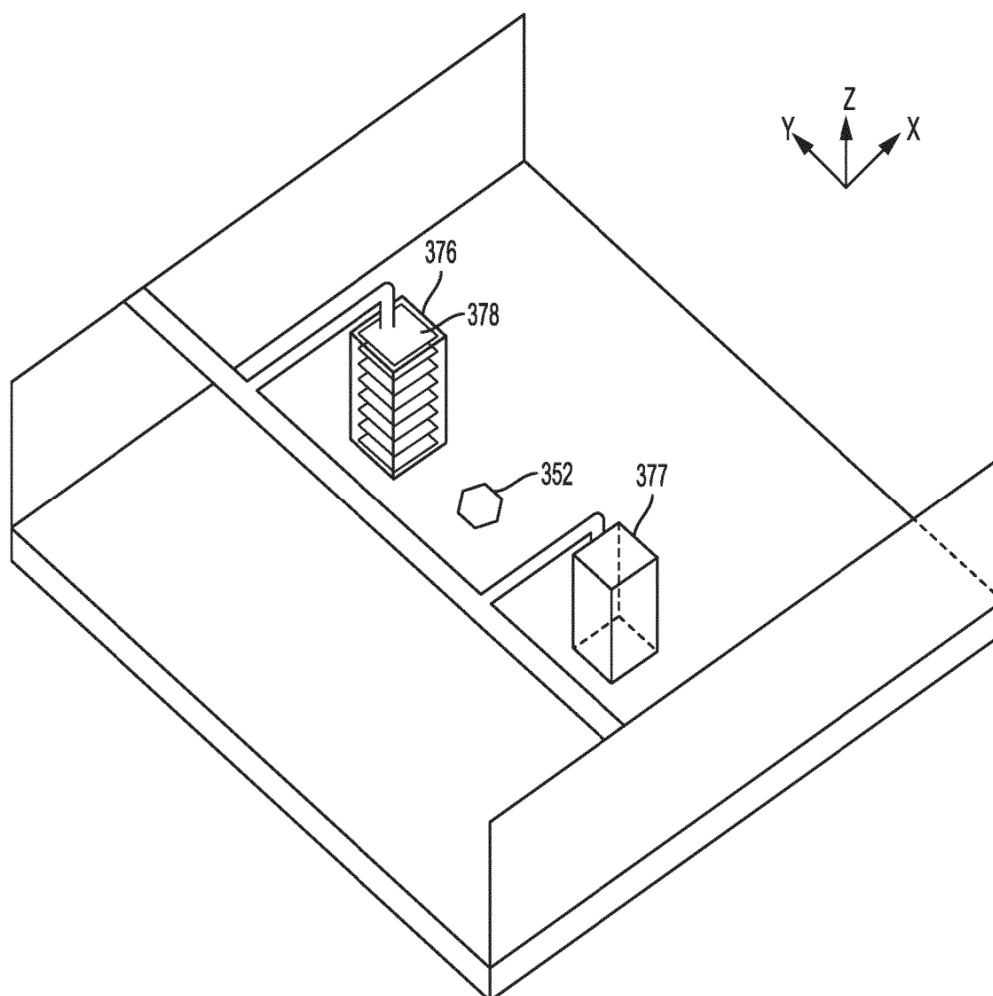


FIG. 3B

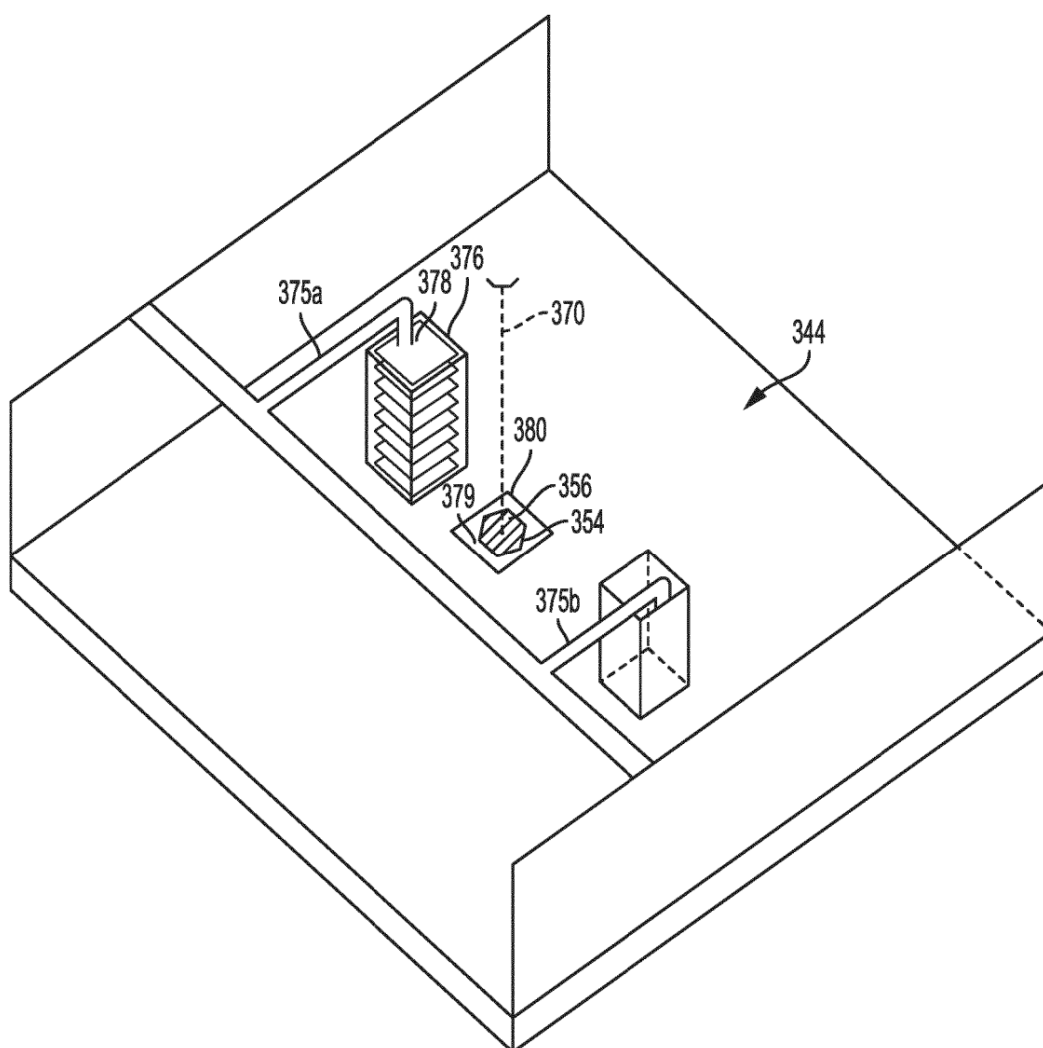


FIG. 3C

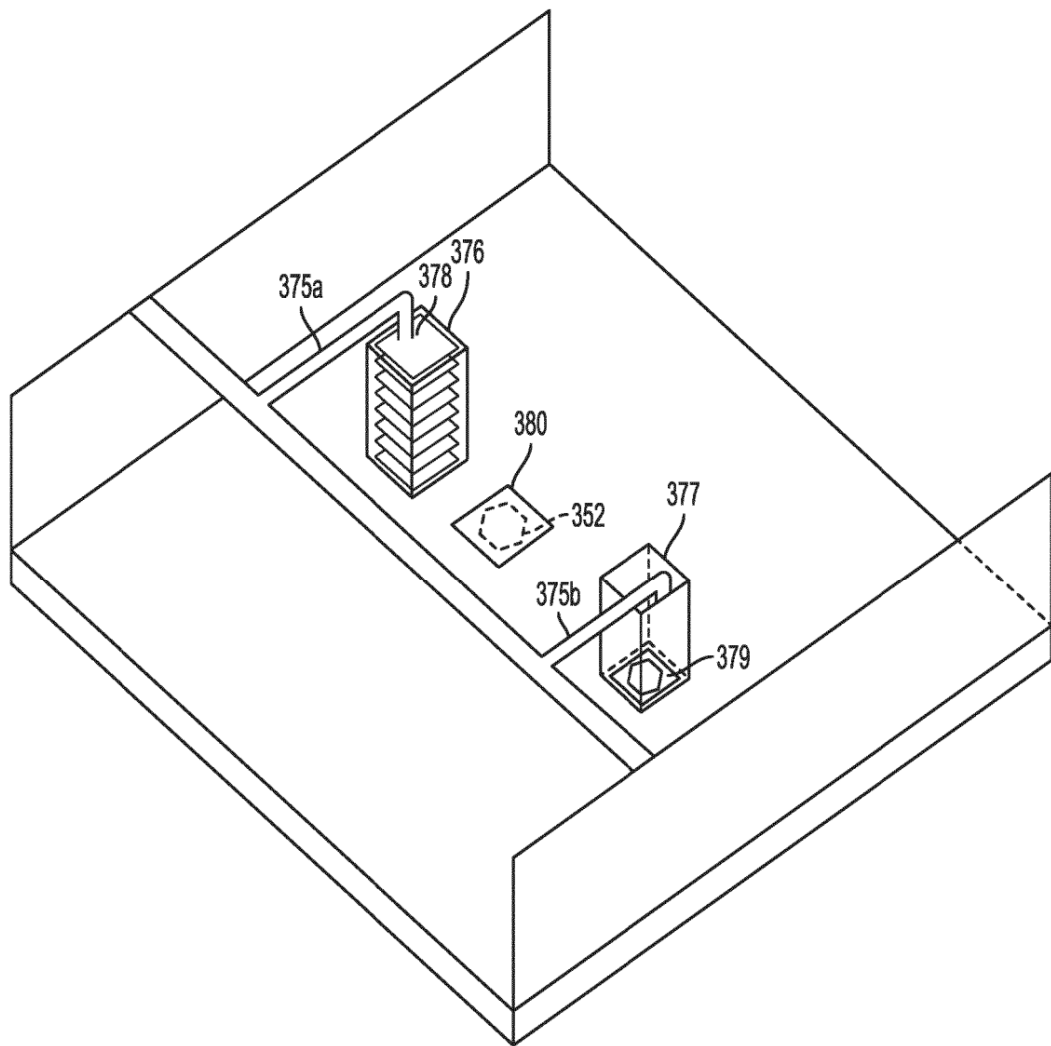


FIG. 3D

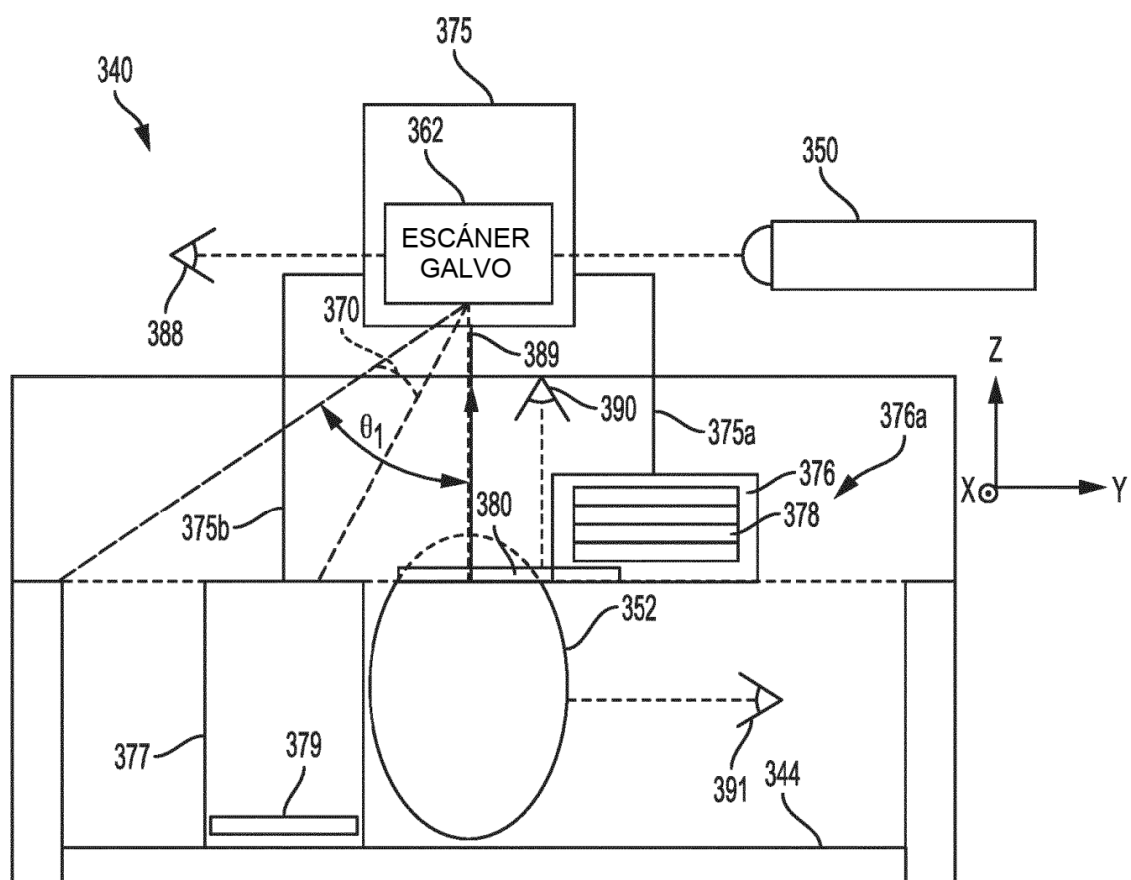


FIG. 3E

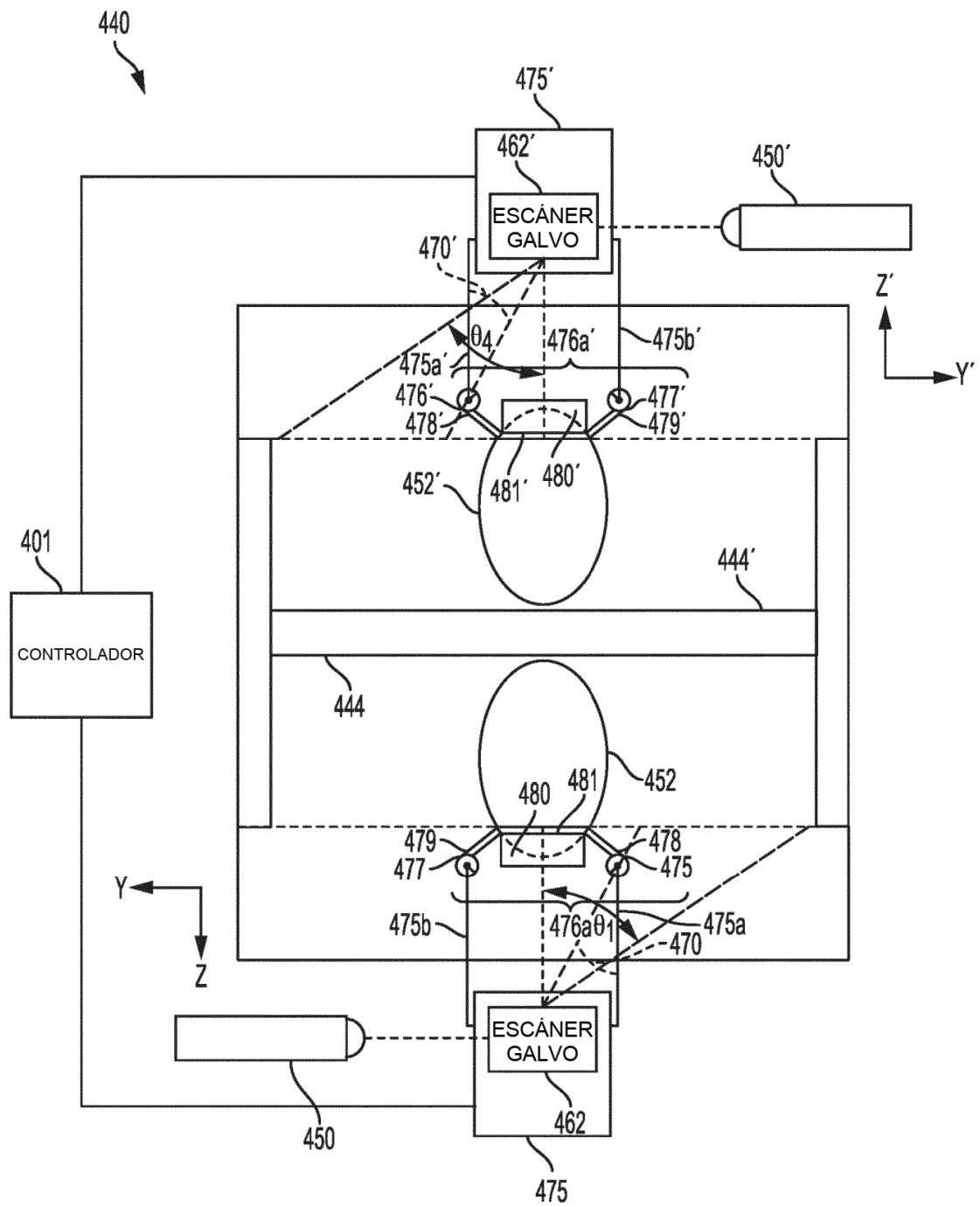


FIG. 4A

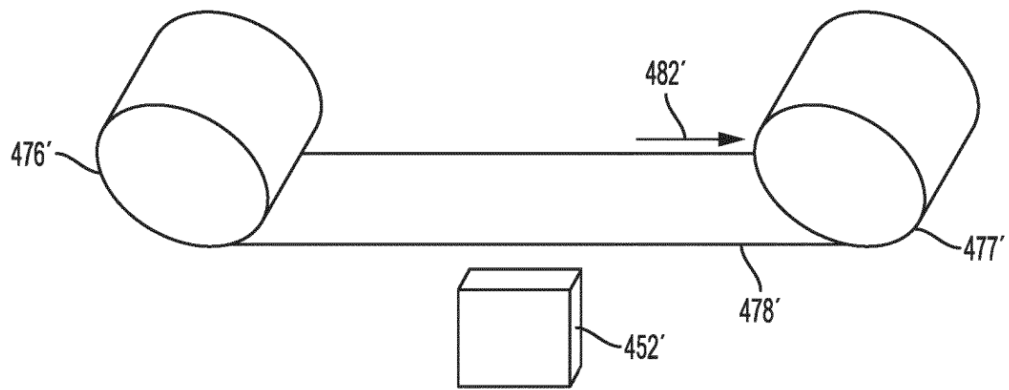


FIG. 4B

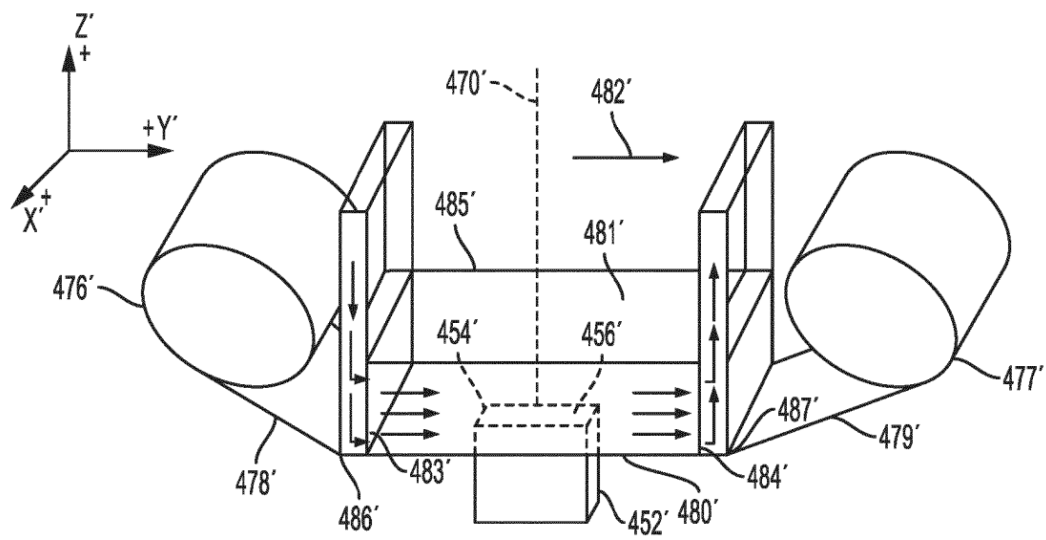


FIG. 4C

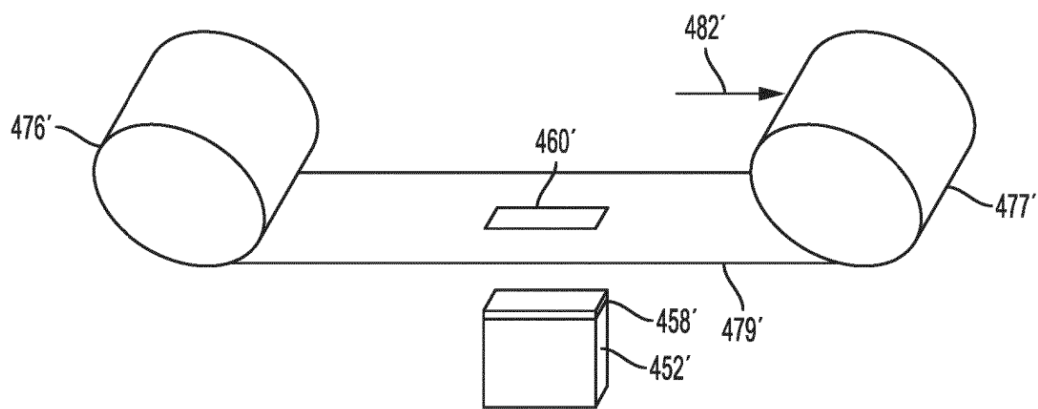


FIG. 4D

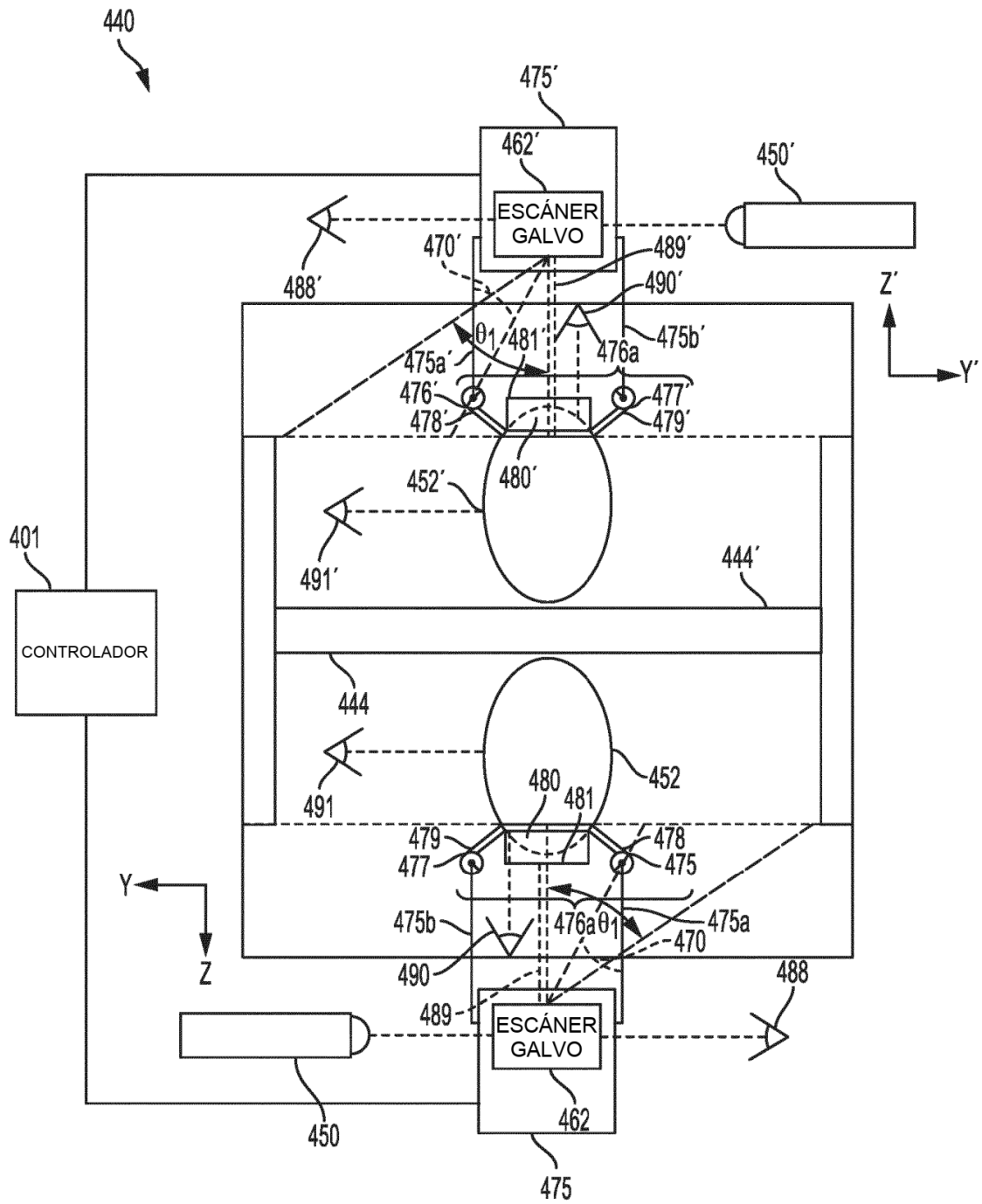


FIG. 4E

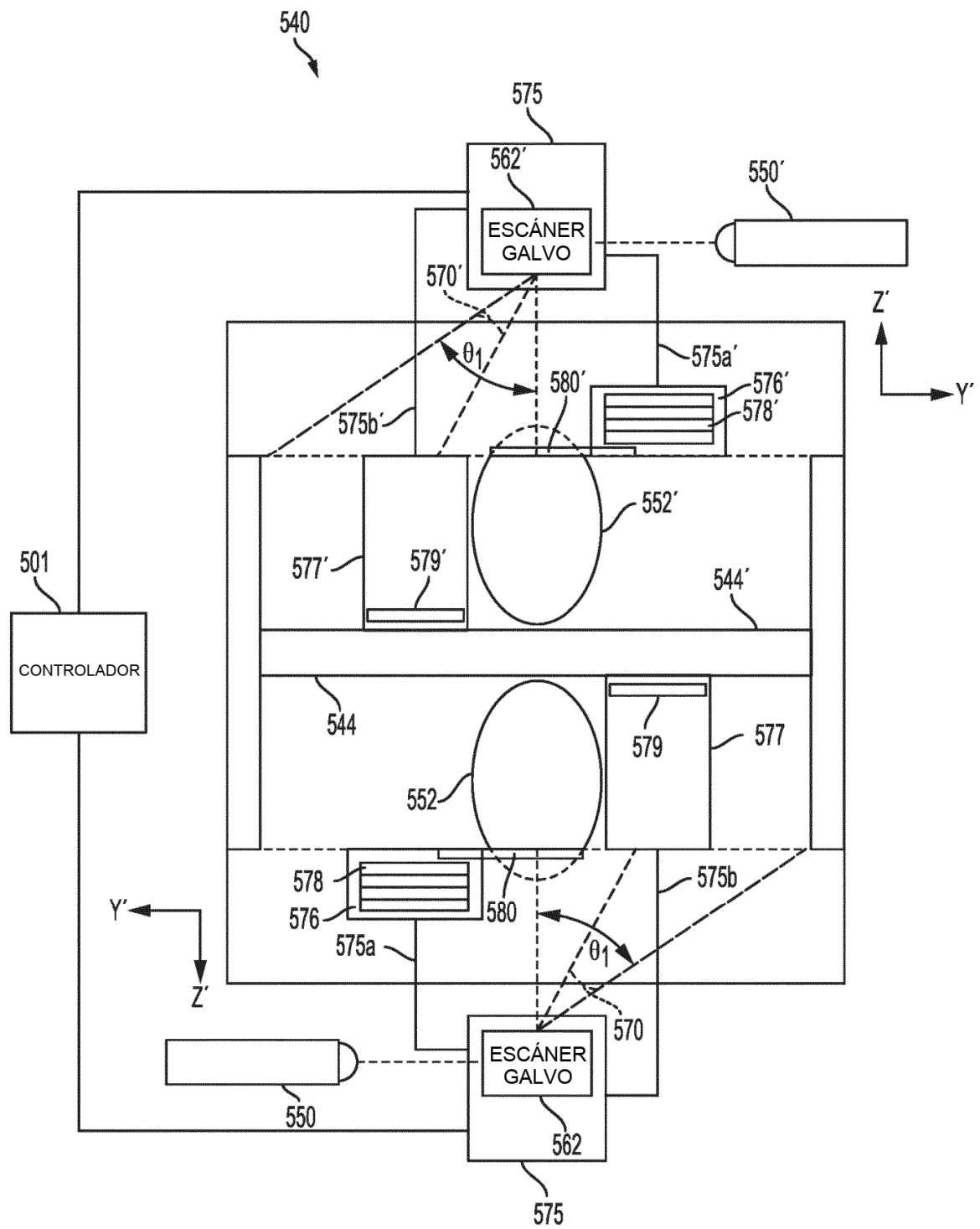


FIG. 5A

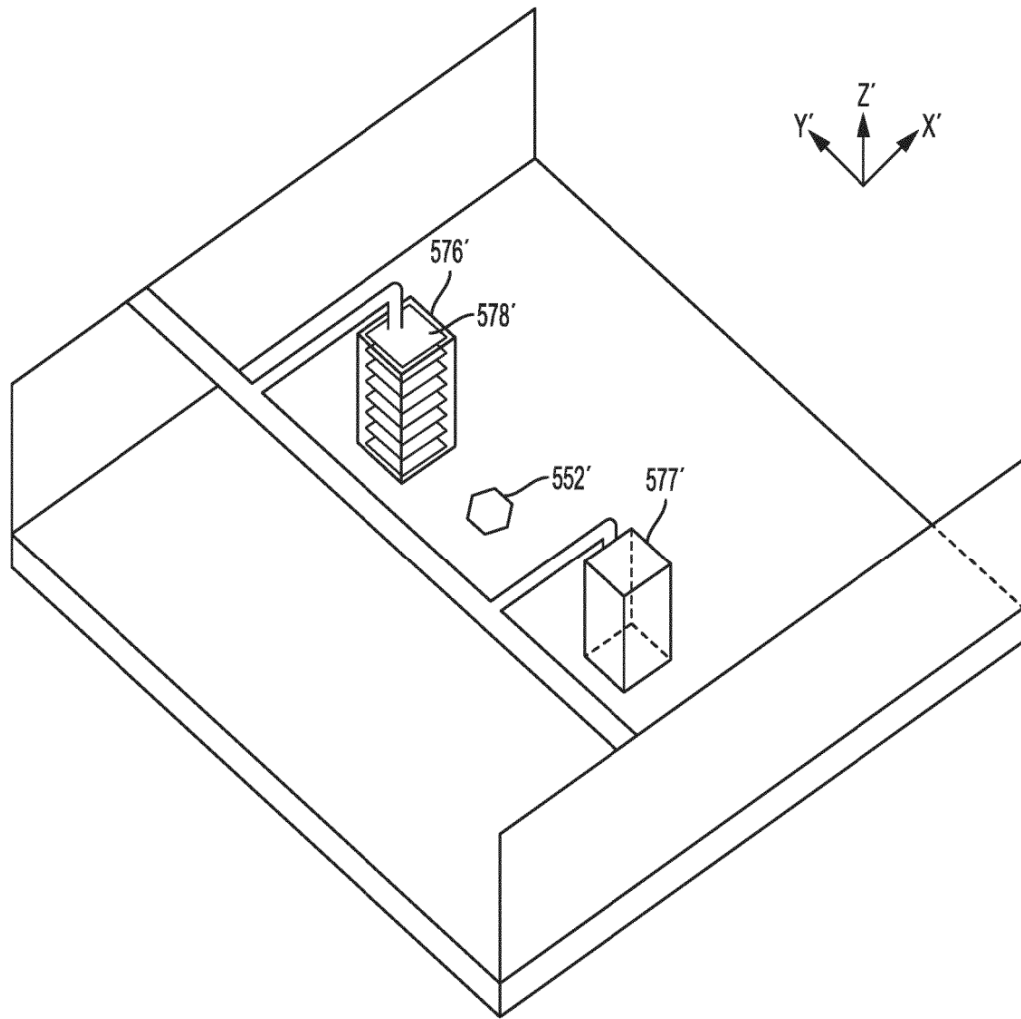


FIG. 5B

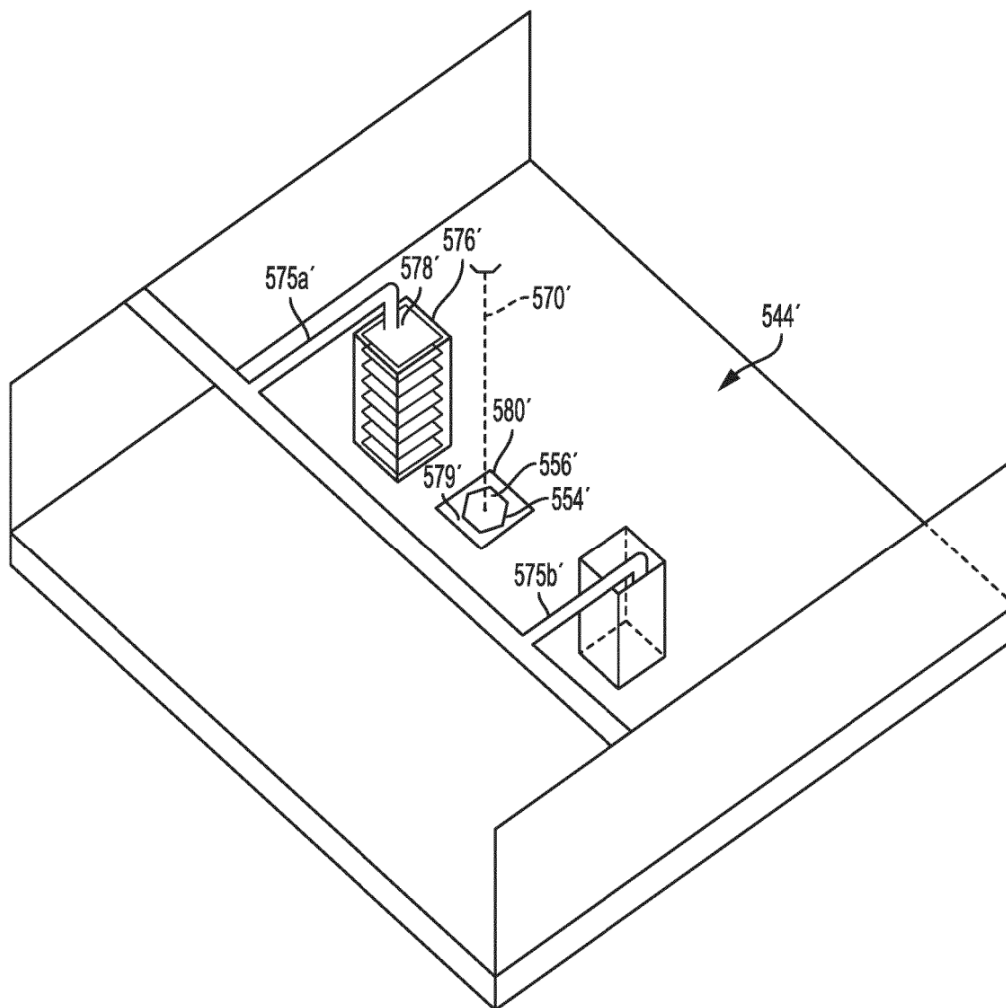


FIG. 5C

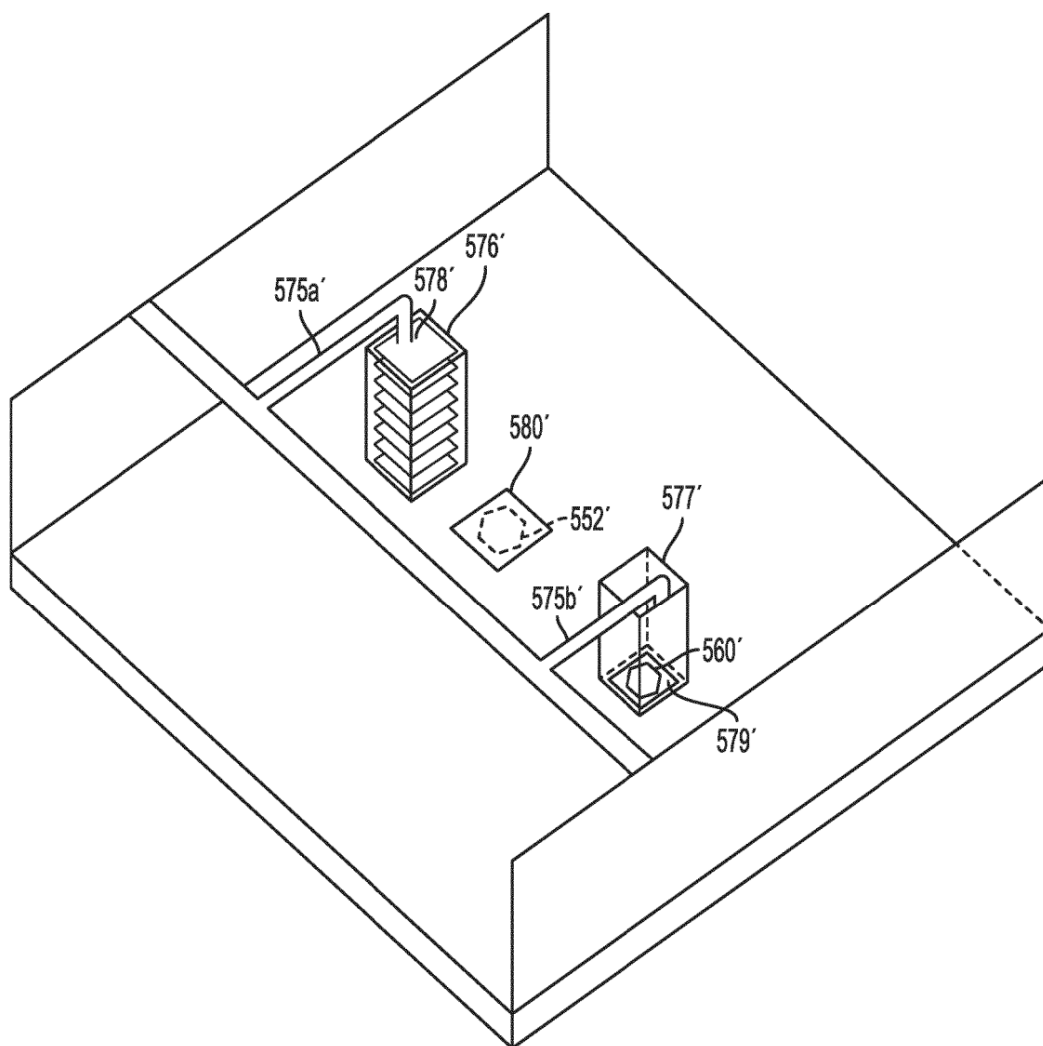


FIG. 5D

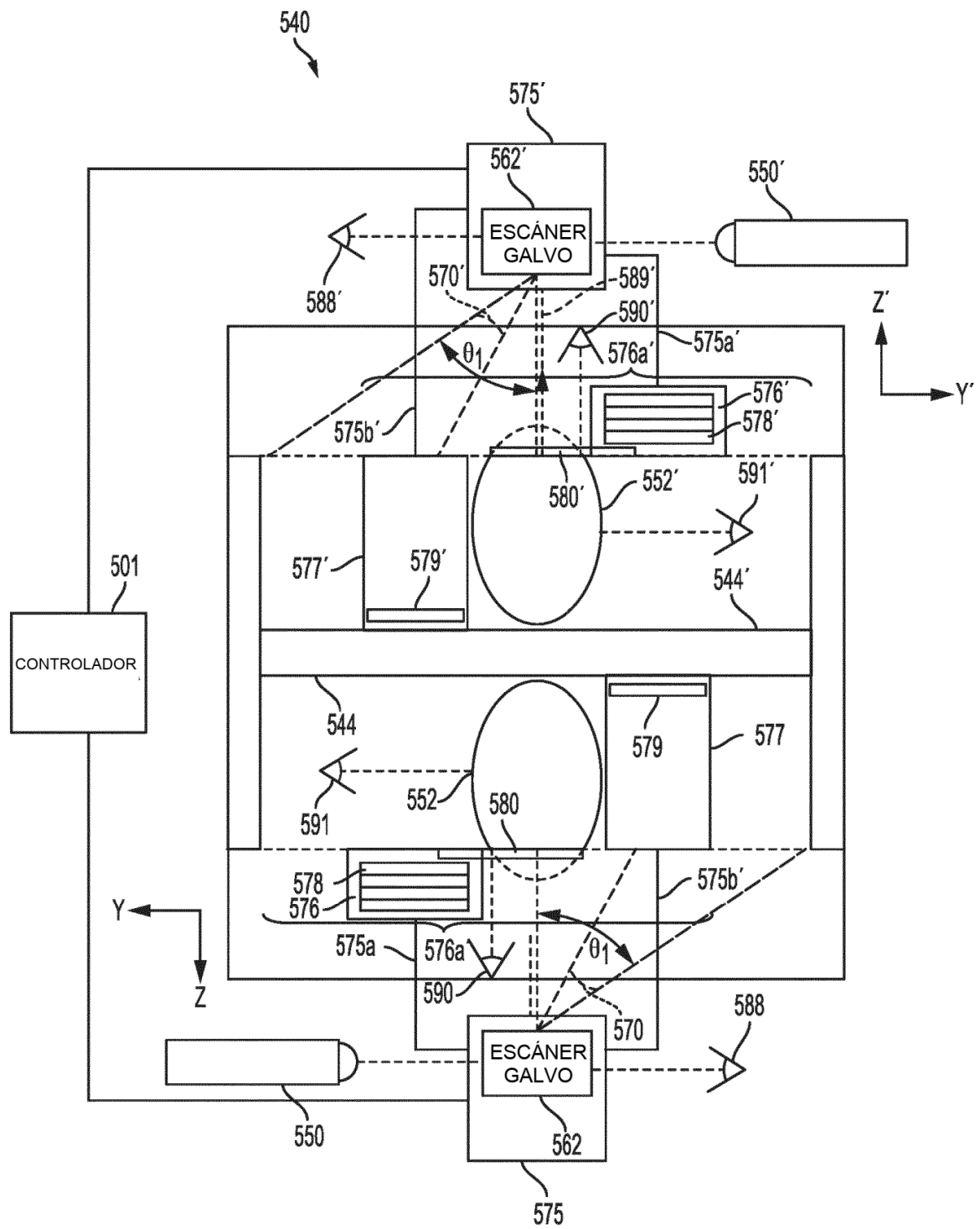


FIG. 5E

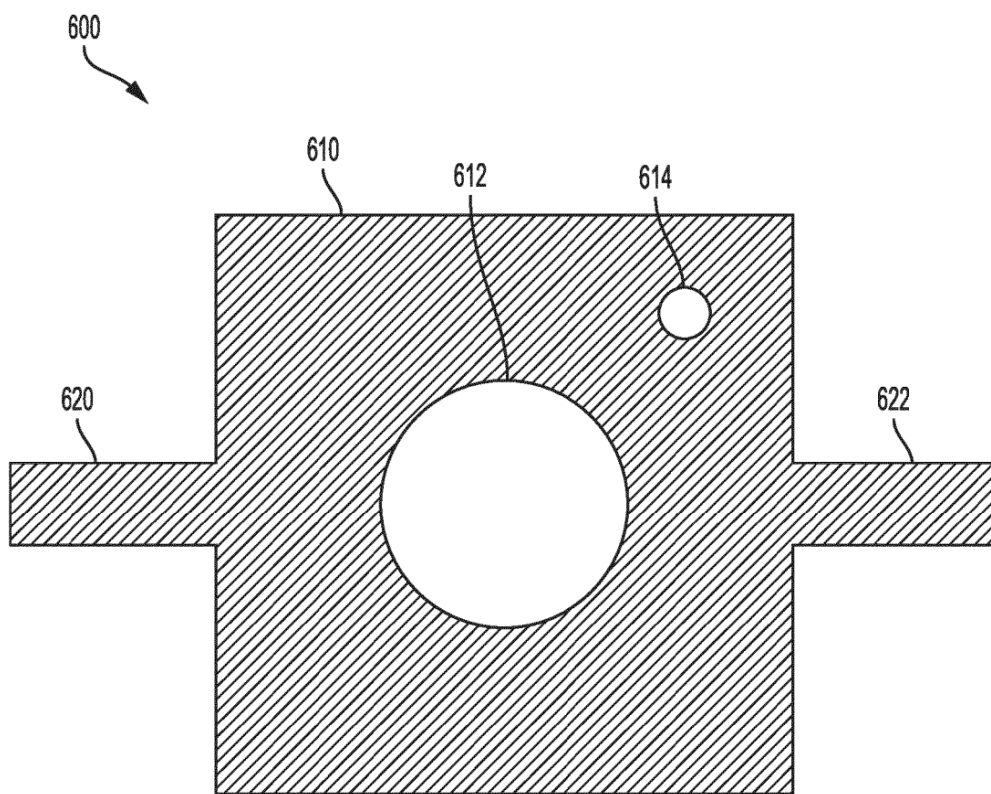


FIG. 6

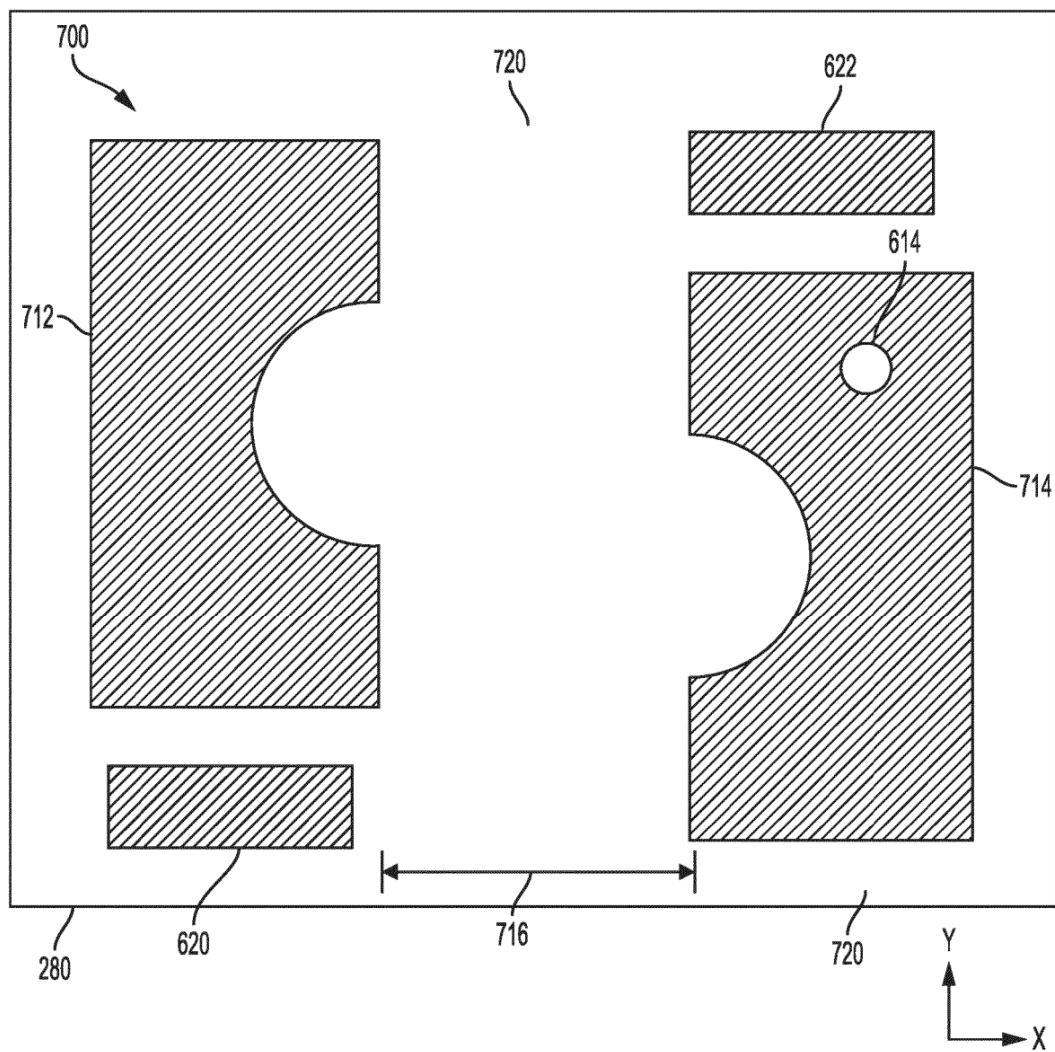


FIG. 7