

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 326**

51 Int. Cl.:

**B29C 64/112** (2007.01)

**B29C 64/264** (2007.01)

**B33Y 30/00** (2015.01)

**B33Y 10/00** (2015.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.05.2004** **E 07114002 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019** **EP 1847377**

54 Título: **Aparato para producir un objeto por deposición secuencial de capas de material de construcción**

30 Prioridad:

**01.05.2003 US 466731 P**

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

**23.10.2019**

73 Titular/es:

**STRATASYS LTD. (100.0%)**  
**2 Holzman Street, Rabin Science Park**  
**Rehovot 76704, IL**

72 Inventor/es:

**ZEYTOUN, IGAL;**  
**LEVI, MOSHE;**  
**KRITCHMAN, ELIAHU;**  
**ESHED, DAVID;**  
**GOTHAIT, HANAN;**  
**DANAI, DROR;**  
**BAR NATHAN, MEIR;**  
**KLEINHENDLER, CHAIM y**  
**MENCHIK, GUY**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 728 326 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Aparato para producir un objeto por deposición secuencial de capas de material de construcción

## 5 Aplicaciones relacionadas

Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a un aparato, en lo sucesivo "aparato de producción rápida", para producir un objeto tridimensional formando secuencialmente capas finas de material una sobre la otra, en respuesta a los datos que definen el objeto.

Antecedentes de la invención

15 Los aparatos de producción rápida (RPA, por sus siglas en inglés) forman objetos formando secuencialmente capas finas, en lo sucesivo "capas de construcción", de un material una sobre la otra en respuesta a los datos, en lo sucesivo "datos de construcción", que definen los objetos. Existen tipos numerosos y variados de RPA y diferentes métodos mediante los cuales forman las capas finas de construcción que utilizan para construir un objeto.

20 Un tipo de RPA, convencionalmente denominado "RPA de chorro de tinta", "imprime" cada capa de un objeto que construye. Para formar una capa dada, el RPA de chorro de tinta controla al menos un dispensador, denominado "cabezal de impresión", para dispensar al menos un material de construcción en forma líquida en un patrón en respuesta a los datos de construcción para el objeto y después solidifica el material dispensado. Al menos un material de construcción, en lo sucesivo "material de fabricación" (BM, por sus siglas en inglés), dispensado para formar la  
25 capa, se imprime en forma de una sección transversal del objeto. El material de fabricación en las capas de construcción adyacentes se imprime en forma de secciones transversales finas del objeto que se desplazan unas respecto a las otras por una pequeña distancia incremental a lo largo de una misma dirección, en lo sucesivo denominada "dirección de apilamiento", con respecto al objeto.

30 Para facilitar la exposición, se supone que las secciones transversales del objeto en cuyas formas se forman las capas de construcción son paralelas al plano xy de un sistema adecuado de coordenadas y la dirección de apilamiento está en la dirección z del sistema de coordenadas. Opcionalmente, el material de fabricación es un fotopolímero, que se endurece después de la deposición por la exposición a una radiación electromagnética adecuada, típicamente radiación UV.

35 Para muchos objetos de construcción, debido a la complejidad y/o forma de los objetos, las capas de construcción que comprenden solo BM impreso en forma de secciones transversales de los objetos de construcción no son completamente autoportantes y requieren soporte durante la construcción del objeto. Para tales casos, al menos un material de construcción, en lo sucesivo denominado "material de soporte" (SM, por sus siglas en inglés), se imprime según sea necesario en regiones adecuadas de cada capa para proporcionar soporte para el material de fabricación en la capa. El material de soporte y/o una forma en la que se forma, es tal que, una vez completado el objeto, puede retirarse del objeto sin dañar sustancialmente el material de fabricación. En algunas realizaciones, el material de soporte, como el material de fabricación, es también un fotopolímero.

45 Un tipo de chorro de tinta de RPA comprende típicamente al menos un cabezal de impresión de chorro de tinta comprendido en un "bloque de cabezal de impresión", que está montado en una "lanzadera". Cada cabezal de impresión tiene una matriz de uno o más orificios de salida y es controlable para dispensar material de construcción desde cada orificio independientemente de dispensar material de construcción desde los otros orificios. El material de construcción comprende uno o más tipos de materiales de fotopolímero típicamente almacenados en al menos un  
50 cartucho desde el cual una configuración adecuada de tubos transporta el material o materiales a uno o más depósitos en el bloque de cabezal de impresión desde el cual el cabezal de impresión recibe el material. Opcionalmente, para mantener la viscosidad apropiada del al menos un fotopolímero, un controlador controla al menos un calentador, opcionalmente montado en el bloque de impresión, cabezal de impresión y/o depósito, para calentar el fotopolímero hasta una temperatura de funcionamiento adecuada. El uno o más tipos de fotopolímeros puede(n), generalmente,  
55 dispensarse en cualquier combinación, por separado o juntos, simultánea o consecutivamente.

Durante la construcción de un objeto, un controlador controla la lanzadera para moverse repetidamente sobre una superficie de soporte, en lo sucesivo una "plataforma de construcción", paralela al plano xy. Al moverse la lanzadera, el controlador controla cada cabezal de impresión para dispensar material de construcción selectivamente a través de  
60 sus orificios en respuesta a los datos de construcción que definen el objeto para imprimir las capas de construcción a partir de las cuales se realiza el objeto sobre la plataforma de construcción, una capa tras otra, una sobre la otra. Montadas en la lanzadera, adyacentes al bloque de cabezal de impresión se encuentran una o más fuentes de radiación electromagnética, opcionalmente radiación UV, para curar el material de fotopolímero impreso en cada capa de construcción. Además, opcionalmente, montado en la lanzadera adyacente a al menos un bloque de cabezal de impresión hay un "rodillo nivelador" que nivela las capas recién impresas de material de construcción hasta una altura  
65 de la capa predeterminada eliminando el material sobrante y/o los picos de material en la capa. El material sobrante

eliminado de la capa se barre del rodillo por una "escobilla de limpieza" y se recoge en un contenedor de residuos contenido en la lanzadera.

Opcionalmente, al mover la lanzadera sobre la superficie de soporte durante la producción de una capa de construcción, el controlador controla la lanzadera para moverse hacia adelante y hacia atrás a lo largo de la dirección x. Opcionalmente, en una o más reversiones de la lanzadera a lo largo de la dirección x, el controlador incrementa el desplazamiento de la lanzadera en la dirección y. Después de la producción de una capa de construcción dada, la plataforma de construcción se baja o la lanzadera se levanta, a lo largo de la dirección de apilamiento en una distancia igual al grosor de una capa de construcción siguiente que se producirá sobre la capa dada recién formada.

Durante la construcción de un objeto, el exceso de material de construcción de fotopolímero curado tiene una tendencia de acumular sobre o entre el al menos un cabezal de impresión en el bloque de cabezal de impresión y sobre la escobilla de limpieza. El material acumulado puede dar como resultado un bloqueo total o parcial de los orificios de salida, generando imprecisiones en la deposición de material de construcción y/o daño a una capa impresa cuando los cabezales de impresión y el rodillo se mueven sobre una capa impresa. A menudo, el funcionamiento de un bloque de cabezal de impresión puede estar tan degradado por los "residuos" de fotopolímeros acumulados que el bloque de impresión tiene que ser reemplazado. El reemplazo de un bloque de cabezal de impresión es generalmente caro, consume mucho tiempo y requiere la recalibración del RPA de modo que la deposición de polímero por medio de los orificios de salida se puede controlar con precisión.

Las configuraciones de los RPA de tipo de chorro de tinta se describen en la patente de los EE. UU. 6.259.962, en la patente de los EE. UU. 6.658.314, en la patente de los EE. UU. 6.569.373, en la patente de los EE. UU. 6.850.334, en la publicación de la solicitud de los EE. UU. 20020171177 y en la publicación de la solicitud de los EE. UU. 20030151167.

#### Sumario de la invención

La presente invención se define en las reivindicaciones adjuntas. Un aspecto descrito en el presente documento se refiere a proporcionar un aparato de producción rápida (RPA) de tipo de chorro de tinta que tiene características de funcionamiento mejoradas.

Un aspecto descrito en el presente documento se refiere a proporcionar un RPA que comprende una lanzadera que tiene un bloque de cabezal de impresión para el cual cada cabezal de impresión en el mismo es desmontable y reemplazable independientemente de los otros cabezales de impresión del bloque.

En un aspecto, la lanzadera y los cabezales de impresión están configurados de modo que cuando un cabezal de impresión se reemplaza, se alinea automáticamente por estructuras de alineación comprendidas en el bloque de cabezal de impresión y el cabezal de impresión. En un aspecto, el cabezal de impresión está asociado con una memoria que comprende datos de perfil que especifican características de funcionamiento del cabezal de impresión que se utiliza por un controlador en el RPA para controlar el cabezal de impresión. En algunos aspectos, la memoria está comprendida en el cabezal de impresión.

Un aspecto descrito en el presente documento se refiere a proporcionar un RPA que tiene una lámpara mejorada que proporciona radiación para curar los materiales de construcción de fotopolímero.

El material de construcción de fotopolímero a lo largo de los bordes de las capas de construcción formadas por un RPA está a menudo poco polimerizado dando como resultado bordes que a veces tienen una definición relativamente escasa y que pueden permanecer blandos y pegajosos. Una lámpara de radiación proporciona una porción relativamente grande de su energía radiante de modo que la radiación incide sobre las capas de construcción en ángulos relativamente grandes con respecto al normal a sus planos. La gran radiación del ángulo incidente es relativamente más eficaz en polimerizar material a lo largo de los bordes de una capa de construcción que la radiación cuando es incidente en ángulos relativamente pequeños. Un aspecto descrito en el presente documento se refiere a proporcionar un RPA que tiene una escobilla de limpieza mejorada para eliminar los residuos de fotopolímero que se acumulan en las superficies del RPA.

Se proporciona, además, de conformidad con la invención, un aparato para producir un objeto formando secuencialmente capas finas de un material uno sobre el otro en respuesta a los datos que definen el objeto, en donde el aparato se define en la reivindicación 1.

La lámpara comprende una fuente de radiación y un reflector que refleja la luz proporcionada por la fuente de modo que puede ser incidente en un ángulo sustancialmente no normal sobre las capas. Además, o como alternativa, la magnitud del ángulo es mayor que 20° en relación con el normal a las capas. En algunas realizaciones de la invención, la magnitud del ángulo es mayor que aproximadamente 30° en relación con el normal. En algunas realizaciones de la invención, la magnitud del ángulo es igual a aproximadamente 45° en relación con el normal.

En algunas realizaciones de la invención, el reflector comprende al menos un reflector parabólico y al menos una porción de la fuente de luz está situada en el foco del reflector. Opcionalmente, el reflector es un reflector poligonal que se aproxima a un reflector parabólico. Opcionalmente, el ángulo de incidencia es positivo para una porción de la luz y negativo para una porción de la luz.

5 En algunas realizaciones de la invención, la fuente de radiación es una bombilla de tipo de descarga. Opcionalmente, la bombilla es una bombilla de descarga de Hg o Xe.

10 En algunas realizaciones de la invención, la lámpara comprende LED controlables para proporcionar la radiación que polimeriza el fotopolímero.

15 Un aspecto descrito en el presente documento se refiere a proporcionar nuevos materiales de construcción para el uso en un RPA de chorro de tinta, que cuando se utiliza para construir un objeto da como resultado que el objeto tiene una resistencia estructural mejorada con respecto a la que tendría si se produjera utilizando los materiales de construcción de chorro de tinta de la técnica anterior.

#### Breve descripción de las figuras

20 Los ejemplos no limitantes de las realizaciones de la presente invención se describen a continuación con referencia a las figuras adjuntas, que se enumeran a continuación de este párrafo. En las figuras, estructuras idénticas, elementos o partes que aparecen en más de una figura se marcan generalmente con un mismo número en todas las figuras en las que aparecen. Las dimensiones de los componentes y características mostrados en las figuras se eligen para la conveniencia y claridad de presentación y no están mostradas necesariamente a escala.

25 La figura 1 muestra esquemáticamente un aparato de producción rápida (RPA);  
 la figura 2A muestra esquemáticamente una vista en perspectiva inferior de una lanzadera, que está comprendida en el RPA mostrado en la figura 1 y tiene cabezales de impresión reemplazables individualmente;  
 la figura 2B muestra esquemáticamente una vista inferior de la lanzadera mostrada en la figura 2A;  
 30 la figura 2C muestra esquemáticamente la lanzadera en las figuras 2A-2B con sus cabezales de impresión retirados;  
 la figura 2D muestra esquemáticamente un cabezal de impresión;  
 las figuras 2E y 2F muestran esquemáticamente vistas en perspectiva y en sección transversal respectivamente de un sistema para proporcionar material de construcción a los cabezales de impresión en un RPA;  
 la figura 3A ilustra esquemáticamente líneas a lo largo de las cuales distintos orificios de salida del cabezal de impresión dispensan material de construcción para formar una capa de construcción de un objeto;  
 35 la figura 3B muestra una porción de la figura 3A ampliada para facilitar la presentación;  
 la figura 4A ilustra esquemáticamente un método para dispensar material de construcción para producir una capa de construcción, en conformidad con la técnica anterior;  
 la figura 4B ilustra esquemáticamente un método para dispensar material de construcción para producir una capa de construcción;  
 40 la figura 4C muestra esquemáticamente una lanzadera configurada para dispensar material de construcción como se ilustra en la figura 4B;  
 la figura 5 muestra esquemáticamente una vista inferior de otra lanzadera;  
 las figuras 6A-6C muestran esquemáticamente una vista en corte parcial en perspectiva y vistas en sección transversal respectivamente de una lámpara que proporciona luz UV para polimerizar el material de construcción;  
 45 la figura 6D muestra una gráfica que representa la intensidad relativa de la luz de una lámpara UV que se refleja desde una capa de construcción que está formada por el RPA mostrado en la figura 1 como una función de la altura sobre la capa de la apertura a través de la cual la lámpara proporciona la luz;  
 las figuras 7A y 7B muestran vistas esquemáticas en sección transversal de otras lámparas UV;  
 50 la figura 8 muestra esquemáticamente lámparas UV que comprenden LED, para proporcionar luz UV polimerizante;  
 las figuras 9A y 9B muestran esquemáticamente vistas en perspectiva de una lanzadera que tiene lámparas UV que comprenden LED que se sitúan relativamente lejos de las capas de construcción que la lanzadera está controlada para formar;  
 las figuras 10A y 10B muestran esquemáticamente una vista en perspectiva y en sección transversal respectivamente de una lanzadera que se está sometiendo a una limpieza de mantenimiento;  
 55 las figuras 10C-10D muestran esquemáticamente variaciones de cuchillas de limpieza utilizadas para limpiar una lanzadera;  
 las figuras 11A y 11B muestran esquemáticamente vistas en perspectiva y en sección transversal de otra configuración de las cuchillas de limpieza;  
 60 la figura 11C muestra esquemáticamente una vista en perspectiva de una variación de la cuchilla de limpieza mostrada en las figuras 11A y 11B;  
 la figura 12A muestra esquemáticamente un sistema para detectar protuberancias en una capa de construcción formada por un RPA;  
 las figuras 12B y 12C muestran secciones transversales esquemáticas del sistema mostrado en la figura 12A;  
 65 la figura 12D muestra esquemáticamente una variación del sistema mostrado en la figura 12A;

la figura 13 muestra una gráfica esquemática que ilustra la interdependencia de los parámetros que caracterizan el rendimiento de un RPA; y

la figura 14 muestra esquemáticamente un método de producción de una capa de construcción relativamente fina que tiene una resolución de impresión relativamente alta.

5 Descripción detallada de ejemplos de realización

10 La figura 1 muestra esquemáticamente un RPA 20 de chorro de tinta que produce un objeto 22 sobre una plataforma de construcción 24. el RPA 20 comprende un controlador 26 y una lanzadera 28 que comprende un bloque del cabezal de impresión 50, un rodillo de nivelación 27 y, opcionalmente, dos fuentes de radiación 120 adecuadas para polimerizar fotopolímeros utilizados por el RPA para construir objetos. Opcionalmente, la plataforma de construcción 24 se monta en una mesa de trabajo 25 y es controlable para bajar y subir con respecto a la mesa de trabajo.

15 Periódicamente, durante la producción de un objeto 22, el controlador 26 del RPA 20 mueve la lanzadera 28 hasta un área de mantenimiento 220 sobre la mesa de trabajo 25 que comprende un sumidero 222 y al menos una cuchilla de limpieza. A modo de ejemplo, el área de mantenimiento 220 comprende dos cuchillas de limpieza, una primera cuchilla de limpieza 225 y una segunda cuchilla de limpieza 227. En el área de mantenimiento 220 el controlador 26 realiza un procedimiento de limpieza para eliminar el material de construcción de desecho, "residuos", que se puede acumular en los cabezales de impresión comprendidos en el bloque del cabezal de impresión 50. El área de mantenimiento 220 y el procedimiento de limpieza se describen a continuación.

20 Por simplicidad, se supone que los fotopolímeros utilizados por el RPA 20 son curables por UV y que las fuentes de radiación 120 son lámparas UV. El RPA 20 se muestra muy esquemáticamente y solo se muestran las características y componentes del RPA relacionados con la descripción en la figura 1. Un sistema de coordenadas 21 se utiliza para hacer referencia a ubicaciones y posiciones de las características y componentes del RPA 20.

25 Para producir el objeto 22, el controlador 26 controla la lanzadera 28 para moverse hacia atrás y hacia delante sobre la plataforma de construcción 24, opcionalmente, en paralelo al eje x en las direcciones indicadas por una flecha de bloque de doble punta 31. Después de una o más reversiones de dirección a lo largo del eje x, el controlador puede avanzar la lanzadera 28 por una distancia incremental, opcionalmente, en paralelo al eje y a lo largo de una dirección indicada por la flecha de bloque 32. Cuando la lanzadera 28 se mueve sobre la plataforma de construcción 24, el controlador 26 controla los cabezales de impresión en respuesta a los datos de construcción que definen el objeto 22, para dispensar el material de construcción (material de fabricación, BM y/o material de soporte, SM, según se requiera) y formar capas de construcción 34 que se utilizan para producir el objeto.

30 Después de que el material de construcción esté recién impreso para formar una región de una capa de construcción 34 dada, el rodillo de nivelación 27 contacta la región y la aplanar y nivela hasta un espesor deseado al rasurar una porción superior del material impreso. Para lograr la acción de rasurado, el rodillo 27 gira en una dirección en la que giraría si rodara sobre la capa de construcción en una dirección a lo largo de la cual avanza la lanzadera 28, pero a una velocidad de rotación mayor que la que corresponde a la velocidad lineal de avance de la lanzadera. Una escobilla adecuada y "captación" de material de desecho (no mostrado) montados en la lanzadera 28 limpia el material de construcción de desecho del rodillo 27.

35 Las capas de construcción 34 se apilan en una dirección, es decir, una dirección de apilamiento, perpendicular a la plataforma de construcción 24, paralela al eje z. Después de la formación de una capa de construcción 34 dada, opcionalmente, se baja la plataforma de construcción 24 en una distancia que es sustancialmente igual a un espesor de una capa de construcción siguiente para formarse en la capa de construcción dada. Para facilitar la presentación, el espesor de las capas de construcción 34 se exagera en gran medida en la figura 1.

40 A modo de ejemplo, el objeto 22 es una copia de un jarrón 36 mostrado en un recuadro 38 y se muestra sobre la plataforma de construcción 24 parcialmente construida. El jarrón 36 se muestra esquemáticamente formado a partir de capas 40 de "sección transversal de datos" que se definen por los datos de construcción del jarrón. Una flecha de bloque 42 indica esquemáticamente que los datos de construcción se introducen y/o generan en respuesta a los datos de entrada apropiados, en el controlador 26 y se formatean adecuadamente para controlar la producción de las capas de construcción 34.

45 La figura 2A muestra esquemáticamente la lanzadera 28 en una vista en perspectiva vista desde la parte inferior de la lanzadera. Desde la perspectiva de la figura 2A, el sistema de coordenadas 21 tiene su eje x y su eje z invertido con respecto a las direcciones de esos ejes mostrados en la figura 1.

50 El bloque de cabezal de impresión 50 está formado opcionalmente con una pluralidad de tomas 51, cada una de las cuales está adaptada para recibir un cabezal de impresión 52 que se puede insertar y eliminar de la toma independientemente de tener que insertar o eliminar un cabezal de impresión de otras de las tomas. Las tomas 51 se muestran más claramente en las figuras 2B y 2C, que muestran la lanzadera 28 como se ve desde la parte inferior, respectivamente con y sin los cabezales de impresión 52 insertados en las tomas. La figura 2D muestra

esquemáticamente un cabezal de impresión 52, por sí mismo, en el que los detalles del cabezal de impresión se muestran más claramente que en las figuras 2A-2C.

5 A modo de ejemplo, el bloque 50 comprende ocho tomas 51. Opcionalmente, diferentes cabezales de impresión 52 o diferentes grupos de cabezales de impresión 52 se dedican a imprimir diferentes materiales de construcción. Por ejemplo, algunos de los cabezales de impresión 52 se pueden dedicar a imprimir solo BM o un tipo particular de BM, mientras que otros cabezales de impresión 52 se pueden dedicar a imprimir solo SM o un tipo particular de SM. Los cabezales de impresión 52 pueden designarse y configurarse como cabezales de impresión dedicados a BM o SM sustancialmente de cualquier manera. Por ejemplo, un número de cabezales de impresión 52 dedicados a imprimir BM pueden ser diferentes de un número de cabezales de impresión 52 dedicados a imprimir SM. Además, o como alternativa, los cabezales de impresión 52 adyacentes pueden dedicarse a imprimir diferentes materiales de construcción, uno a imprimir BM y el otro a imprimir SM.

15 A modo de ejemplo, en el cabezal de impresión 50, se supone que un grupo de cuatro cabezales de impresión 52 insertados en las tomas 51 indicado por el corchete 54 se dedica a imprimir BM y se supone que un grupo de cuatro cabezales de impresión 52 insertados en las tomas 51 indicado por un corchete 53 se dedica a imprimir SM. Cuando la conveniencia lo requiere, las tomas 51 indicadas por el corchete 53 se denominan también tomas 53 y las tomas 51 indicadas por el corchete 54 se denominan también tomas 54.

20 El bloque de cabezal de impresión 50 y los cabezales de impresión 52 se configuran de modo que cada cabezal de impresión se pueda reemplazar de manera relativamente fácil, por ejemplo, como se puede requerir debido al daño o como se indica por un régimen de servicio. Opcionalmente, todos los cabezales de impresión 52 son sustancialmente los mismos.

25 Cada cabezal de impresión 52 comprende un alojamiento 56, mostrado más claramente en la figura 2D, formado con una pluralidad de orificios de salida 58 colineales, opcionalmente espaciados igualmente a través de los cuales se dispensa el material de construcción. Por conveniencia, una línea de puntos 59 mostrada en la figura 2D, y mostrada para algunos cabezales de impresión 52 en las figuras 2A y 2B, indica una línea a lo largo de la cual se alinean los orificios 58 colineales. La descripción de los métodos y dispositivos para proporcionar material de construcción a los cabezales de impresión 52 se dan a continuación en la discusión de las figuras 2E y 2F.

30 Una placa de circuito 55 comprende una circuitería 57 para controlar los accionadores piezoeléctricos (no mostrados) comprendidos en el alojamiento 56 que se accionan para dispensar material de construcción a través de los orificios 58 y otros componentes del cabezal de impresión 52. Los conectores 47 conectan la placa de circuito 55 a la circuitería en el bloque del cabezal de impresión 28 que se conecta al controlador 26 (figura 1). La placa de circuito 55 comprende una memoria 49 que tiene datos, "datos de perfil" que especifican las características de funcionamiento del cabezal de impresión 52. Los datos de perfil comprendidos opcionalmente en la memoria 49 se describen a continuación.

35 Los cabezales de impresión 52 y el bloque de cabezal de impresión 50 comprenden características de alineación correspondientes. Algunas de las características de alineación cooperan para alinear automáticamente un cabezal de impresión 52 cuando se inserta el cabezal de impresión en cualquiera de las tomas 51 de modo que la línea 59 de los orificios de salida 58 esté paralela a la misma línea, que es, opcionalmente, el eje y. Las líneas 59 de orificios 58 en todos los cabezales de impresión 52 montados en el bloque de cabezal de impresión 50 son por tanto paralelas entre sí con un grado de precisión relativamente alto. Opcionalmente, las líneas 59 de orificios 58 en los cabezales de impresión 52 están espaciados igualmente entre sí.

40 Algunas de las características de alineación correspondientes cooperan para alinear los cabezales de impresión 52 de modo que, opcionalmente, las coordenadas y de los orificios en diferentes cabezales de impresión dedicados para imprimir un mismo material de construcción son diferentes. Por ejemplo, las coordenadas y de los orificios 58 en diferentes cabezales de impresión 52 insertados en las tomas 53 (es decir, las tomas 51 indicadas por un corchete 53) son diferentes. De manera similar, mientras que las coordenadas y de los orificios 58 en un cabezal de impresión 52 insertado en una toma 54 (es decir, una toma 51 indicada por un corchete 54) pueden ser las mismas que las coordenadas y de los orificios de un cabezal de impresión 52 insertado en una toma 53, las coordenadas y de los orificios 58 en dos diferentes cabezales de impresión 52 en las tomas 54, son diferentes. Opcionalmente, la configuración de los cabezales de impresión en las tomas 54 es la misma que la de los cabezales de impresión en las tomas 53 y la descripción a continuación, cuando se hace referencia a los cabezales de impresión en corchetes 54, se entiende que, opcionalmente, se aplica a los cabezales de impresión en las tomas 53.

45 considerese que un primer orificio 58 en cada cabezal 52 de impresión sea un orificio más próximo al plano xz (figura 2A) y considerese que una distancia entre los orificios adyacentes en un mismo cabezal de impresión sea "d<sub>y</sub>". Opcionalmente, la coordenada y del primer orificio en cada cabezal de impresión 52 situado en una toma 54 tiene un valor dado por una expresión de la forma

$$1) \quad y = C + n(d_y/N) = C + n\Delta d_y$$

65

donde N es un número de tomas 54,  $\Delta d_y = d_y/N$  y para cada toma n es un número entero diferente que satisface la condición  $0 \leq n \leq (N-1)$ .

Opcionalmente, las características de alineación comprenden para cada cabezal de impresión 52, dos clavijas de alineación x 60 y una clavija de alineación y 62 (mostradas de manera más clara en las figuras 2B y 2D). Opcionalmente, cada clavija x tiene un extremo redondo que tiene una punta 61 y cada clavija y 62 tiene un extremo redondo que tiene una punta 63. La punta 61 de cada clavija x 60 se desplaza en la misma distancia  $\Delta x$  precisa a lo largo del eje x con respecto a la coordenada x de la línea 59. Opcionalmente,  $\Delta x$  es sustancialmente la misma para todos los cabezales de impresión 52. La punta 63 de la clavija y 62 se desplaza, por una distancia  $\Delta y$  precisa a lo largo del eje y desde la coordenada y del primer orificio del cabezal de impresión 52. Opcionalmente,  $\Delta y$  es sustancialmente el mismo para todos los cabezales de impresión 52.

Cada toma 54 comprende dos botones de alineación x 64 y un botón de alineación y 66 que corresponde a las clavijas de alineación x 60 y la clavija de alineación y 62 comprendidas en cada cabezal de impresión 52. Los botones de alineación x 64 no se muestran en la figura 2A pero se muestran esquemáticamente en la figura 2B y de manera más clara en la figura 2C. Cada botón de alineación x 64 tiene una misma longitud controlada con precisión y termina en una "superficie de alineación" plana 65. Cada toma 54 comprende al menos un elemento elástico 68, tal como un resorte de hojas o helicoidal. Cuando un cabezal de impresión 52 se inserta en la toma 54 el al menos un elemento elástico 68 presiona el cabezal de impresión de modo que las puntas 61 de sus clavijas de alineación x 60 contactan las superficies de alineación x 65 de los botones de alineación 64 en la toma. La configuración de las clavijas de alineación x 60 y los botones 64 dan como resultado las líneas 59 de los orificios 58 de los cabezales de impresión 52 insertados en las tomas 51 que están relativamente paralelas de manera precisa.

Cada botón y 66 comprendido en las tomas 54 tiene una longitud diferente, opcionalmente dada por la ecuación 1, y termina en una superficie de alineación plana 67. Un elemento elástico 69 contenido en cada toma 54 empuja elásticamente a un cabezal de impresión 52 insertado en la toma de modo que la punta de alineación y del cabezal de impresión 63 presiona contra la superficie de alineación y 67 del botón de alineación contenido en la toma. La configuración de las clavijas de alineación y 62 y los botones 66 proporcionan que el primer orificio 58 de cada cabezal de impresión 52 insertado en una diferente de las tomas 54 tenga una coordenada y diferente, opcionalmente dada por la ecuación 1. Los orificios 58 de cada cabezal de impresión 52 en una toma 54 se desplazan por lo tanto con respecto a los orificios de los otros cabezales de impresión en las tomas 54 por un múltiplo diferente de  $(d_y/N) = \Delta d_y$ . Las proyecciones de los orificios 58 desde todos los cabezales de impresión 52 en las tomas 54 sobre una línea paralela al eje y se espacian igualmente a lo largo de la línea por una distancia igual a  $\Delta d_y$ . A modo de ejemplo, para la configuración de las tomas 54 y los botones de alineación y 66 mostrados en la figura 1, el desplazamiento de los cabezales de impresión 54 a lo largo del eje y *disminuye* linealmente con el aumento de la coordenada x de los cabezales de impresión con respecto a la coordenada x de la característica fija del bloque del cabezal de impresión 50.

La figura 2E muestra esquemáticamente una vista en perspectiva de un bloque del cabezal de impresión 50 con el lado derecho hacia arriba y los cabezales de impresión 52 montados en el bloque conectado a los depósitos 401, 402, 403 y 404 contenidos en el bloque del cabezal de impresión que almacenan material de construcción proporcionado a los cabezales de impresión. Los cabezales de impresión y los depósitos se muestran como si se vieran a través del bloque del cabezal de impresión que se muestra en líneas de puntos. La figura 2F muestra esquemáticamente una vista en sección transversal de un cabezal de impresión 52 mostrado en la figura 2E.

Los cabezales de impresión 52 que están situados en las tomas 54 (figuras 2B y 2C) y, opcionalmente, el material de fabricación (BM) impreso se indican por un corchete etiquetado "BM" y se denominarán cabezales de impresión de BM. Cada cabezal de impresión de BM 52 se acopla a los depósitos 401 y 403 que almacenan BM y proporcionan BM a los cabezales de impresión. Una línea de suministro 409 conecta el depósito 401 a una bomba "de suministro" (no mostrada) que bombea BM al depósito 401, opcionalmente, desde un cartucho de suministro de BM, generalmente situado a una distancia desde el bloque del cabezal de impresión 50. Una válvula de seguridad de reflujo 411 conecta opcionalmente el depósito 403 a una bomba de vacío (no mostrada) que mantiene un ligero vacío en los depósitos 401 y 402.

De manera similar, un corchete etiquetado "SM" indica los cabezales de impresión 52 que se sitúan en las tomas 53 y, opcionalmente, el material de soporte (SM) impreso, y se denominarán cabezales de impresión de SM. Cada cabezal de impresión de SM 52 se acopla a los depósitos 402 y 404 que almacenan SM y proporcionan SM a los cabezales de impresión. Una línea de suministro 410 conecta el depósito 402 a una bomba que bombea el material SM desde un cartucho de suministro de SM. Una válvula de seguridad de reflujo 412 conecta el depósito 404 a una bomba de vacío (no mostrada).

El funcionamiento de los depósitos 401 y 403 que suministran BM a los cabezales de impresión de BM 52 es opcionalmente idéntico al funcionamiento de los depósitos 402 y 404 que suministran SM a los cabezales de impresión de SM 52 y el funcionamiento de los depósitos se describirá con referencia a los depósitos 401 y 403 y los cabezales de impresión de BM 52.

Con referencia a la figura 2F, el alojamiento 56 del cabezal de impresión de BM 52 está formado por un colector 420 que conecta el depósito 401 y 403 y permite que el BM que la bomba de suministro bombea hasta el depósito 401 fluya libremente en el depósito 403. Un sensor (no mostrado) genera señales en respuesta a la altura a la cual el BM rellena los depósitos 401 y 403. La circuitería de control de la bomba de suministro (no mostrada) controla el funcionamiento de la bomba de suministro para mantener un nivel deseado de BM en los depósitos 401 y 403. La figura 2F muestra esquemáticamente los depósitos 401, 403 y el colector 420 relleno con BM indicado por el sombreado 418.

Una pequeña línea de alimentación 422 formada a partir de las secciones que tienen opcionalmente diferentes diámetros, tal como se conoce en la técnica, conecta cada orificio de salida 58 al colector 420 y se acopla a un accionador piezoeléctrico (no mostrado). El controlador 26 (figura 1) controla el accionador piezoeléctrico acoplado a cada línea de alimentación 420 para extraer BM 418 del colector 420 y expeler las cantidades deseadas del BM desde el orificio de salida asociado con la línea de alimentación 58.

Para evitar el goteo involuntario de BM desde los orificios 58 la bomba de vacío acoplada, opcionalmente, al depósito 403 mantiene un ligero vacío en los depósitos 401 y 403. La válvula de seguridad de reflujo 411 evita que el BM en el depósito 403 se introduzca accidentalmente en la bomba de vacío. La válvula de seguridad de reflujo 411 puede funcionar de acuerdo con cualquiera de los distintos métodos y dispositivos conocidos en la técnica. Opcionalmente, la válvula de seguridad de reflujo comprende un flotador que se eleva para cerrar un puerto en la válvula a través del cual la bomba de vacío aspira el aire, si y cuando el BM entra en la válvula y se eleva sobre un nivel predeterminado.

Los inventores han encontrado que una presión en los depósitos 401 y 403 entre aproximadamente 2 y aproximadamente 9 mm de H<sub>2</sub>O por debajo de la presión atmosférica es ventajosa para evitar el goteo involuntario del BM desde los orificios 58. El monitoreo del vacío en los depósitos 401 y 403 y el control de la bomba de vacío que mantiene la presión se puede lograr usando cualquiera de varios métodos y dispositivos conocidos en la técnica. La bomba de vacío funciona continuamente para extraer aire del depósito 403 y el aire fluye lentamente en el depósito 401 y/o 403 a través de al menos una ventilación. La circuitería de control adecuada controla la bomba de vacío para equilibrar una velocidad a la que la bomba extrae el aire del depósito 403 y una velocidad a la que el aire fluye en el depósito 401 y/o 403 a través de la al menos una ventilación y mantiene el ligero vacío deseado. En algunos aspectos, la circuitería de control controla la bomba de vacío para funcionar solo cuando la presión en el depósito 403 se eleva por encima de una presión deseada.

A medida que la lanzadera 28 se mueve a lo largo del eje x dispensando el material de construcción para imprimir una capa de construcción 34 (figura 1), se dispensan gotas de material de construcción desde cada orificio 58 de los cabezales de impresión 52 según se requiere sobre la plataforma de construcción 24 o sobre una capa 34 formada previamente a lo largo de una línea, en lo sucesivo una "línea de deposición", paralela al eje x. Las líneas de deposición para los orificios 58 en un mismo cabezal de impresión 52 que dispensa BM (es decir, orificios en un cabezal de impresión 52 en una toma 54) están espaciados igualmente unos de otros por una distancia igual a  $\Delta d_y$  (ecuación 1). Una resolución espacial, en lo sucesivo, una resolución y "primaria" PR<sub>y</sub>, a lo largo del eje y es por lo tanto igual a  $\Delta d_y$  y el material de construcción se deposita opcionalmente en gotitas que comprenden material suficiente de modo que el material depositado a lo largo de las líneas de deposición adyacentes se derrita para formar una capa de construcción lisa que tiene un espesor sustancialmente uniforme.

Las líneas de deposición se indican esquemáticamente con las líneas 70 en la figura 3A para algunos orificios 58 de los cabezales de impresión 52 en las tomas 54. Aunque las líneas de deposición 70 son líneas a lo largo de una superficie de construcción formada por RPA 20, las líneas de deposición se muestran proyectadas sobre la parte inferior del bloque del cabezal de impresión 50 para facilitar la presentación y para mostrar su relación a los orificios 58 que determinan sus ubicaciones. La figura 3B muestra una porción agrandada de la figura 3A en la que las líneas de deposición 70 y sus ubicaciones relativas se ven más fácilmente que en la figura 3A.

Es conveniente individualizar los cabezales de impresión 52 en las tomas 54 con etiquetas indexadas P<sub>k</sub>, 1 ≤ k ≤ 4 y las líneas de deposición 70 con las etiquetas indexadas DL<sub>1</sub>, DL<sub>2</sub>... DL<sub>M</sub>, que se muestran en la figura 3B (M es igual al número de orificios 58 en un cabezal de impresión, P<sub>k</sub> veces el número de cabezales de impresión, es decir, opcionalmente cuatro). Cada cuarta línea de deposición 70 está asociada con un orificio de salida 58 en un mismo cabezal de impresión P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> o P<sub>4</sub> en una toma 54. Por ejemplo, las líneas de deposición DL<sub>1</sub>, DL<sub>5</sub>, DL<sub>9</sub>,... están asociadas con el cabezal de impresión P<sub>1</sub>.

Debido a la distancia entre las líneas adyacentes 59 de los orificios de salida 58 en el bloque de impresión 50, al moverse la lanzadera 28, por ejemplo, a lo largo del eje x positivo, para ubicaciones en una misma coordenada x dada en una capa de construcción, el material de construcción se dispensa en momentos diferentes por cabezales de impresión diferentes. considérese que la velocidad con la que la lanzadera 28 se mueve a lo largo de la dirección x sea V<sub>s</sub> y que una distancia entre las líneas de orificios 59 en los cabezales 52 de impresión adyacentes sea d<sub>x</sub>. Después un retardo "t<sub>d</sub>" entre los tiempos a los que el material de construcción está dispensado por los cabezales de impresión 52 adyacentes en las ubicaciones en una capa de construcción que tiene una misma coordenada x dada es igual a aproximadamente d<sub>x</sub>/V<sub>s</sub>.



Por ejemplo, si el cabezal de impresión P<sub>1</sub> deposita material de construcción en una coordenada x dada a lo largo de las líneas de deposición DL<sub>1</sub>, DL<sub>5</sub>, DL<sub>9</sub>... en un tiempo t<sub>1</sub>, entonces el cabezal de impresión P<sub>2</sub> deposita material de construcción en la misma coordenada x dada a lo largo de las líneas de deposición DL<sub>2</sub>, DL<sub>6</sub>, DL<sub>10</sub>... en el momento t<sub>2</sub>, t<sub>3</sub> segundos después. Los tiempos relativos t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>, t<sub>3</sub> y t<sub>4</sub> en los cuales los cabezales de impresión P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> y P<sub>4</sub> dispensan material de construcción desde sus orificios de salida 58 en una misma coordenada x dada se representa por una extensión a la cual sus líneas de deposición respectivas se extienden a la derecha en las figuras 3A y 3B. Los extremos de las líneas de deposición 70 y los tiempos relativos t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>, t<sub>3</sub> y t<sub>4</sub> se indican por líneas marcadas con los tiempos relativos en la figura 3B.

Las gotitas de material de construcción líquido que se depositan unas al lado de otras tienen una afinidad entre sí y una tendencia a fusionarse. Esta tendencia a fusionarse puede generar imperfecciones en una capa de construcción, tal como una capa de construcción 34 mostrada en la figura 1, impresa por RPA 20. En particular, la tendencia a fusionarse puede dar como resultado una capa de construcción que presenta estrías paralelas a las líneas de deposición 70 a lo largo de las cuales RPA 20 deposita el material de construcción. Las estrías, cuando aparecen, tienden a aparecer en las proximidades de las líneas de deposición 70 a lo largo de las cuales el cabezal de impresión P<sub>4</sub> deposita el material de construcción (es decir, DL<sub>4</sub>, DL<sub>8</sub>, DL<sub>12</sub>,...).

Se cree que la figura 4A ilustra un proceso mediante el cual las estrías se forman en una capa de construcción. La figura muestra una secuencia de vistas esquemáticas en sección transversal de lapso de tiempo 81, 82, 83 y 84 a través de una capa de construcción a lo largo de un plano paralelo al plano xz en una coordenada x dada. Las vistas de lapso de tiempo ilustran la deposición de gotitas a lo largo de las líneas de deposición 70 por los cabezales de impresión P<sub>1</sub>-P<sub>4</sub> para formar una capa de construcción. Se supone que las vistas de lapso de tiempo 81, 82, 83 y 84 se toman respectivamente en tiempos secuenciales t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>, t<sub>3</sub> y t<sub>4</sub> respectivamente que están separados temporalmente por el retardo de tránsito t<sub>d</sub>. Las líneas de deposición a lo largo de las cuales se depositan las gotitas se indican por los círculos marcados DL<sub>m</sub>. Las gotitas de material de construcción que los cabezales de impresión P<sub>1</sub> - P<sub>4</sub> depositan se marcan Dr<sub>1</sub> - Dr<sub>4</sub> respectivamente.

En el momento t<sub>1</sub>, en la vista de lapso de tiempo 81, el cabezal de impresión P<sub>1</sub> deposita gotitas Dr<sub>1</sub> de material a lo largo de las líneas de deposición DL<sub>1</sub>, DL<sub>5</sub>,... en las ubicaciones que tienen la coordenada x dada. En el momento t<sub>2</sub>, en la vista de lapso de tiempo 82, el cabezal de impresión P<sub>2</sub> deposita las gotitas Dr<sub>2</sub> en la coordenada x dada a lo largo de las líneas de deposición DL<sub>2</sub>, DL<sub>6</sub>... Cada gotita Dr<sub>2</sub> es adyacente a una gotita Dr<sub>1</sub> depositada previamente y tiende a fusionarse con la gotita Dr<sub>1</sub>. En el momento t<sub>3</sub>, en la vista de lapso de tiempo 83, el cabezal de impresión P<sub>3</sub> deposita las gotitas Dr<sub>3</sub> adyacentes a las gotitas Dr<sub>2</sub> a lo largo de las líneas de deposición DL<sub>3</sub>, DL<sub>7</sub>. Las gotitas Dr<sub>3</sub> se fusionan con las gotitas Dr<sub>1</sub> depositadas previamente y Dr<sub>2</sub> como se muestra en la vista de lapso de tiempo.

Parece que el material en las gotitas fusionadas no fluye fácilmente hacia las regiones vacías 86 mostradas en la vista de lapso de tiempo 83, en la proximidad de las líneas de deposición DL<sub>4</sub>, DL<sub>8</sub>, DL<sub>12</sub>,..., entre las gotitas fusionadas. En el momento t<sub>4</sub>, en la vista de lapso de tiempo 84, cuando el cabezal de impresión P<sub>4</sub> deposita las gotitas Dr<sub>4</sub> en las regiones vacías 86, el material en cada gotita se extrae a cada uno de los grupos de gotitas fusionadas previamente a cada lado de la gotita. La extracción del material genera una ligera laguna 88 en la proximidad de la línea de deposición DL<sub>4</sub>, como se muestra en la vista de lapso de tiempo 84. Las lagunas 88 dan lugar a las estrías en las capas de construcción formadas por RPA 20.

Para obviar las estrías, los botones de alineación y 66 comprendidos en las tomas 54 se configuran de modo que cada gotita dispensada en una coordenada x dada, después de la deposición de material por un primer cabezal de impresión en la coordenada x, se deposita equidistante entre las gotitas depositadas previamente. Los inventores han determinado que cuando se utiliza un método "equidistante" de deposición de gotitas para formar una capa de construcción, las estrías que pueden ocurrir en la capa de construcción eran las gotitas depositadas como se ilustra en la figura 4A, se moderan o son sustancialmente inexistentes. Se observa que la deposición equidistante se puede implementar exacta y completamente para la deposición de gotitas de material de construcción en una capa solo si un número de líneas de deposición utilizadas para construir la capa es igual a una potencia de dos. De lo contrario, el método se puede implementar solo aproximadamente.

La figura 4B ilustra esquemáticamente la deposición "equidistante" de material de construcción para formar una capa de construcción de un objeto. La figura es similar a la figura 4A y muestra una secuencia de vistas esquemáticas en sección transversal de lapso de tiempo 91, 92, 93 y 94. Las vistas en sección transversal están a lo largo de un plano paralelo al plano xz en una coordenada x dada e ilustran la deposición de gotitas de material de construcción depositadas en momentos secuenciales t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>, t<sub>3</sub> y t<sub>4</sub> a lo largo de las líneas de deposición de acuerdo con la deposición equidistante.

En el momento t<sub>1</sub>, en la vista de lapso de tiempo 91, las gotitas Dr<sub>1</sub> se depositan a lo largo de las líneas de deposición DL<sub>1</sub>, DL<sub>5</sub>, DL<sub>9</sub>... En el momento t<sub>2</sub>, en la vista de lapso de tiempo 92, las gotitas Dr<sub>2</sub> se depositan en las líneas de deposición DL<sub>2</sub>, DL<sub>6</sub>... *no adyacentes* a las gotitas Dr<sub>1</sub> pero *equidistantes entre* las gotitas a lo largo de las líneas de deposición DL<sub>3</sub>, DL<sub>7</sub>... En el momento t<sub>3</sub>, en la vista de lapso de tiempo 93, las gotitas Dr<sub>3</sub> se depositan opcionalmente a lo largo de las líneas de deposición DL<sub>4</sub>, DL<sub>8</sub>... Desde los momentos t<sub>1</sub> y t<sub>2</sub> hasta el momento t<sub>3</sub>, el material en las gotitas Dr<sub>1</sub> y Dr<sub>2</sub> respectivamente, se extiende. Se cree que la extensión de las gotitas Dr<sub>1</sub> y Dr<sub>2</sub> rellena parcialmente

las regiones 96 a lo largo de las líneas de deposición DL<sub>4</sub>, DL<sub>8</sub>, DL<sub>12</sub>. Como resultado del relleno, cuando, en la vista de lapso de tiempo 94, las gotitas Dr<sub>4</sub> se depositan en el momento t<sub>4</sub> a lo largo de las líneas de deposición DL<sub>4</sub>, DL<sub>8</sub>, DL<sub>12</sub>, las lagunas no se forman a lo largo de las líneas de deposición y las estrías no se forman.

La figura 4C muestra esquemáticamente una vista inferior del bloque de cabezal de impresión 50 configurado para implementar la deposición equidistante ilustrada en la figura 4B. Las longitudes de los botones de alineación y 66 en las tomas 54 (y opcionalmente las tomas 53) no se reducen linealmente con el aumento en su coordenada x con respecto a la coordenada x de una característica del bloque del cabezal de impresión 50. Como resultado, los cabezales de impresión P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> no depositan material a lo largo de las líneas de deposición DL<sub>1</sub>, DL<sub>2</sub>, DL<sub>3</sub> y DL<sub>4</sub> respectivamente como se muestra en las figuras 3B y 4A. Por el contrario, se configuran para que los cabezales de impresión P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> depositen material a lo largo de las líneas de deposición DL<sub>1</sub>, DL<sub>3</sub>, DL<sub>2</sub> y DL<sub>4</sub> respectivamente, como se muestra en la figura 4B.

Mientras que las características de alineación comprendidas en el bloque del cabezal de impresión 50 y los cabezales de impresión 52 permiten el reemplazo de un cabezal de impresión 52 en el bloque del cabezal de impresión sin tener que ajustar o calibrar la alineación del cabezal de impresión, un cabezal de impresión dado, en general, se caracterizará por características de funcionamiento que son peculiares para el cabezal de impresión. Para proporcionar un funcionamiento adecuado de un cabezal de impresión 52 dado, es ventajoso que el controlador 26 controle cada cabezal de impresión en respuesta a sus características de funcionamiento peculiares. En un aspecto, cada cabezal de impresión 52 está perfilado por los datos de perfil que caracterizan los parámetros de funcionamiento propios del cabezal de impresión. Opcionalmente, como se indicó anteriormente, los datos de perfil se almacenan en una memoria 49, opcionalmente comprendida en la placa de circuito del cabezal de impresión 55. Cuando el cabezal de impresión 52 se monta en una toma 51, las líneas de datos entre el controlador 26 y el cabezal de impresión 52 sobre las cuales el controlador accede a los datos del perfil del cabezal de impresión se establecen por medio de los conectores 47 comprendidos en la placa de circuito.

Los datos de perfil que caracterizan un cabezal de impresión 52 pueden, por ejemplo, comprender datos de funcionamiento que especifican el funcionamiento de cada accionador piezoeléctrico comprendido en el cabezal de impresión que controla la deposición de material de construcción por medio de un orificio de salida 58 del cabezal de impresión. Normalmente, los datos de funcionamiento para el accionador especifican el rendimiento del accionador como una función de voltaje aplicado al accionador, identidad y temperatura del material de construcción que el cabezal de impresión 52 dispensa. Los datos se utilizan generalmente para determinar el tiempo de subida, el tiempo de caída y la amplitud de un pulso de voltaje que el controlador 26 aplica al accionador para controlar el peso y/o la velocidad de eyección de una gota de material de construcción dispensada a través de un orificio 58 con el cual se comunica el accionador. Los datos de perfil comprenden opcionalmente características de funcionamiento de un calentador comprendido opcionalmente en el cabezal de impresión 52, cuyo controlador 26 del calentador se controla para mantener una temperatura deseada de material de construcción en el depósito del cabezal de impresión.

Los datos de perfil pueden comprender también datos para un cabezal de impresión. Por ejemplo, las longitudes de las clavijas de alineación x 60 (figura 2D), mientras que se controlan para que las clavijas x en un mismo cabezal de impresión 52 estén a una misma longitud Δx con respecto a un alto grado de precisión, pueden variar en cantidades relativamente grandes desde un cabezal de impresión 52 a otro. Como resultado, una longitud a priori de clavijas x 60 puede no conocerse a priori para cada cabezal de impresión 52 hasta un grado de precisión requerido para una resolución deseada de RPA 20. Para dichas realizaciones, los datos de perfil para un cabezal de impresión comprenden datos que definen las longitudes de sus clavijas de alineación x.

Mientras que en el ejemplo de realización descrito anteriormente, opcionalmente una memoria 49 situada en una placa de circuito del cabezal de impresión 55 (figura 2D) comprende datos de perfil para el cabezal de impresión, en algunos aspectos, los datos de perfil para un cabezal de impresión 52 está comprendido en un dispositivo de memoria separado del cabezal de impresión. Por ejemplo, opcionalmente un disquete, CD o memoria flash portátil comprende datos de perfil para un cabezal de impresión 52. Los datos se descargan del dispositivo de memoria hasta el controlador 26 utilizando cualquiera de varios métodos y dispositivos conocidos en la técnica cuando el cabezal de impresión se inserta en una toma 51 del bloque de cabezal de impresión 50 (figuras 2A-2C).

En el ejemplo de realización anteriormente descrito, los cabezales de impresión 52 se insertan en tomas individuales 51 en un bloque del cabezal de impresión 50. En algunos aspectos, el bloque del cabezal de impresión no tiene tomas. La figura 5 muestra esquemáticamente una vista inferior de un bloque del cabezal de impresión 100 que no comprende tomas individuales para cada cabezal de impresión montado en el bloque, sino que comprende una única cavidad de montaje 102 para recibir los cabezales de impresión 104.

Los cabezales de impresión 104 son opcionalmente idénticos y cada uno está provisto de dos clavijas de alineación x 60 y una clavija de alineación y 62. Además, cada cabezal de impresión 104 está provisto de dos botones de alineación x 106. La cavidad de montaje 102 comprende los botones de alineación y 108 y los elementos elásticos 110 asociados que corresponden a las clavijas de alineación y 62 comprendidas en los cabezales de impresión 104 para, a modo de ejemplo, ocho cabezales de impresión 104. Las longitudes de los botones de alineación y opcionalmente aumentan linealmente con un aumento en su coordenada x con respecto a la coordenada x de una característica en el bloque

del cabezal de impresión 100. La cavidad de montaje 102 también comprende dos botones de alineación x 112 y elementos elásticos 114 correspondientes.

5 Cuando se insertan ocho cabezales de impresión 104 en la cavidad de montaje 102, los elementos elásticos 114 empujan a los cabezales de impresión uno sobre el otro a lo largo de la dirección x. Como resultado, las clavijas x 60 de un cabezal de impresión se presionan con los botones x 106 de un siguiente cabezal de impresión y las clavijas x de un último cabezal de impresión presionan sobre los botones de alineación x 114 en la cavidad. Los elementos elásticos 110 empujan a los cabezales de impresión 104 de modo que su clavija y presione contra los botones y en la cavidad de montaje 102. El funcionamiento de las clavijas de alineación x e y en los cabezales de impresión 104 y los botones x e y correspondientes y los elementos elásticos en la cavidad de montaje 102 funcionan para alinear los cabezales de impresión.

15 Cada lámpara de radiación 120 (como se muestra por ejemplo en la figura 2A) comprendida en la lanzadera 28 comprende opcionalmente una bombilla 122 de luz UV que proporciona luz UV para polimerizar el material de construcción dispensado por los cabezales de impresión 52, un reflector 124 y un alojamiento 126 que soporta y contiene el reflector y la bombilla. La bombilla 122 de luz UV es opcionalmente una bombilla de tipo de descarga tal como una bombilla de descarga de Mercurio o Xenón. Opcionalmente, la lámpara 120 comprende una placa de cobertura 128 protectora que es transparente a la luz UV proporcionada por la bombilla 122 y cubre una apertura 129 de la lámpara a través de la cual proporciona luz.

20 La figura 6A muestra esquemáticamente una vista ampliada de la lanzadera 28, mostrada en la figura 1, en la que los componentes de una lámpara 120 se muestran como se ve a través del alojamiento 126 de la lámpara, cuyo contorno se indica por líneas discontinuas. En la figura, el reflector 124 se muestra parcialmente recortado. Las figuras 6B y 6C muestran vistas en sección transversal de la lámpara 120 en los planos indicados por las líneas AA y BB.

25 La luz UV proporcionada por la lámpara 120 que se refleja de nuevo a los cabezales de impresión 52 desde una capa de construcción formada por RPA 20 y/o las superficies de la plataforma de construcción 24 (figura 1) pueden polimerizar el material de construcción sobre un cabezal de impresión 52 (figura 2A) u otras partes de la lanzadera 28. El material de construcción polimerizado en un cabezal de impresión 52 puede bloquear un orificio u orificios de salida 58 en el cabezal. Además, los grupos de material de construcción endurecido o parcialmente endurecido sobre un cabezal de impresión 52 u otra región de la lanzadera 28 puede caer sobre o colisionar con un objeto, tal como el objeto 22 (figura 1), que se está construyendo por el RPA y dañar el objeto.

35 Los inventores han encontrado que una cantidad de luz reflejada de nuevo desde una capa de construcción hasta la lanzadera 28 es una función de una altura por encima de la capa de construcción y las regiones superficiales de la plataforma de construcción 24 a la cual la lámpara proporciona la luz. La forma de dependencia de la cantidad de luz reflejada que alcanza la lanzadera 28 como una función de la altura es similar a la mostrada en la figura 6D en una gráfica 180, que representa gráficamente la cantidad de luz reflejada "RR" que alcanza la lanzadera como una función de la altura "H".

40 Mientras que, la cantidad de luz reflejada es relativamente pequeña para valores de H relativamente grandes así como relativamente pequeños, es por supuesto ventajoso hacer H relativamente pequeño mejor que relativamente grande para utilizar la luz proporcionada por la lámpara 120 eficazmente. Por lo tanto, en un aspecto, las lámparas 120 se montan en la lanzadera 28 de modo que en general durante la impresión de las capas de construcción por RPA 20 sus aperturas 129 respectivas están relativamente cerca de las capas de construcción. En algunos aspectos, las aperturas 129 están a menos de aproximadamente 10 mm desde las capas de construcción producidas por RPA 20. En algunos aspectos, las aperturas 129 están a menos de aproximadamente 15 mm desde las capas de construcción producidas por RPA 20. En algunos aspectos, las aperturas 129 están a menos de aproximadamente 10 mm desde las capas de construcción producidas por RPA 20. En algunos aspectos, las aperturas 129 están a aproximadamente 5 mm desde las capas de construcción producidas por RPA 20.

45 Un problema encontrado a menudo en la producción de objetos por un RPA de chorro de tinta, tal como RPA 20, es que puede ser relativamente difícil proporcionar a los objetos unos bordes y características claramente definidos. El material a lo largo de los bordes de una capa de construcción de un objeto producido por un RPA tiende a "ejectarse" durante la producción y, como resultado, los bordes tienden a deformarse y perder definición. Los inventores han determinado que el material a lo largo de las superficies de los bordes de una capa de construcción de un objeto tiende a ser polimerizado de manera relativamente lenta e ineficazmente y que esta polimerización relativamente lenta e ineficaz contribuye a la definición deficiente de los bordes y al detalle fino en un objeto. Además, la polimerización ineficaz puede dejar bordes en el objeto sin endurecer y "pegajosos".

50 La polimerización ineficaz, lenta o parcial de material a lo largo de las superficies de los bordes evidenció que un objeto producido por un RPA de la técnica anterior parece ser el resultado de una luz polimerizante proporcionada por las lámparas del RPA de la técnica anterior que tienen una intensidad relativamente baja y que se reflejan de manera relativamente fuerte desde las superficies de los bordes.

La intensidad creciente de la luz polimerizante proporcionada por una lámpara de UV en general no alivia el problema. La mayoría del material en el cuerpo de una capa de construcción de un objeto formado por un RPA se polimeriza de manera relativamente rápida a intensidades de luz UV que no son suficientes para polimerizar rápida y eficazmente el material de construcción a lo largo de las superficies de los bordes de la capa. La intensidad creciente de la luz UV es por lo tanto un desperdicio de energía y la mayoría del aumento en la intensidad se debe al calentamiento del material en el cuerpo de la capa que ya se ha polimerizado. El calentamiento aumentado aumenta la tensión por calor en los componentes del RPA y en la capa, tiende a generar distorsiones en las capas y degrada la precisión con la que se forma el objeto y la calidad del objeto.

En un aspecto, para aumentar la eficacia con la que una lámpara UV proporciona luz que polimeriza el material de construcción a lo largo de los bordes de una capa de construcción sin desperdiciar indebidamente energía en un calentamiento indeseado, la lámpara proporciona luz en ángulos relativamente grandes al normal del plano de la capa de construcción. Para una intensidad dada de luz proporcionada por la lámpara, una relación de intensidad de luz incidente en las superficies de los bordes de la capa con respecto a la incidente en las superficies paralelas al plano de la capa aumenta cuando aumenta el ángulo de incidencia. Como resultado, la eficacia de la polimerización del material de construcción a lo largo de los bordes aumenta con respecto a la del material en el cuerpo de la capa cuando aumenta el ángulo de incidencia. Un ángulo de incidencia e intensidad de luz UV adecuados pueden determinarse por lo tanto de modo que la luz polimerice eficazmente el material en los bordes así como en el cuerpo de una capa de construcción sin calentamiento excesivo y desperdicio de energía. El material en los bordes de las capas de construcción producidas por un RPA que tiene una lámpara UV se polimeriza de manera relativamente eficaz. Como resultado, los bordes no son tan susceptibles de correr y deformarse como lo son los bordes de las capas de construcción producidos por los RPA de la técnica anterior y tienden a tener una definición mejorada.

A modo de ejemplo, las lámparas UV 120 comprendidas en la lanzadera 28 proporcionan una gran parte de su salida de luz UV en los ángulos de incidencia iguales, opcionalmente, a aproximadamente 45°. Opcionalmente, el reflector 124 en las lámparas UV comprende un reflector 130 de bordes y opcionalmente, reflectores planos 132, que son, opcionalmente, superficies de alojamiento 126 que se tratan de manera que reflejan la luz proporcionada por la bombilla 122. Opcionalmente, el reflector 130 de bordes comprende dos reflectores parabólicos 134 de imágenes especulares que se encuentran a lo largo de un borde 136 común y se posicionan de manera que sus puntos focales respectivos sean sustancialmente coincidentes. La bombilla 122 de radiación se monta opcionalmente en el reflector 130 de bordes a través de agujeros adecuados en el reflector. Los extremos de contacto 138 de la bombilla 122 se montan en las tomas de potencia (no mostradas) comprendidas en el alojamiento 126 que proporcionan contacto eléctrico de la bombilla 122 a un suministro de potencia (no mostrado). Opcionalmente, las tomas proporcionan soporte para la bombilla 122 y mantienen la bombilla en posición en el alojamiento 126.

La bombilla 122 tiene un "punto caliente" 140 localizado desde el cual la mayoría de la luz proporcionada por la bombilla emana y está posicionada de modo que el punto caliente 140 esté situado sustancialmente en los puntos focales de los reflectores parabólicos 134. Cada reflector parabólico 134 está posicionado de modo que una porción relativamente grande de luz que emana del punto caliente 140 se refleje sustancialmente en un ángulo de aproximadamente 45° con respecto a la placa de cobertura 128 a través de la cual la luz sale de la lámpara 120 y es incidente sobre una capa de construcción que está formada por RPA 20.

La vista en sección transversal de la lámpara 120 en la figura 6B muestra esquemáticamente los reflectores parabólicos 134 que reflejan los rayos 150 de luz UV desde el punto caliente 140 de modo que la luz sale de la lámpara a través de la placa de cobertura 128 a aproximadamente 45° con respecto al plano de la placa de cobertura. La luz reflejada es incidente sobre una región de una capa de construcción 152 producida por RPA 20. La capa 152 tiene bordes 154 que se muestran muy ampliados en las inserciones 156. La luz UV que sale de la lámpara 120 a aproximadamente 45° con respecto al plano de la capa de construcción 152 es incidente sobre las regiones superficiales de los bordes 154 a lo largo de las direcciones que están relativamente cerca de las direcciones de los normales, indicados por las flechas de bloque 158, con respecto a las superficies de los bordes. Como resultado, la intensidad relativa de la luz incidente sobre las superficies de los bordes 154 aumenta y una porción relativamente grande de luz incidente penetra en el material de construcción a lo largo de los bordes y es eficaz en polimerizar el material.

La figura 6C muestra esquemáticamente los reflectores planos 132 que reflejan los rayos de luz 159 desde el punto caliente 140 de modo que salgan de la placa de cobertura 128. Para proporcionar una luz relativamente intensa para polimerizar el material en una capa de construcción formada por RPA 20, opcionalmente, los espejos planos están relativamente cerca unos de otros de modo que la luz proporcionada por la bombilla 122 que sale de la lámpara 120 se concentre en una región superficial relativamente pequeña de la capa de construcción. Los inventores han determinado que los reflectores planos relativamente cercanos contribuyen a reducir una cantidad de luz UV proporcionada por la lámpara 120 que se refleja hacia los orificios en los cabezales de impresión comprendidos en la lanzadera 28.

Las figuras 7A y 7B muestran esquemáticamente vistas en sección transversal de variaciones de la lámpara UV 120. Las vistas en sección transversal están en el plano indicado por la línea AA mostrado en la figura 6A y son similares al mostrado en la figura 6B. En la figura 7A un reflector 160 de bordes y similar al reflector de bordes 124, comprende

cuatro reflectores parabólicos 161, 162, 163 y 164. Los reflectores parabólicos 161 y 163 son imágenes especulares entre sí y los reflectores parabólicos 162 y 164 son imágenes especulares entre sí. Los puntos focales de todos los espejos parabólicos coinciden sustancialmente con el punto caliente 140 de la bombilla 122. En la figura 7B un reflector de bordes 170, similar al reflector de bordes 124, comprende dos reflectores parabólicos "prismáticos" 171 y 172 y los reflectores planos 173 y 174. Los reflectores parabólicos 171 y 172 son imágenes especulares entre sí y cada uno comprende dos paneles planos 175. Los reflectores planos 172 y 174 son imágenes especulares entre sí.

Las bombillas de tipo de descarga, tales como las bombillas de descarga de Hg y Xe, que se utilizan convencionalmente para proporcionar luz UV, requieren generalmente un suministro de potencia de alto voltaje y un sistema de encendido complejo para su funcionamiento, generan cantidades relativamente grandes de calor y no pueden encenderse y apagarse rápidamente.

En algunos aspectos, las lámparas UV comprenden LED que proporcionan luz UV para polimerizar material de construcción. Los LED UV generan cantidades relativamente pequeñas de energía térmica en comparación con la energía UV que suministran, pueden encenderse y apagarse relativamente rápidamente y pueden proporcionar radiación UV en un ancho de banda relativamente pequeño de la radiación deseada. Las intensidades de salida de los LED se pueden controlar relativamente fácilmente y se pueden empaquetar en conjuntos relativamente densos para proporcionar luz UV en las intensidades requeridas para la polimerización rápida de materiales de construcción utilizados por los RPA.

Encender y apagar los LED es una operación inmediata, que no implica retardos o radiación de interferencia por RF (radio frecuencia) típica de la operación de las bombillas de tipo de descarga. El proceso de construir un objeto empieza rápidamente y el proceso en sí es más fiable debido al encendido/apagado inmediato mencionado anteriormente de los LED.

Además, el uso de los LED reduciría la deformación del modelo impreso por un número de razones, por ejemplo, una diferencia significativa en la temperatura entre el objeto (durante el proceso de construcción) y la temperatura ambiente es una causa de la deformación en el objeto impreso final después del enfriamiento, especialmente cuando el enfriamiento se lleva a cabo rápido y no uniformemente durante todo el proceso. Cuando los conjuntos de LED disipan solo una pequeña cantidad de calor por cantidad de curado, el objeto construido se procesa en condiciones de temperatura inferior que cuando se utilizan las lámparas de descarga y por lo tanto la deformación que puede ocurrir durante el enfriamiento disminuye.

La figura 8 muestra esquemáticamente una lanzadera 28 que comprende lámparas UV 190, cada una de las cuales comprende opcionalmente un conjunto 191 empaquetado densamente de LED 192 que proporcionan luz UV. Opcionalmente, los LED 192 están en forma de matriz (es decir, dispositivo semiconductor, y en este caso, los LED no empaquetados) y se disponen en un paso de aproximadamente 1 mm. Opcionalmente, los LED 192 son LED SMD, que se pueden configurar en un conjunto 191 con un paso inferior a 2 mm. Para proporcionar radiación UV que es incidente a un ángulo relativamente grande de incidencia en las regiones de una capa de construcción formada por RPA 20, opcionalmente, cada LED 192 se acopla a una microlente utilizando métodos conocidos en la técnica que dan forma a la luz proporcionada por el LED en sustancialmente un haz de luz cónico que tiene un ángulo cónico relativamente amplio. Opcionalmente, el ángulo cónico es mayor que aproximadamente 80° (ángulo cónico completo). Opcionalmente, el ángulo cónico es mayor que aproximadamente 100° (ángulo cónico completo). Opcionalmente, el controlador 26 controla la intensidad de la luz proporcionada por un LED UV 192 controlando la corriente o el voltaje suministrado al LED. Opcionalmente, el controlador 26 entrega energía a un LED 192 en la forma de un tren de pulsos de corriente o voltaje y el controlador controla un ciclo de trabajo del pulso para controlar la intensidad de la luz UV del LED.

En un aspecto, el controlador 26 (figura 1) que controla el funcionamiento de la lanzadera 28 controla las intensidades de la luz UV proporcionada por los LED 192 en el conjunto 191 independientemente de las intensidades proporcionadas por otros LED en el conjunto. En particular, el controlador controla los LED 192 individuales de modo que limitan la radiación UV que la lámpara 190 proporciona donde y cuando se necesita. Por ejemplo, al imprimir una capa de construcción 34, la capa puede tener regiones no impresas donde no se deposita el material de construcción. Opcionalmente, el controlador 26 controla los LED 192 de modo que las regiones no impresas reciben poca o sustancialmente ninguna luz UV. Durante la producción de un objeto, tal como el objeto 22, como se ha indicado antes, el controlador 26 inicia periódicamente un procedimiento de mantenimiento y mueve la lanzadera 28 lejos de la plataforma de construcción 24 hasta las áreas de mantenimiento 200 para su limpieza. En la duración del procedimiento de limpieza, el controlador 26 apaga opcionalmente los LED 192.

Mientras que los LED 192 generan relativamente poco calor, ellos y/o la circuitería asociada con los LED generan calor y, en un conjunto densamente empaquetado, puede ser ventajoso proporcionar a las lámparas 190 características para mejorar la disipación de calor. En algunos aspectos, los LED 192 se montan en los disipadores térmicos apropiados y/o se acoplan a dispositivos de Peltier, y/o están provistos de ventiladores adecuados para aumentar la disipación térmica.

En algunos aspectos, un RPA similar a RPA 20 comprende una lanzadera en la que los LED están posicionados relativamente lejos de las capas de construcción que produce el RPA. La luz UV de los LED se conecta a las capas de construcción mediante tubos de luz o fibras ópticas.

5 Las figuras 9A y 9B muestran esquemáticamente vistas en perspectiva de una lanzadera 194 que comprende LED 196 que se posicionan relativamente lejos de las capas de construcción que imprime la lanzadera. La figura 9A muestra una vista en perspectiva de la lanzadera 194 desde la parte inferior. La figura 9B muestra una vista en perspectiva de la lanzadera "con el lado derecho hacia arriba" y una capa 198 de construcción. Los LED 196 se acoplan a fibras ópticas o tubos de luz 200 que conectan la luz desde los LED hasta la capa de construcción. La luz UV de los LED 196 salen de los tubos de luz 200 mediante los extremos 202, que se soportan por una estructura o alojamiento de soporte adecuados (no mostrado) en proximidad cercana a la capa de construcción 198 (figura 9B). Opcionalmente, los extremos 202 se acoplan a o están formados por una lente adecuada de modo que la luz UV sale en un cono de luz que tiene un ángulo cónico relativamente grande. Los LED 196 y opcionalmente la circuitería asociada con los LED se soportan o montan en un alojamiento (no mostrado) en una configuración relativamente "abierta" para mejorar la disipación térmica.

Tal y como se ha indicado anteriormente, periódicamente durante la producción de un objeto, el controlador 26 mueve la lanzadera 28 hasta el área de mantenimiento 220 (figura 1) y realiza un procedimiento de limpieza. El procedimiento de limpieza comprende generalmente un procedimiento de purga en el que el material de construcción se libera desde todo el orificio a la vez para refrescar el flujo de material a través del cabezal de impresión. El controlador 26 después controla la lanzadera 28 para contactar un borde de al menos una primera cuchilla de limpieza 225 y una segunda cuchilla de limpieza 227 y moverse en una dirección sustancialmente perpendicular al borde de modo que la cuchilla de limpieza barre las gotitas residuales de material que permanece en la superficie del orificio después de la purga así como los "residuos" de material de construcción en exceso y la suciedad que se acumulan en las superficies de los cabezales de impresión 52 durante la producción.

Las figuras 10A y 10B muestran esquemáticamente una vista en perspectiva ampliada y en sección transversal respectivamente de la parte inferior de la lanzadera 28 durante un procedimiento de limpieza. La figura muestra las cuchillas de limpieza 225 y 227 eliminando los residuos de material de construcción 229 y barriendo las superficies limpias, en lo sucesivo "superficies de orificio" 230, de los cabezales de impresión 52 en los que se sitúan los orificios de salida 58.

Las cuchillas de limpieza 225 y 227 tienen bordes de "limpieza" 226 y 228 respectivamente que están opcionalmente paralelas entre sí y al eje x. Opcionalmente, el borde de limpieza 226 de la primera cuchilla de limpieza 225 está cerca pero desplazada de las superficies de orificio 230 y no está en contacto con ellas. El borde de limpieza 228 de la segunda cuchilla de limpieza 227 está en contacto con las superficies de orificio 230. La lanzadera 28 se mueve en paralelo al eje y en una dirección indicada por la flecha de boque 232. Al moverse la lanzadera 28, el borde 226 de la primera cuchilla de limpieza 225 elimina las acumulaciones de residuos relativamente grandes que sobresalen sustancialmente desde las superficies de orificio 232. El borde 228 de la segunda cuchilla de limpieza 227 elimina los residuos restantes y raspa las superficies limpias.

Los residuos 229 eliminados de las superficies de los cabezales de impresión 52 limpiando las cuchillas 225 y 227 caen o gotean en el sumidero 222 mostrado en líneas discontinuas. Una distancia suficiente separa las primeras y segundas cuchillas de barrido 225 y 227 de modo que los residuos eliminados de las superficies de orificio 230 mediante los bordes de limpieza 226 y 228 de las cuchillas no estén impedidos de gotear o caer en el sumidero 222. Una bomba de vacío adecuada (no mostrada) elimina los residuos acumulados en el sumidero 222 durante los procedimientos de mantenimiento.

Los inventores han encontrado que mediante la utilización de dos cuchillas una escobilla previa, es decir, la primera escobilla de limpieza 225, que no está en contacto con las superficies 230 de los cabezales de impresión 52 y un rascador, es decir, la segunda cuchilla de limpieza 227, que está en contacto y raspa las superficies, se reduce una tendencia de los residuos a acumularse entre los cabezales de impresión durante la limpieza.

En algunos aspectos, los bordes de las cuchillas de limpieza no están rectos pero tienen una forma ondulada o festoneada. La figura 10C muestra esquemáticamente una cuchilla de limpieza 240 que tiene un borde 242 festoneado. Un borde de cuchilla de limpieza recto tiende a empujar las porciones de residuos que la cuchilla raspa de los cabezales de impresión 52 lateralmente a lo largo del borde de la cuchilla. Los residuos que se fuerzan a lo largo del borde tienen una tendencia a quedar atrapados y a acumularse en espacios entre los cabezales de impresión. Un borde festoneado tiende a evitar el movimiento lateral de los residuos eliminados y dirigir los residuos hacia abajo hacia el sumidero 222.

Un borde festoneado no es el único borde conformado que funciona para evitar el movimiento lateral de los residuos a lo largo del borde. La figura 10D muestra esquemáticamente una cuchilla de limpieza 244 que tiene un borde 246 conformado como un tren de pulsos triangulares, que por ejemplo, funcionará de manera similar.

65

En algunos aspectos, el área de limpieza 220 (figura 1) comprende una única cuchilla de limpieza. Las figuras 11A y 11B muestran esquemáticamente unas vistas en perspectiva y en sección transversal respectivamente de la lanzadera 28 que se está sometiendo a una limpieza de mantenimiento durante la cual, opcionalmente, una única cuchilla de limpieza 248 limpia las superficies de orificio 230 de los cabezales de impresión 52.

La cuchilla de limpieza 248 comprende una fina cuchilla elástica formada opcionalmente de plástico, caucho o metal. Opcionalmente, la cuchilla de limpieza 248 está formada de una fina hoja de acero de aproximadamente 50 micrómetros de espesor. La cuchilla de limpieza 248 está montada sobre el sumidero 222 de modo que está inclinada con respecto a las superficies 230 de los cabezales de impresión 52. Durante la limpieza, el controlador 26 (figura 1) posiciona la lanzadera 28 de modo que las superficies 230 (figura 11B) presionan hacia abajo la cuchilla de limpieza 248 provocando que la cuchilla contacte las superficies en un ángulo agudo y un borde de limpieza 250 de la cuchilla para presionar elásticamente sobre las superficies. Una lanzadera 28 se mueve en la dirección de la flecha de bloque 232, el borde de limpieza 250 raspa de manera eficaz los residuos 229 fuera de las superficies 230 de modo que gotea y/o cae en el sumidero 222.

En algunos aspectos, una cuchilla de limpieza similar a la cuchilla de limpieza 248 está ranurada de modo que comprende una pluralidad de dientes flexibles individualmente. La figura 11C muestra esquemáticamente una lanzadera de limpieza 28 de la cuchilla de limpieza ranurada 260. La cuchilla de limpieza 260 comprende una pluralidad de dientes 262 que tiene bordes de limpieza 264. Durante la limpieza, cada diente 262 contacta una superficie 230 de un cabezal de impresión 52 diferente en un ángulo agudo y un borde 264 del diente presiona elásticamente sobre la superficie. Puesto que cada diente 262 es flexible sustancialmente independientemente de los otros dientes, cada diente 262 se ajusta a la altura, es decir, la coordenada z, de la superficie 230 del cabezal de impresión 52 que limpia independientemente de los otros dientes. La cuchilla de limpieza 260 es por lo tanto capaz de compensar eficazmente las pequeñas diferencias de las alturas de las superficies 230.

Se observa que el ranurado no es ventajoso solo para las cuchillas que funcionan como las cuchillas 248 y 260. Las cuchillas de limpieza similares a las cuchillas 225 y 227 (figura 10A) y las cuchillas 242 y 246 se pueden ranurar de modo que en efecto cada cuchilla comprende una pluralidad de pequeñas cuchillas de limpieza (es decir, dientes), cada uno de los cuales limpia un cabezal de impresión 52 diferente y se ajusta sustancialmente independientemente de las diferencias de alturas de las superficies de las superficies 230 de los cabezales.

A pesar de la implementación de la limpieza de mantenimiento regular de los cabezales de impresión 52, durante la construcción de un objeto, los residuos del material de construcción pueden caer sobre una capa de construcción, o durante el nivelado de una capa de construcción, se puede dañar la capa, dejándola, en cualquier caso con protuberancias indeseadas. Para tales situaciones, las protuberancias en la capa no solo pueden dañar la calidad de la siguiente capa que se deposita sobre la capa dañada, sino que, al moverse la lanzadera 28 sobre la capa de construcción puede chocar con la protuberancia y dañarse.

Por lo tanto, un RPA, tal como RPA 20, comprende opcionalmente un sistema de detección de obstáculos. El sistema de detección genera señales en respuesta a las protuberancias indeseadas que se pueden formar sobre una capa de construcción y transmite las señales al controlador 26. El controlador realiza una acción correctiva, tal como intentar nivelar la capa utilizando el rodillo nivelador 27, o bien detiene la producción del objeto y genera una alarma que indica que se requiere la intervención del usuario.

Las figuras 12A y 12B muestran esquemáticamente una vista en perspectiva y una vista en sección transversal respectivamente de un RPA 300 similar al RPA 20 y que comprende un sistema de detección de obstáculos 302. Solo los componentes y características del RPA 300 relacionados con la descripción se muestran en la figura 12A y 12B. En las figuras, el RPA 300 se muestra formando capas 304 de material de construcción durante la producción de un objeto (no mostrado) y detectando protuberancias en una capa de construcción 306 superior.

El sistema de detección de obstáculos 302 comprende opcionalmente un láser 308 y ópticas asociadas según se requiera (no mostrado), controlables por el controlador 26 para proporcionar, opcionalmente, un haz de láser 310 de luz láser. El sistema de detección comprende un detector óptico 312, y las ópticas asociadas según se requiere (no mostrado), para detectar la luz proporcionada por el láser 308. Opcionalmente, el láser 308 y el detector 312 se montan sobre los carros 314 y 315 respectivamente que se encuentran en las ranuras 316 y 317 formadas en la mesa de trabajo 25. Los carros 314 y 315 se montan opcionalmente en los ejes roscados 318 y 319 situados en las ranuras 316 y 317 respectivamente. Las ranuras son opcionalmente paralelas al eje y. El controlador 26 controla al menos un motor (no mostrado) para girar los ejes 318 y 319 y posicionar los carros 314 y 315 en las ubicaciones deseadas a lo largo de sus ranuras 316 y 317 respectivas y de este modo en las coordenadas y deseadas. Opcionalmente, el láser 308 y el detector 312 son controlables por el controlador 26 para subir y bajar en las direcciones perpendiculares a la mesa de trabajo 25 (es decir, en paralelo al eje z).

Para detectar las protuberancias en la capa de construcción 306 superior, el controlador 26 posiciona el haz láser 10 de modo que está en contacto con la superficie de la capa a lo largo de una longitud del haz láser y mueve el carro 314 a lo largo de la ranura 316 de modo que, al moverse, las protuberancias que pueden estar presentes en la capa al menos parcialmente bloquean la luz en el haz láser. Al moverse el controlador 26, el láser 308 mueve el detector

312 para detectar la luz del haz de lápiz 10. Las señales generadas por el detector 312 en respuesta a la luz en el haz 10 indican si y cuando está bloqueado el haz y por lo tanto la presencia de una protuberancia. La figura 12C muestra esquemáticamente un haz láser que es bloqueado por una protuberancia 320. Opcionalmente, el controlador 26 mueve el láser 308 y el detector 312 de modo que el haz de lápiz 10 precede a la lanzadera 28 al moverse a lo largo del eje y y "escanea" una región de la capa superior 306 para las protuberancias justo antes de que los cabezales de impresión en la lanzadera sobreimpriman la región con material de construcción para una siguiente capa de construcción.

Se observa que para la configuración del sistema de detección de obstáculos 302 mostrado en la figura 12A y 12B, el movimiento del láser 308 y el detector 312 se limita a lo largo del eje z. La limitación no afecta a la capacidad del sistema de detección 302 para detectar las protuberancias en una capa de construcción superior porque se asumió para RPA 300, como para RPA 20, que para cada nueva capa de construcción, la plataforma de construcción 24 se baja sustancialmente en un espesor de capa. Como resultado, todas las capas de construcción producidas por el RPA 300 están producidas en sustancialmente una misma altura por encima de la mesa de trabajo 25, es decir, en una misma coordenada z, o en alturas por encima de la mesa de trabajo dentro de un mismo pequeño intervalo de alturas.

Sin embargo, en algunos RPA, las capas de construcción no están todas producidas en una misma coordenada z sustancialmente. En su lugar, la lanzadera del RPA se eleva por un espesor de la capa para cada capa de construcción de al menos algunas nuevas capas que produce el RPA. Para dichas realizaciones, puede ser ventajoso, si no es necesario, para un sistema de detección de obstáculos tener un intervalo dinámico a lo largo del eje z sustancialmente mayor que el del sistema de detección 302. Un sistema de detección de obstáculos puede por supuesto, cuando se requiera o sea ventajoso, estar provisto de modo que tenga un intervalo dinámico sustancialmente mayor a lo largo del eje z que el del sistema de detección 302.

La figura 12D muestra esquemáticamente un sistema de detección de obstáculos 330, que es una variación del sistema 300. El sistema de detección de obstáculos 330 tiene un intervalo dinámico a lo largo del eje z sustancialmente mayor que el del sistema 302. El sistema de detección 330 comprende opcionalmente los carros 332 teniendo cada uno una corredera 334 controlable para subir y bajar. Un láser 308 y detector 312 se montan en las correderas 334 en distintos carros 332 y son opcionalmente controlables para posicionarse en distintas ubicaciones a lo largo de la longitud de la corredera en la dirección z. Un intervalo dinámico para posicionar el láser 308 y el detector 312 es sustancialmente igual a un intervalo dinámico de movimiento de las correderas 334 en la dirección z más sustancialmente una extensión de las correderas en la dirección z. Alternativamente, a modo de otro ejemplo, un láser y detector para detectar las protuberancias se puede montar en la lanzadera 28 de modo que se mueven en paralelo al eje z con la lanzadera.

Se observa que los sistemas de detección de obstáculos, tal como por ejemplo los sistemas de detección 302 y 330, se pueden utilizar no solo para detectar protuberancias en las capas de construcción sino también la presencia de obstáculos sobre la plataforma de construcción 24. Dichos obstáculos pueden, por ejemplo, comprender piezas de un primer objeto construido por un RPA y dejado inadvertidamente sobre la plataforma de construcción del RPA que puede interferir con la producción de un segundo objeto posterior por el RPA.

Opcionalmente, un RPA comprende un sistema de detección de colisiones para detectar si y cuando la lanzadera del RPA colisiona con un obstáculo. Después de ocurrir una colisión, el controlador 26 opcionalmente detiene la producción de un objeto y genera una alarma para alertar a un usuario de que ha ocurrido una colisión y que se requiere su intervención.

A modo de ejemplo, el RPA 300 mostrado en las figuras 12A-12D se muestra comprendiendo un sistema de detección de colisiones 340 montado opcionalmente sobre la lanzadera 28. Opcionalmente, el sistema de detección de colisiones 340 comprende un acelerómetro (no mostrado) que genera señales en respuesta a la aceleración de la lanzadera 28. Una colisión normalmente genera una fuerza que produce una aceleración de la lanzadera indeseada que tiene un perfil característico utilizable para identificar la aceleración que resulta de una colisión. Por ejemplo, una colisión da como resultado en general un impulso aplicado a la lanzadera que produce una aceleración identificable correspondiente.

Mientras que en las figuras 12A-12D el sistema de colisiones 340 se muestra montado en la lanzadera 28, un sistema de detección de colisiones se puede montar en o sobre otros componentes de un RPA. Por ejemplo, un sistema de detección de colisiones se puede montar sobre un componente (no la lanzadera) del RPA para detectar vibraciones en el componente características de aquellas generadas por una colisión. En algunos aspectos, un sistema de detección de colisiones comprende un micrófono y algoritmos asociados para identificar sonidos que acompañan normalmente a una colisión.

La resolución de impresión de las gotitas de las capas de construcción dispensadas por un RPA (es decir, densidad de gotitas de material de construcción impresas a lo largo de las direcciones x e y) y otros parámetros "de funcionamiento" que definen las especificaciones de funcionamiento de un RPA son generalmente funciones complejas entre sí. Por ejemplo, la "relación de desechos" se define convencionalmente como una relación de cantidad de material de construcción eliminada de una capa de construcción impresa mediante la nivelación del rodillo 27 (figura 1) hasta una cantidad de material impreso para formar la capa. Con el aumento de la relación de desechos,



generalmente, se reduce el espesor de una capa, aumenta la calidad de la construcción (aumenta la resolución de la construcción en la dirección de apilamiento, es decir, la dirección z), se reduce la velocidad de producción y aumenta el coste. Para proporcionar un funcionamiento eficaz de un RPA, los valores para estos parámetros de funcionamiento se determinan en respuesta a sus interdependencias. Ya que, las interdependencias de unos parámetros de funcionamiento de un RPA son generalmente múltiples, es normalmente complicado determinar un conjunto de valores para los parámetros de funcionamiento que proporcionan un funcionamiento eficaz del RPA. La resolución y otros parámetros de funcionamiento de un RPA se establecen generalmente en fábrica y no son ajustables por un usuario. Como resultado, un usuario tiene flexibilidad limitada en determinar las especificaciones de producción, en lo sucesivo "especificaciones del objeto", que definen las calidades y características deseadas de un objeto que produce el RPA.

Para proporcionar flexibilidad y control del usuario expandido de los parámetros de funcionamiento de un RPA y por lo tanto de las especificaciones del objeto, el controlador del RPA está provisto de algoritmos y datos de funcionamiento del "RPA". Los algoritmos y datos de funcionamiento del RPA permiten a un usuario ajustar los parámetros de funcionamiento de un RPA en respuesta a las especificaciones deseadas de un objeto que produce el RPA. El usuario introduce información al RPA que define las especificaciones deseadas del objeto y el controlador ajusta los parámetros de funcionamiento del RPA en respuesta a los datos y algoritmos del RPA para satisfacer las especificaciones del objeto. Si no se puede cumplir un perfil particular de especificaciones del objeto, el controlador comunica al usuario que no se pueden cumplir y le indica qué opciones de especificación de objeto están disponibles y cómo proceder para establecer un perfil de especificación de objeto aceptable.

Por ejemplo, el controlador 26 del RPA 20 está provisto opcionalmente de datos que correlacionan los valores para el espesor de la capa (LT), la resolución de impresión del eje x y/o (PR) y el voltaje de activación (DV) para los cabezales de impresión 52 que controlan el volumen de las gotitas de material de construcción que dispensan los cabezales de impresión. La figura 13 muestra una gráfica esquemática 350 de los datos del RPA disponibles para el controlador 26. La gráfica 350 muestra una superficie 360 que relaciona los valores del espesor de la capa LT, la resolución PR y el voltaje de funcionamiento DV para un cabezal de impresión 52. (Los datos de funcionamiento tales como se representan por la gráfica 350 pueden ser diferentes para cabezales de impresión diferentes. Como se indicó anteriormente, dichos datos de funcionamiento se proporcionan al controlador 26 para cada cabezal de impresión 52 por la memoria 49 comprendida en la placa de circuitos del cabezal de impresión 55). Se asume la resolución medida en unidades de ppp, puntos o gotitas de material de construcción dispensados por pulgada a lo largo del eje x o y mostrado, por ejemplo, en la figura 1, para producir una capa de construcción. Las líneas 361 y 362 sobre la superficie 360 ayudan a visualizar la superficie y están en planos paralelos respectivamente a los planos DV-LT y PR-LY en la gráfica 350. Las líneas 361 y otras líneas en los planos paralelos al plano DV-LT muestran el espesor de la capa LT como una función del voltaje de activación DV para valores constantes diferentes de resolución PR. Las líneas 362 y otras líneas en la superficie 360 que son paralelas al plano PR-LT muestran LT como función de PR para valores constantes diferentes de DV. Cuando un usuario especifica una capa de construcción LT deseada y una resolución de impresión PR, el controlador 26 determina el voltaje de activación de acuerdo con un algoritmo de RPA apropiado en respuesta a los datos representados en la gráfica 350. Si no hay ningún voltaje de activación que proporcione las LT y PR especificadas, el controlador 26 alerta al usuario de este hecho y presenta al usuario intervalos aceptables para LT y RP.

A partir de la gráfica 350 se ve que para un voltaje de activación DV dado, el espesor de la capa LT de una capa de construcción en un objeto producido por un RPA aumenta al aumentar la resolución de impresión PR. Esto es porque para un DV dado, las gotitas de material de construcción dispensadas por un cabezal de impresión 52 comprenden sustancialmente un mismo volumen de material y al aumentar la resolución, la densidad de las gotitas depositadas por pulgada, es decir, ppp, a lo largo del eje x y/o y aumenta. Como resultado, se deposita más material por unidad de área superficial de la capa de construcción y el espesor de la capa aumenta. Sin embargo, al aumentar el espesor de las capas de construcción, disminuye la resolución de la construcción a lo largo del eje z y se reduce la fidelidad del objeto producido por el RPA a un artículo del cual el objeto es una copia. Los efectos de la tensión superficial del material de construcción impreso para formar una capa de construcción también reducen la fidelidad y la calidad del objeto producido. La tensión superficial del material de construcción tiende a deformar los bordes de una capa de construcción y la deformación de los bordes tiende a aumentar con el aumento del espesor de la capa.

En un aspecto, un objeto construido por un RPA que tiene fidelidad y calidad proporcionadas por una resolución de impresión relativamente elevada a lo largo del eje x y/o y se produce a partir de capas de construcción relativamente finas.

considérese que el paso x y el paso y de una capa de construcción en el objeto sean las distancias entre las coordenadas a las que se depositan las gotitas de material de construcción a lo largo de los ejes x e y respectivamente para formar la capa. (El paso x y el paso y son las inversas respectivamente de las resoluciones de impresión x e y). Las capas en el objeto se imprimen con resoluciones de impresión x y/o y relativamente bajas (no necesariamente las mismas) y el paso x y/o y relativamente grande correspondiente de modo que las capas son relativamente finas y no son tan sensibles a los efectos de tensión superficial como las capas espesas. Sin embargo, las coordenadas x y/o y a las que las gotitas de material de construcción se depositan en las capas de construcción adyacentes se cambian entre sí por una fracción, una "fracción de paso", inferior a uno del paso x y/o el paso y de las gotitas. (La fracción de paso no es necesariamente la misma para las coordenadas x e y).

5 Los inventores han encontrado que la fidelidad y calidad del objeto son sustancialmente aquellas de un objeto construido a partir de capas relativamente finas que tienen resoluciones  $x$  y/o "eficaces" iguales a las resoluciones relativamente bajas a las que las capas están realmente impresas multiplicadas por la inversa de la fracción de paso correspondiente. Puesto que la fracción de paso es inferior a uno, las resoluciones eficaces aumentan sustancialmente.

10 La figura 14 ilustra esquemáticamente las capas de impresión según se ha descrito anteriormente. La figura muestra una sección transversal esquemática, a modo de ejemplo paralela al plano  $xz$ , de las capas de construcción 381, 382, 383 formadas por un RPA. Las capas 381, 382 y 383 están formadas por gotitas de material de construcción 391, 392 y 393 respectivamente. Las gotitas se muestran esquemáticamente después de haberse fundido y nivelado por un rodillo nivelador, tal como un rodillo nivelador 27 (figura 1). La configuración de impresión de las capas de construcción 381, 382 y 383 se repite cada tres capas posteriores y cada tercera capa tiene las mismas coordenadas  $x$ .

15 Las capas 381, 382 y 383 se imprimen a una resolución relativamente baja de  $N$  ppp, a lo largo del eje  $x$  y el paso  $x$  correspondiente, " $\Delta x$ " =  $1/N$  pulgadas. Considérese que la fracción de paso esté representada por " $1/P$ " donde " $P$ " es un número mayor que 1. Después las coordenadas  $x$  de las gotitas 391 en una fila con número "avo" de gotitas impresas por el RPA son  $(x_0 + (n-1)\Delta x)$ , donde  $x_0$  es la coordenada  $x$  de una primera gotita a lo largo del eje  $x$  en la capa 381. En un aspecto, las coordenadas  $x$  correspondientes de gotitas 392 en la capa 382 son  $(x_0 + (n-1)\Delta x + (1/P)\Delta x)$  y las coordenadas  $x$  correspondientes de gotitas 393 en la capa 383 son opcionalmente  $(x_0 + (n-1)\Delta x + \Delta x)$ .

20 Las coordenadas  $x$  de gotitas en cada capa 381, 382 y 383 corresponden a las coordenadas  $x$  de vóxeles homólogos definidos por los datos de construcción de un objeto en respuesta a los cuales se imprimen las capas. Los vóxeles de los datos de construcción correspondientes a las gotitas en las capas adyacentes se desplazan unos respecto a otros por una distancia que corresponde a  $(1/P)\Delta x$ .

25 En algunos aspectos, las gotitas en cada capa corresponden a vóxeles homólogos en las capas correspondientes definidas en respuesta a los datos de construcción que se dividen en vóxeles que tienen un paso  $x$  igual a  $\Delta x$  y que corresponden a una *resolución de impresión "baja"*  $N$ . Las capas son "capas finas" que tienen un espesor que corresponde al de las capas de construcción 381, 382 y 383.

30 En algunos aspectos, las gotitas en las tres capas corresponden a vóxeles homólogos en una capa "espesa" definida en respuesta a los datos de construcción que tiene un espesor que corresponde al de las tres capas combinadas. La capa de "datos de construcción" espesa se divide en vóxeles que tienen un paso  $x$   $(1/P)\Delta x$  que corresponde a la *resolución de impresión de alta eficacia* ( $P \times N$ ). Las gotitas 391 en la capa de construcción 381 corresponden a las de los vóxeles en la capa de datos de construcción que tiene las coordenadas  $x$  correspondientes  $(x_0 + (n-1)\Delta x)$ . Las gotitas 392 y 393 en las capas 382 y 383 corresponden a aquellas gotitas en la capa de los datos de construcción que tiene las coordenadas  $x$  que corresponden a  $(x_0 + (n-1)\Delta x + (1/P)\Delta x)$  y  $(x_0 + (n-1)\Delta x + \Delta x)$  respectivamente.

35 Los inventores han descubierto que una resolución de impresión eficaz para las capas 281, 282 y 283 es sustancialmente igual a  $P \times N$ , que corresponde a un paso  $x$  eficaz igual a  $\Delta x/P$ . El paso  $x$   $\Delta x/P$  eficaz para las capas 281, 282 y 283 se indica en la figura 14.

40 A modo de ejemplo numérico,  $P$  en la figura 14 es igual a 2 y la fracción de paso es 0,5. Si la resolución de impresión baja  $N$  es igual a 600 ppp a lo largo del eje  $x$  y el paso  $x$  correspondiente de  $1/600$  pulgadas, entonces una resolución de impresión eficaz a lo largo del eje  $x$  para la capa es  $2 \times 600 = 1200$  ppp y un paso  $x$  de alta resolución correspondiente es igual a  $1/1200$  pulgadas.

45 Una instalación de producción de RPA para producir objetos comprende uno o más de los RPA que definen y proporcionan una capacidad de producción limitada. Al recibir la instalación las solicitudes para producir objetos, la instalación debe determinar cómo asignar y programar su capacidad de producción para satisfacer la demanda. Cada solicitud de producción define al menos un objeto que se debe producir de acuerdo con un conjunto de especificaciones del objeto que define un conjunto de parámetros de funcionamiento del RPA (por ejemplo, resolución, espesor de la capa, relación de desechos, tiempo de producción...) que a menudo es diferente del de otras solicitudes de producción.

50 La asignación y programación de la capacidad de producción es por lo tanto en general complicada y requiere frecuentemente un gestor de producción ayudado por los programas informáticos apropiados para supervisar e implementar la programación del trabajo.

55 En un aspecto, la asignación y programación de la capacidad de producción de una instalación de RPA se realiza por un algoritmo de gestión de trabajo (JMA) que interactúa directamente con un usuario y asigna y programa la capacidad de producción, opcionalmente, sin la intervención de un gestor de producción.

60 Cuando un usuario desea realizar un pedido con la instalación para un trabajo de producción, el usuario accede al JMA. El JMA en respuesta presenta al usuario, opcionalmente, en una pantalla de ordenador usando una GUI adecuada, una pluralidad de plataformas de construcción virtuales. Cada plataforma de construcción virtual representa

una plataforma de construcción, tal como una plataforma de construcción 24 mostrada en la figura 1 sobre la cual un RPA de la instalación de producción de RPA construye objetos pedidos desde la instalación.

5 Cada plataforma de construcción virtual se caracteriza por una pluralidad de "parámetros de la plataforma". Los parámetros de la plataforma definen, a modo de ejemplo, un tiempo estimado en el cual la producción de objetos sobre la plataforma se programa para empezar y opcionalmente terminar, el espacio de producción disponible sobre la plataforma y el coste del espacio. Opcionalmente, los parámetros de la plataforma comprenden los parámetros de funcionamiento del RPA, tales como espesor de la capa, resolución y relación de desechos, de acuerdo con los cuales, la instalación del RPA producirá objetos sobre la plataforma.

10 El usuario elige una plataforma que tiene suficiente espacio disponible para el objeto que el usuario quiere producir, los parámetros de funcionamiento del RPA que corresponden a las especificaciones del objeto del trabajo de producción y que le proporciona una programación y coste adecuados. Una vez que el usuario completa el proceso de elegir una plataforma, el usuario satisface los requisitos administrativos, tales como organizar el pago o aprobar un pedido de compra, para finalizar y reservar el espacio y tiempo de producción que ha pedido.

15 En algunos aspectos, un usuario puede definir al menos algunos parámetros de plataforma de una plataforma. Por ejemplo, el JMA presenta opcionalmente al usuario al menos una plataforma de construcción "vacía" para la cual el usuario puede definir los parámetros de la plataforma. Opcionalmente, un parámetro de la plataforma que el usuario puede definir comprende una prioridad, que, si se establece bastante alta, puede permitir que el trabajo del usuario se produzca fuera de turno, antes de los otros trabajos programados previamente. El JMA en respuesta a los parámetros de la plataforma definidos por el usuario genera opcionalmente un coste correspondiente del espacio de producción en la plataforma. Por ejemplo, si el usuario establece una prioridad muy alta para una plataforma que anticipa la programación de otros trabajos, en consecuencia, el JMA determina el coste del espacio sobre la plataforma.

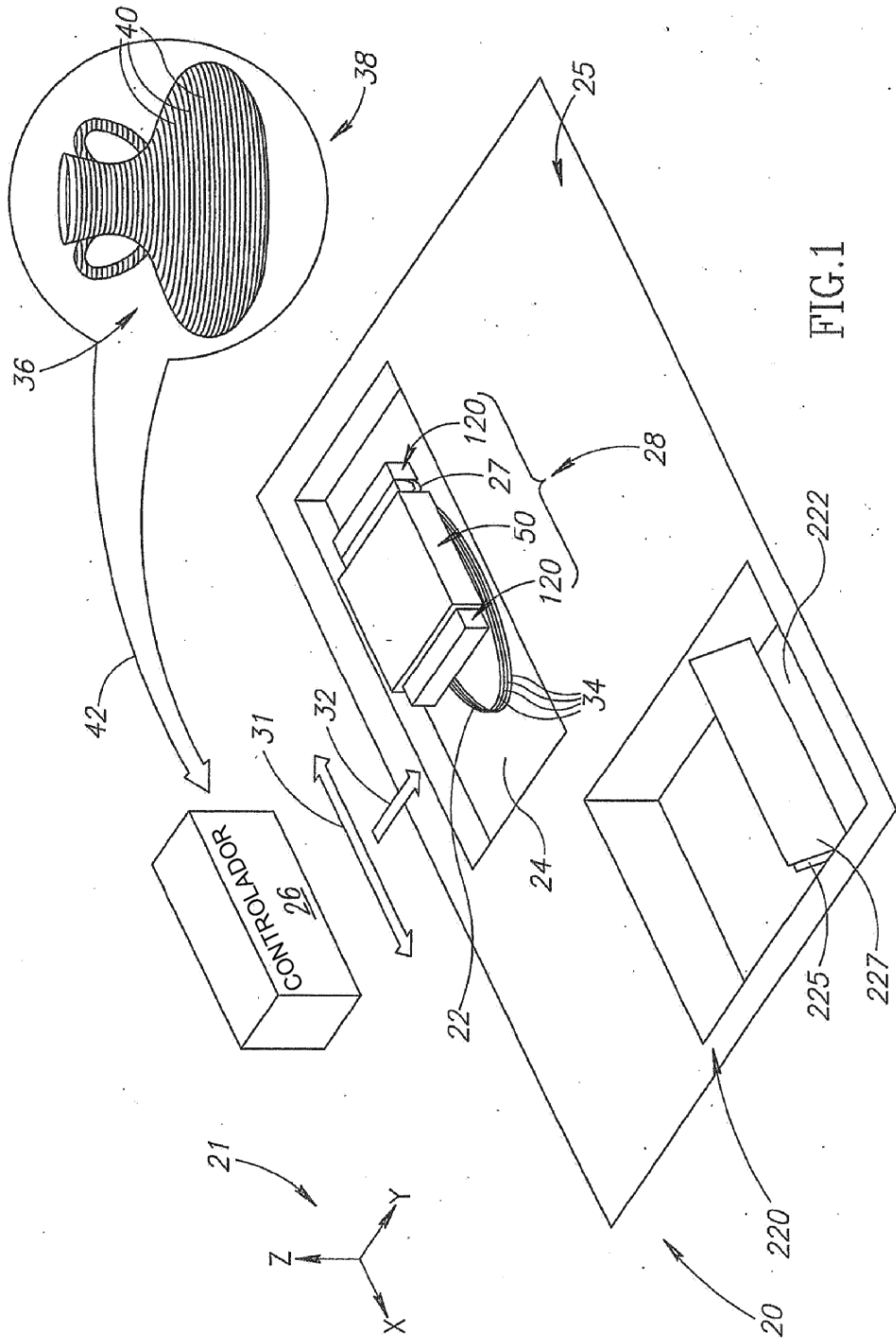
20 En muchas situaciones, el usuario no estará en una posición para determinar convenientemente los parámetros de funcionamiento del RPA, el espacio de la plataforma, el coste y otros parámetros, en lo sucesivo "datos de trabajo" necesarios para ejecutar el trabajo del usuario. Para tales casos, opcionalmente, el JMA ofrece al usuario un asistente de producción que ayuda al usuario a determinar los datos del trabajo. Opcionalmente, el asistente ayuda al usuario por medio de una sesión de interrogación interactiva en la que el asistente presenta al usuario preguntas cuyas respuestas se utilizan para determinar los datos del trabajo. Opcionalmente, el usuario transmite datos de construcción que definen el objeto que el usuario desea producir y el asistente determina los datos de trabajo a partir de los datos de construcción transmitidos. Una vez que se definen los datos de trabajo, el asistente puede resaltar o indicar de otro modo, cual de una pluralidad de las plataformas de producción son adecuadas para el trabajo del usuario.

25 En la descripción y reivindicaciones de la presente solicitud, cada uno de los verbos, "comprender", "incluir" y "tener", y sus conjugados, se utilizan para indicar que el objeto u objetos del verbo no son necesariamente una lista completa de miembros, componentes, elementos o partes del sujeto o sujetos del verbo.

30 La presente invención se ha descrito utilizando descripciones detalladas de sus realizaciones que se proporcionan a modo de ejemplo y no pretenden limitar el alcance de la invención. Las realizaciones descritas comprenden distintas características, no todas requeridas en todas las realizaciones de la invención. Algunas realizaciones de la presente invención utilizan solo algunas de las características o posibles combinaciones de las características. Las variaciones de las realizaciones de la presente invención se describen y las realizaciones de la presente invención que comprenden distintas combinaciones de características indicadas en las realizaciones descritas se presentarán a los expertos en la técnica. El alcance de la invención queda limitado únicamente por las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

1. Aparato (20) para producir un objeto (22) formando secuencialmente capas (34) finas de un material una sobre la otra en respuesta a los datos que definen el objeto (22), comprendiendo el aparato (20):
- 5 al menos un cabezal de impresión (52) que tiene una superficie formada por al menos un orificio de salida (58) y controlable para dispensar un material de fotopolímero en forma líquida a través del orificio (58); una lámpara (120) controlable para proporcionar radiación que polimeriza el fotopolímero en donde la lámpara (120) comprende una fuente de radiación (122) y un reflector (124) que refleja la luz proporcionada por la fuente, en donde la fuente de radiación es una bombilla de tipo de descarga; y
- 10 un controlador (26) adaptado para controlar el cabezal de impresión (52) para dispensar el fotopolímero y formar secuencialmente las capas (34) y la lámpara (120) para irradiar y polimerizar el fotopolímero dispensado; en el que una porción sustancial de radiación proporcionada por la lámpara (120) se dirige de modo que es incidente en un ángulo sustancialmente no normal sobre las capas (34); y
- 15 **CARACTERIZADO POR QUE:**  
la fuente de radiación (122) está montada en un reflector (130) de bordes del reflector (124) a través de agujeros adecuados en el reflector (130) de bordes y en el que los extremos (138) de contacto de la fuente de radiación (122) están montados en tomas de corriente comprendidas en un alojamiento (126) que proporcionan contacto eléctrico de la fuente de radiación (122) a un suministro de potencia.
- 20 2. Aparato (20) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la bombilla es una bombilla de descarga de Hg o Xe.
3. Aparato (20) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el reflector (124) comprende al menos un reflector parabólico (134) y al menos una porción de la fuente de radiación (122) está situada en el foco del reflector (124).
- 25 4. Aparato (20) de acuerdo con la reivindicación 3, en donde la porción de la fuente de radiación (122) localizada en el foco del reflector (124) es un punto caliente (140) localizado a partir del cual emana una porción relativamente grande de la luz y se refleja a un ángulo de aproximadamente 45° hasta una placa de cobertura (128) a través de la cual la luz sale de la lámpara (120).
- 30 5. Aparato (20) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el reflector (124) comprende el reflector (130) de bordes y los reflectores (132) planos.
6. Aparato (20) de acuerdo con la reivindicación 5, en donde los reflectores (132) planos son superficies del alojamiento (126) de la lámpara (120).
- 35 7. Aparato (20) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el reflector (130) de bordes comprende dos reflectores parabólicos (134) de imagen especular que se encuentran a lo largo de un borde (136) común.
- 40 8. Aparato (20) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el reflector (124) es un reflector poligonal que se aproxima a un reflector parabólico (134).
9. Aparato (20) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la magnitud del ángulo de incidencia de la luz proporcionada por la fuente con respecto al normal a las capas (34) es mayor que 20°.
- 45 10. Aparato (20) de acuerdo con la reivindicación 9, en donde la magnitud del ángulo de incidencia es mayor que aproximadamente 30° en relación con el normal.
11. Aparato (20) de acuerdo con la reivindicación 10, en donde la magnitud del ángulo de incidencia es igual a aproximadamente 45° en relación con el normal.
- 50 12. Aparato (20) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9-11, en donde el ángulo de incidencia de la radiación es positivo para una porción de la luz y negativo para una porción de la luz.
- 55 13. Aparato (20) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la lámpara (120) comprende una placa de cobertura (128) protectora que es transparente a la luz UV y que cubre una apertura (129) a través de la cual proporciona luz y en donde la apertura (129) se posiciona a una distancia de menos de 15 mm desde las capas de construcción.



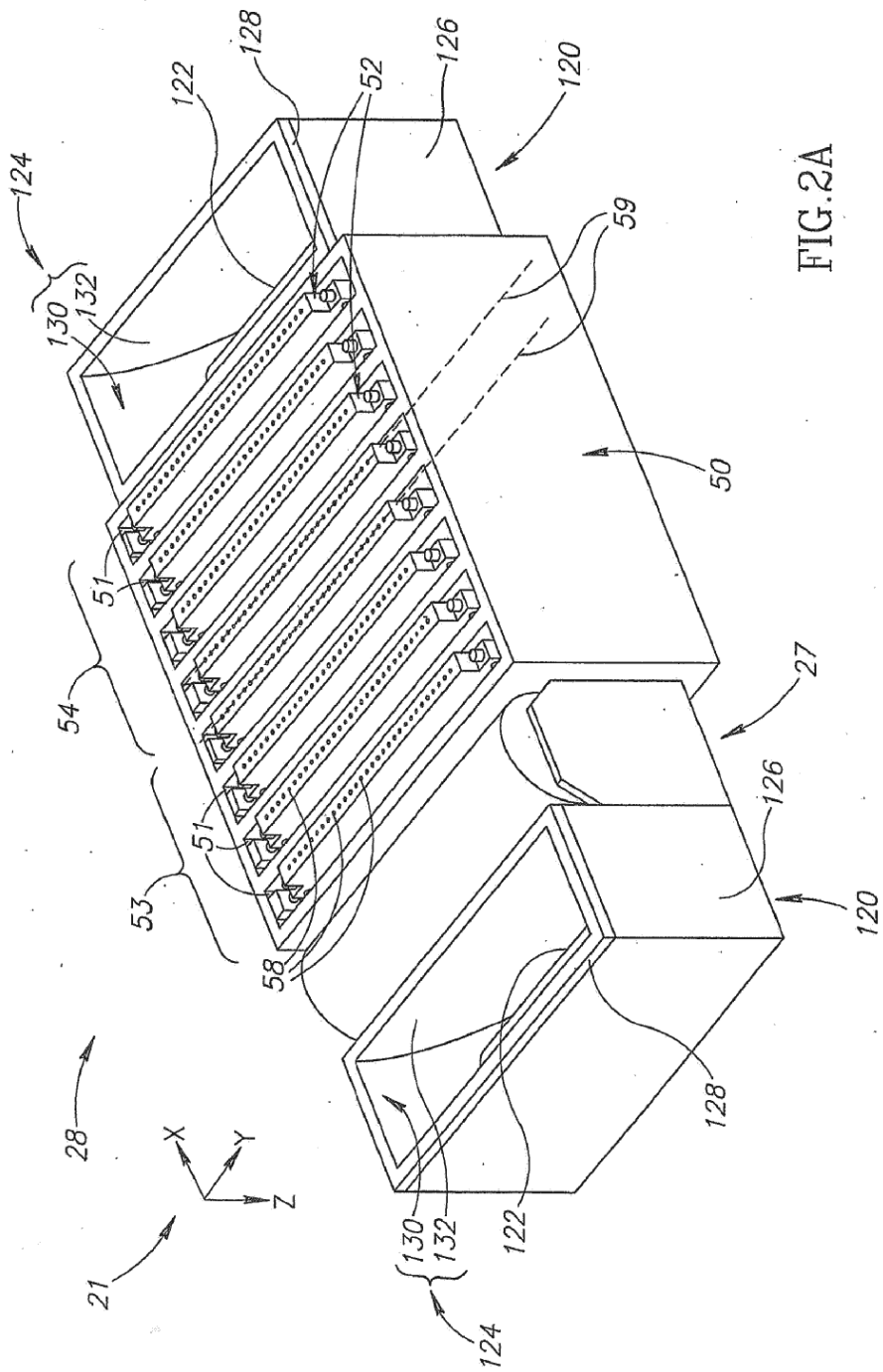


FIG. 2A

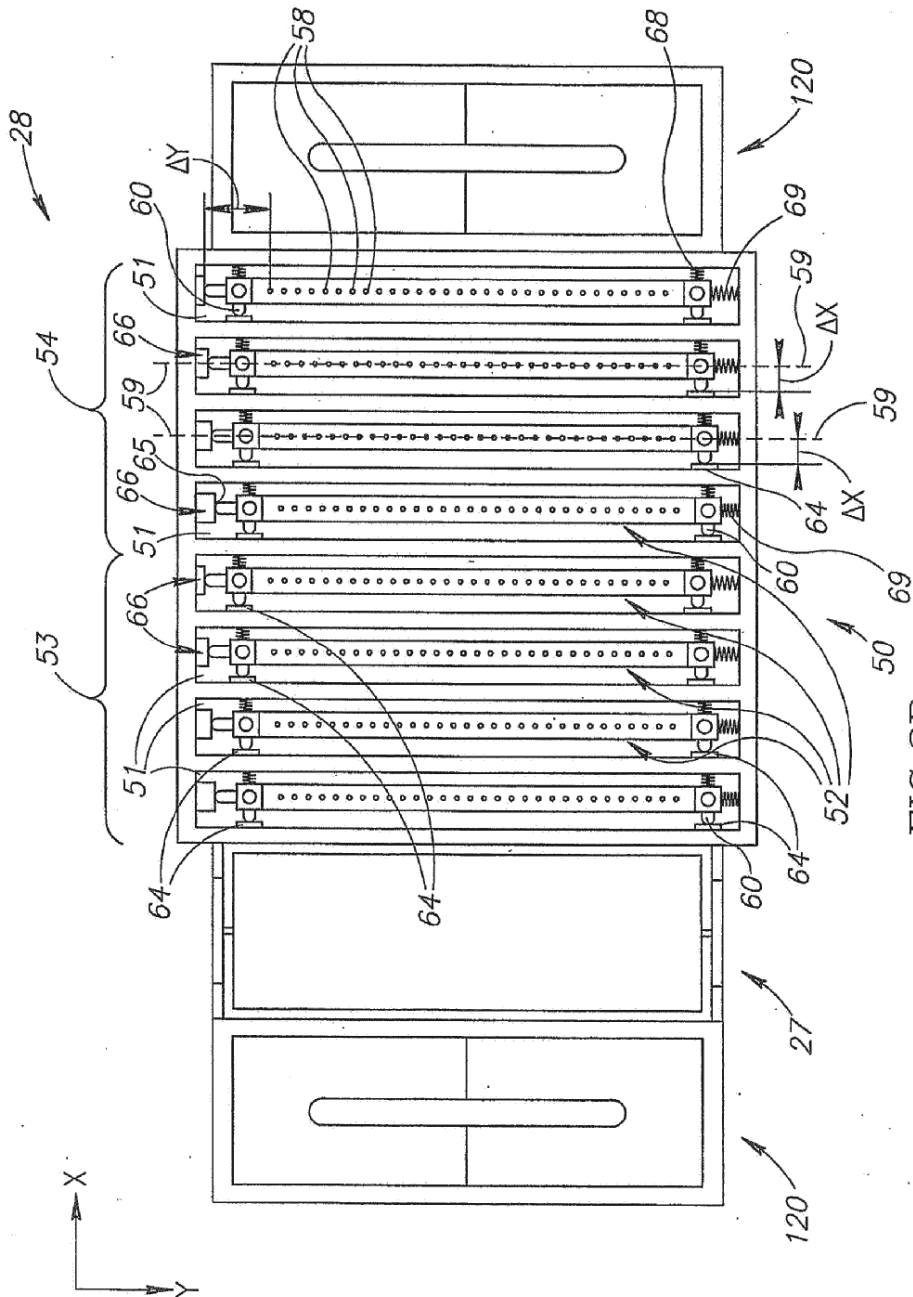


FIG. 2B

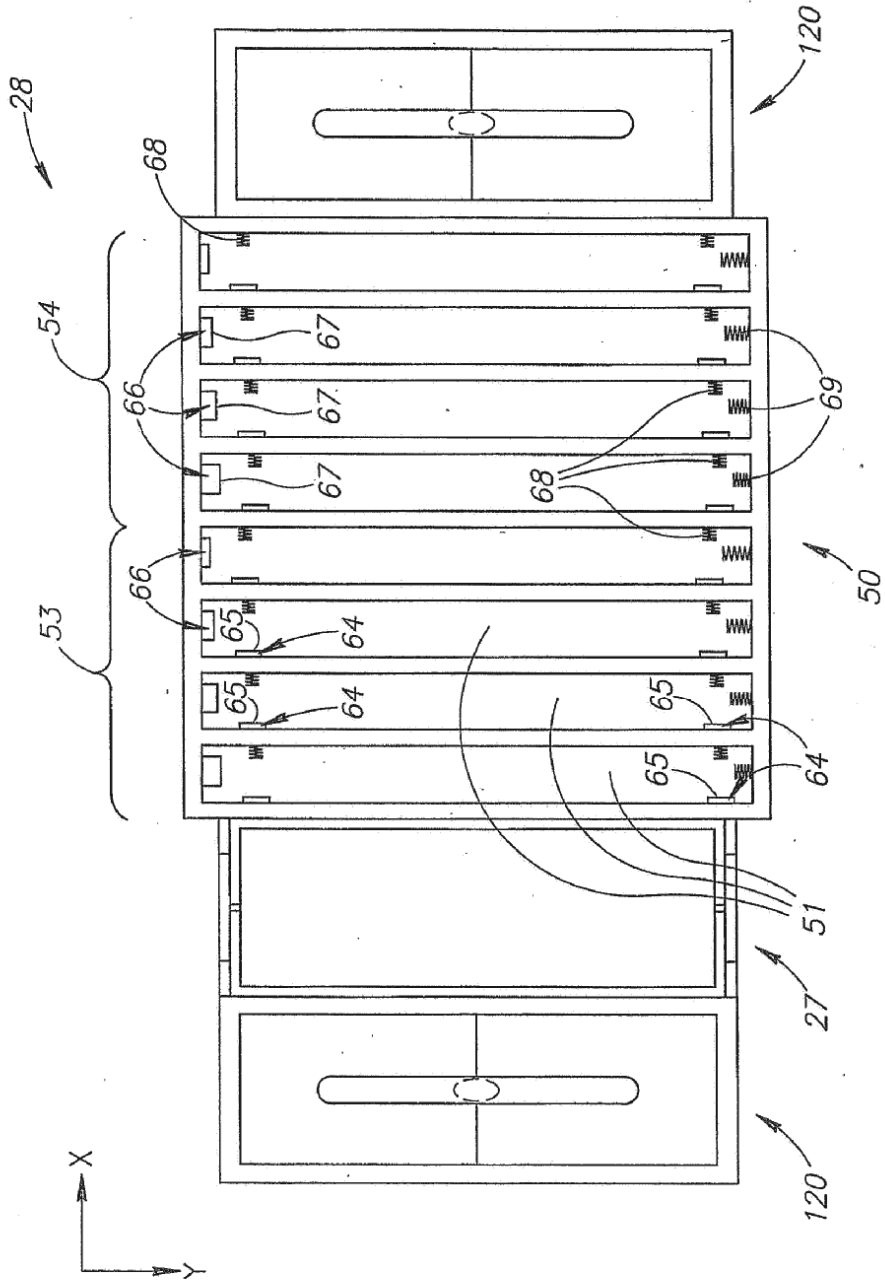


FIG. 2C



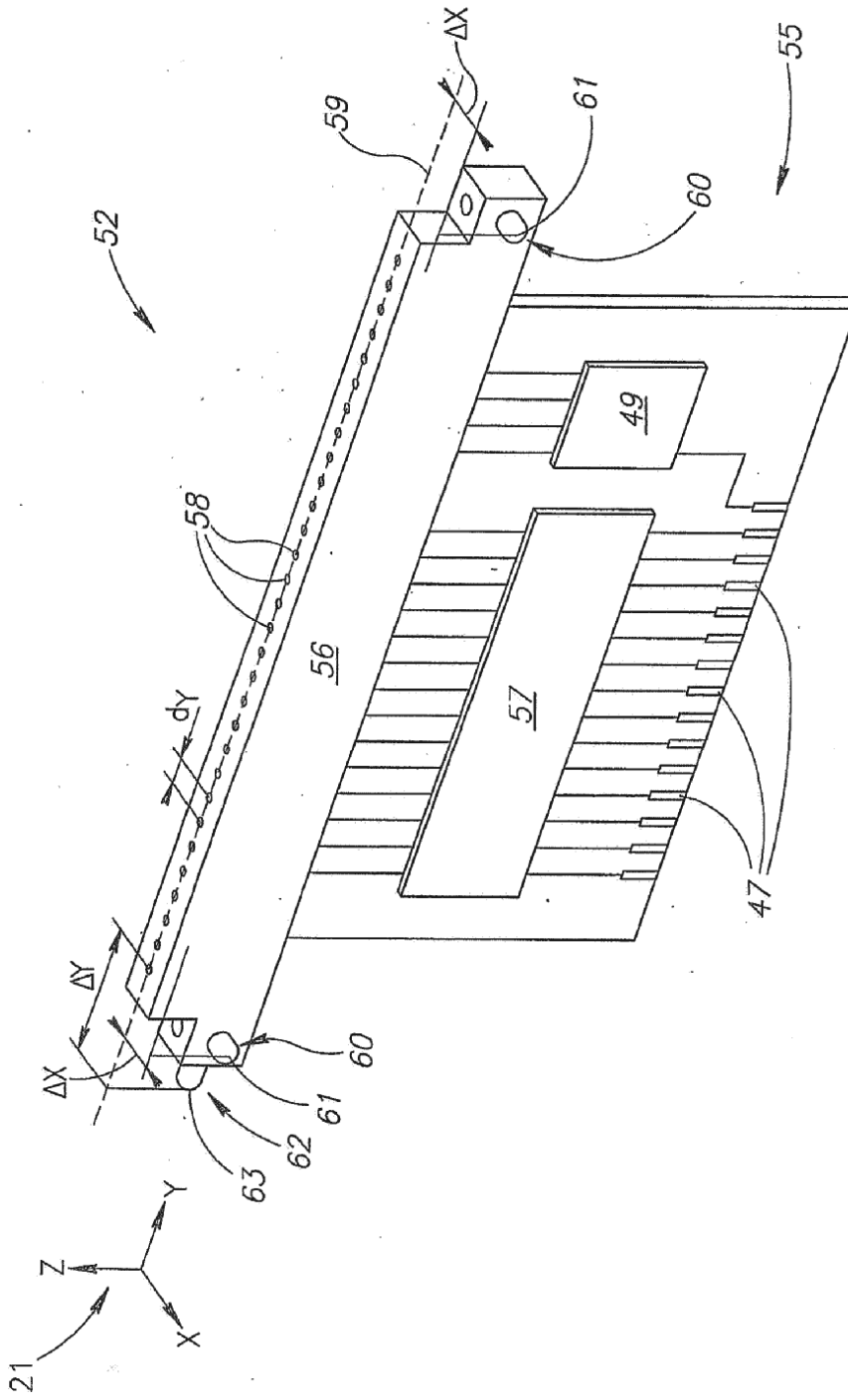
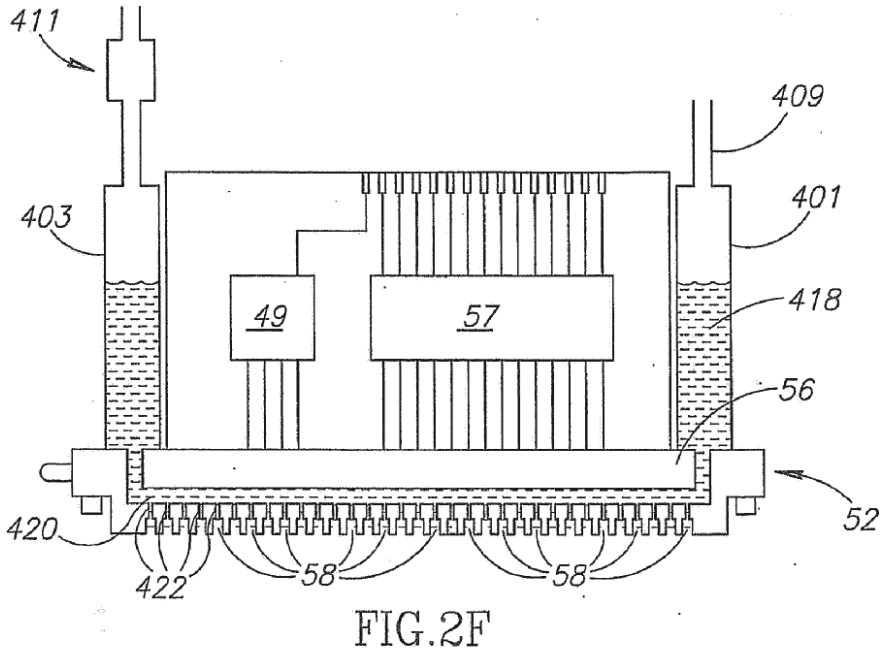
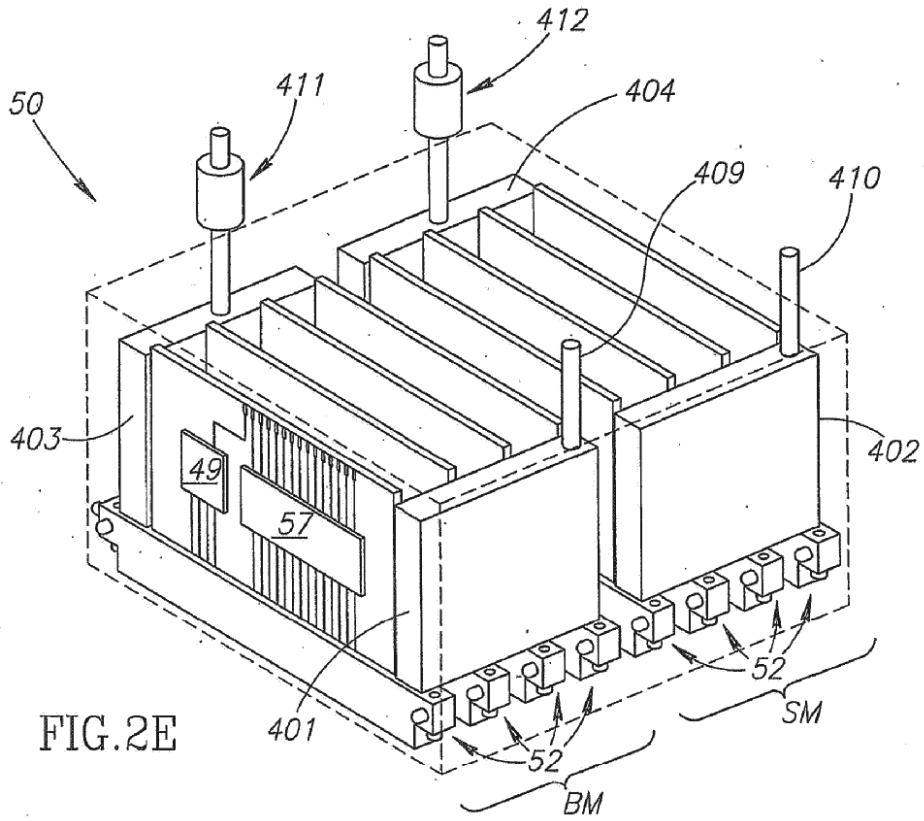


FIG. 2D



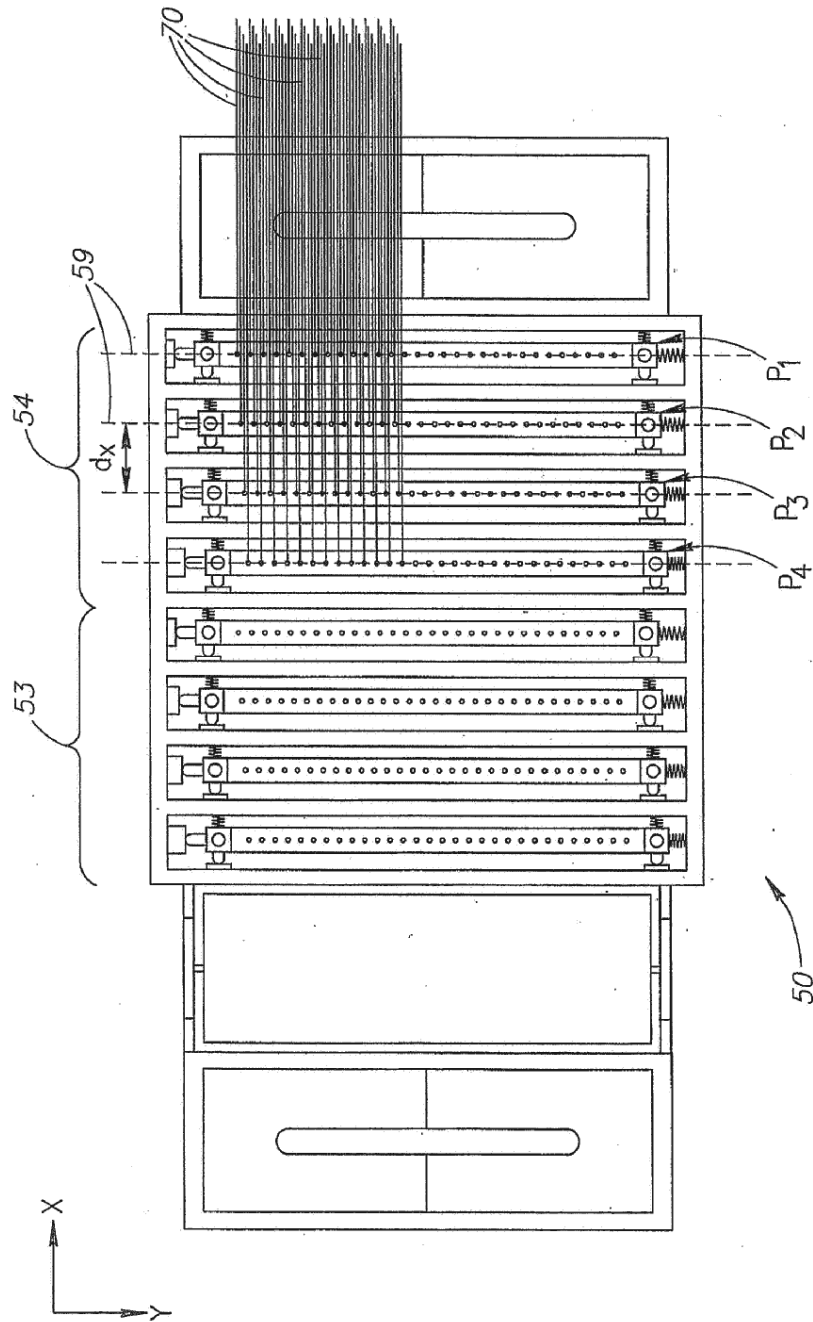


FIG.3A

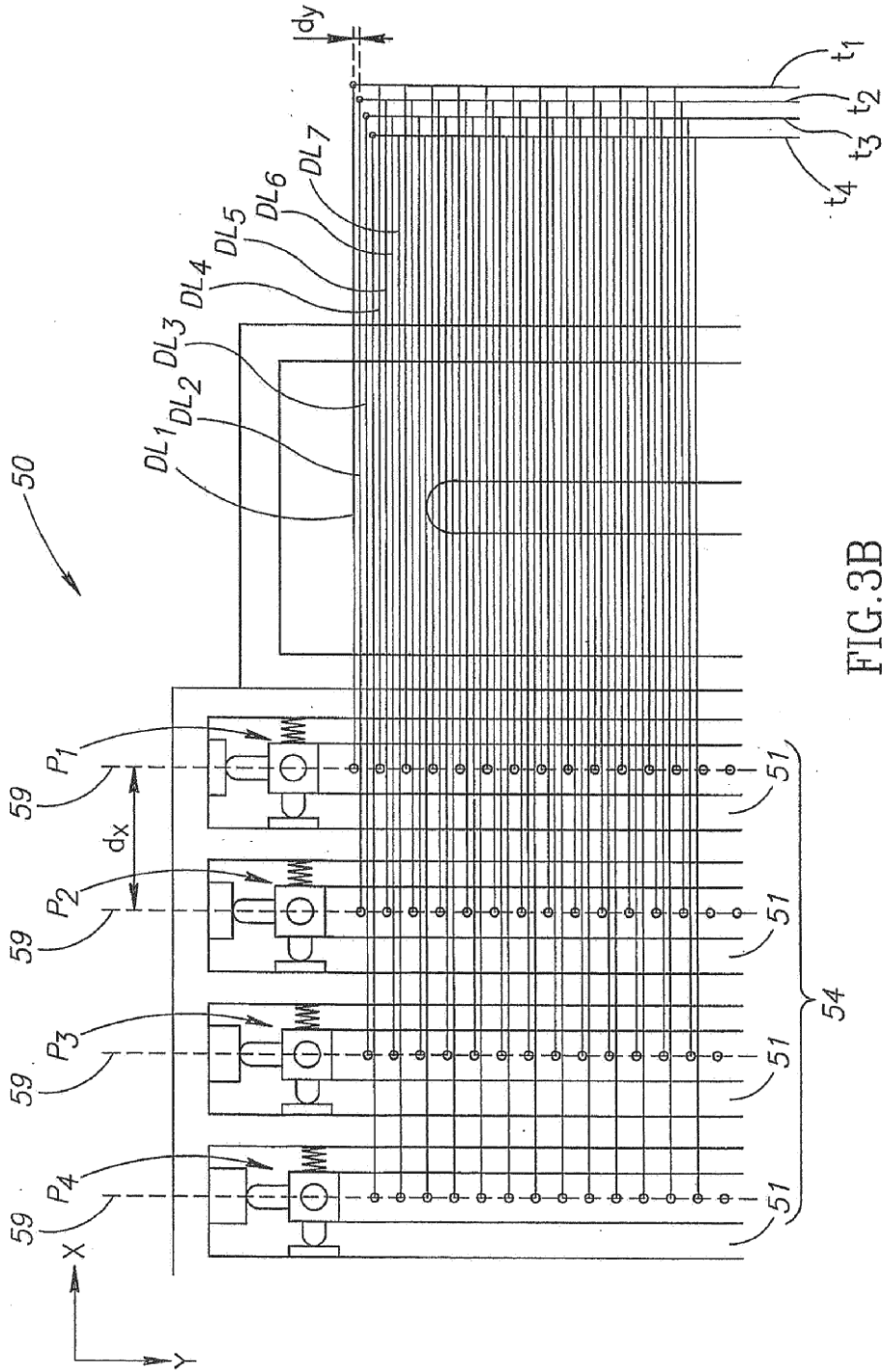


FIG.3B

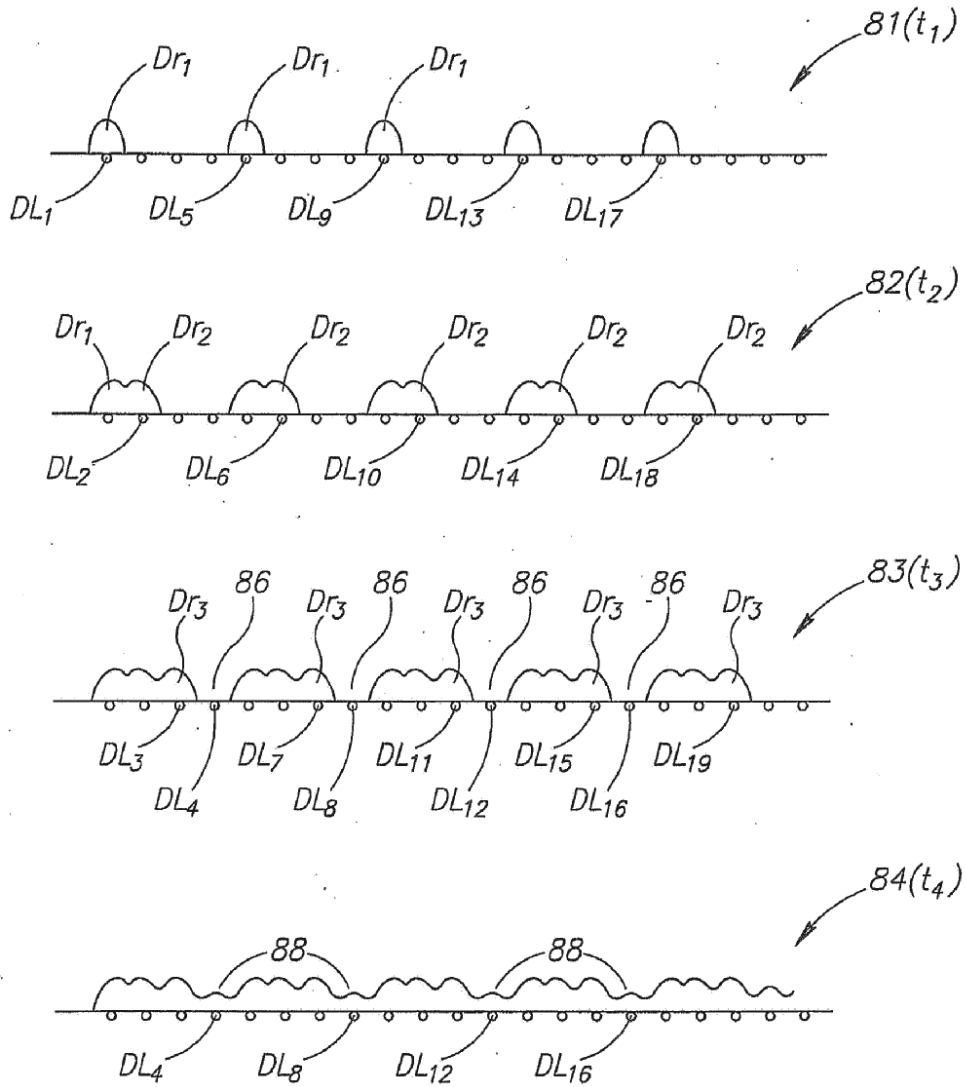


FIG.4A

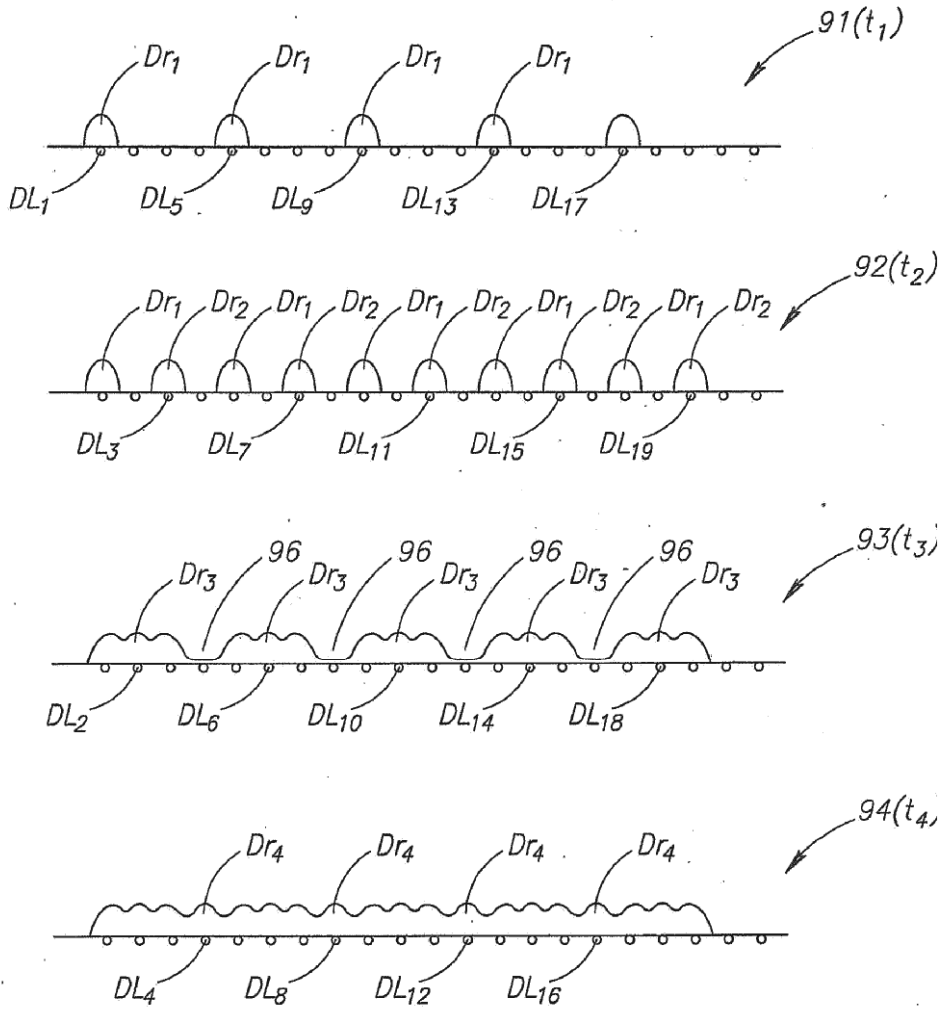


FIG.4B

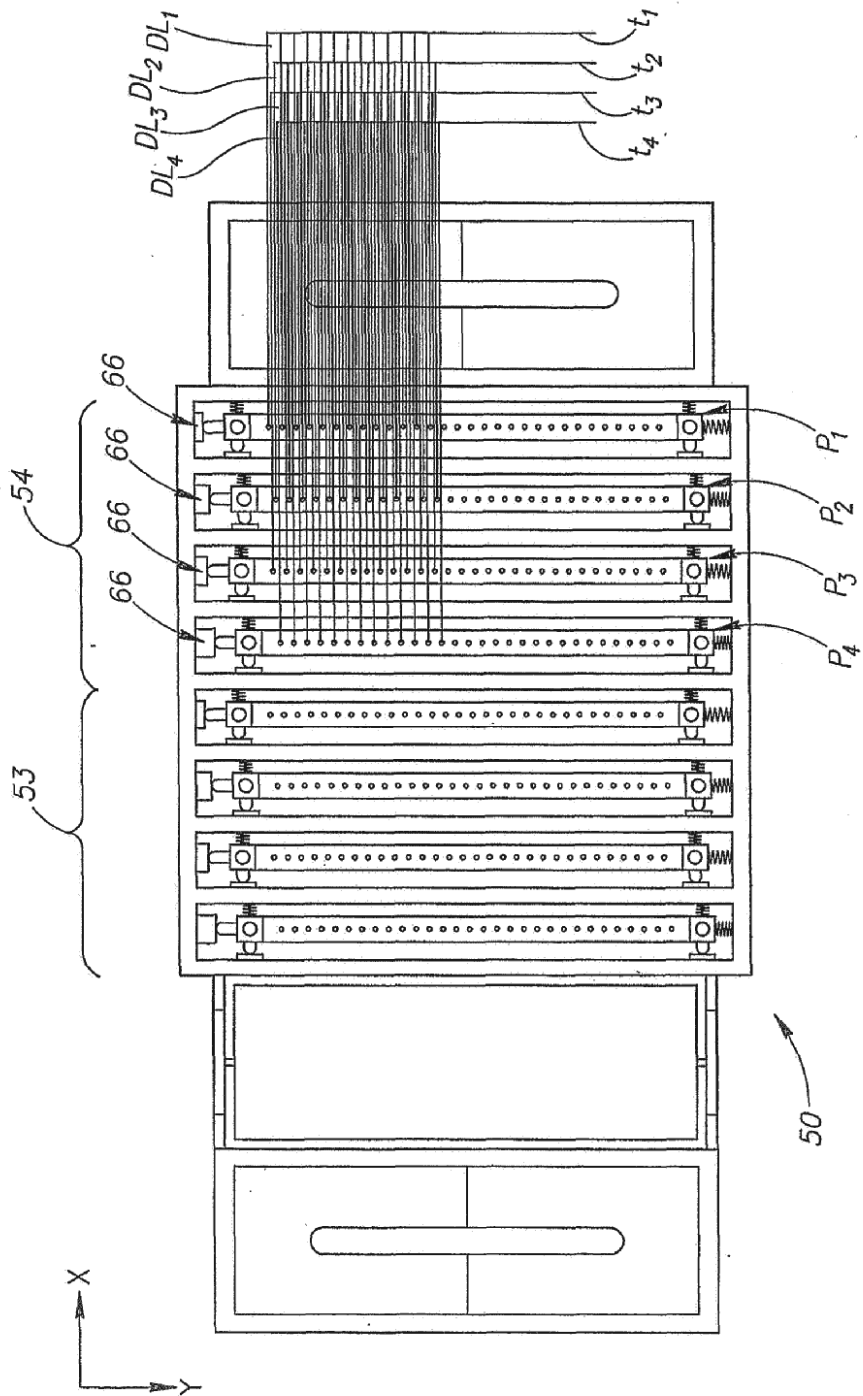


FIG.4C

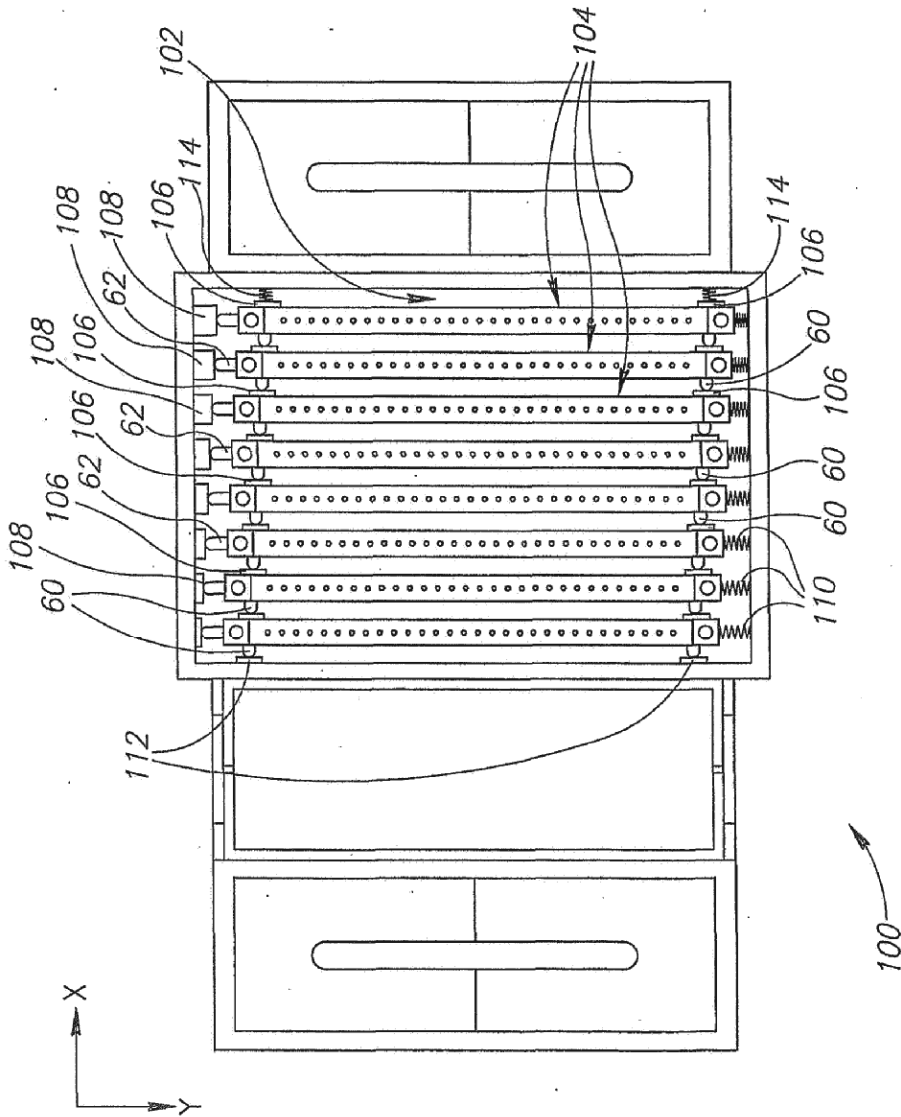


FIG.5



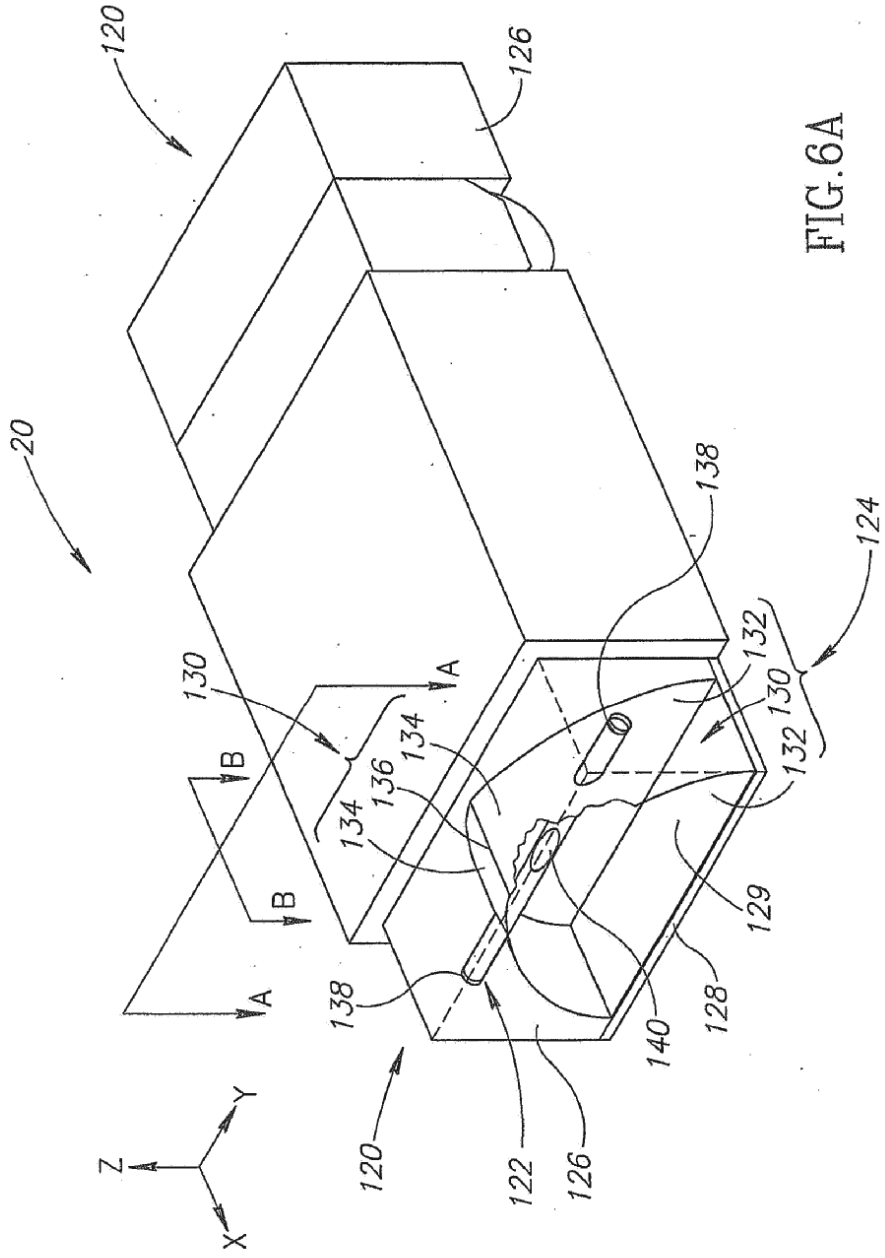
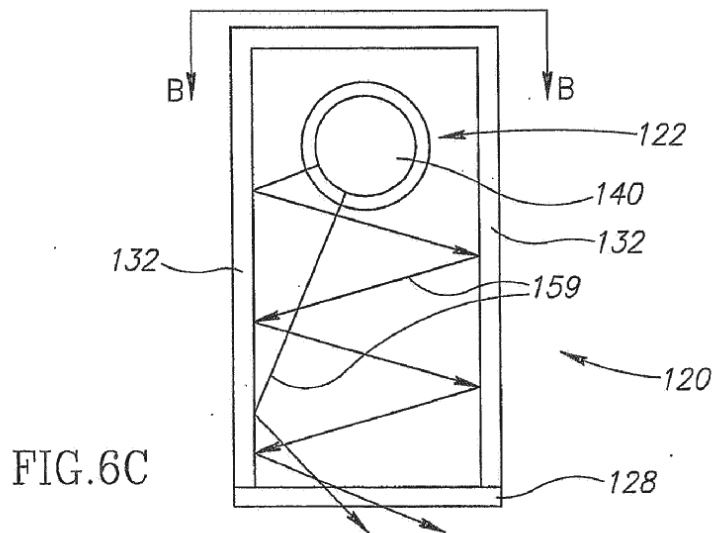
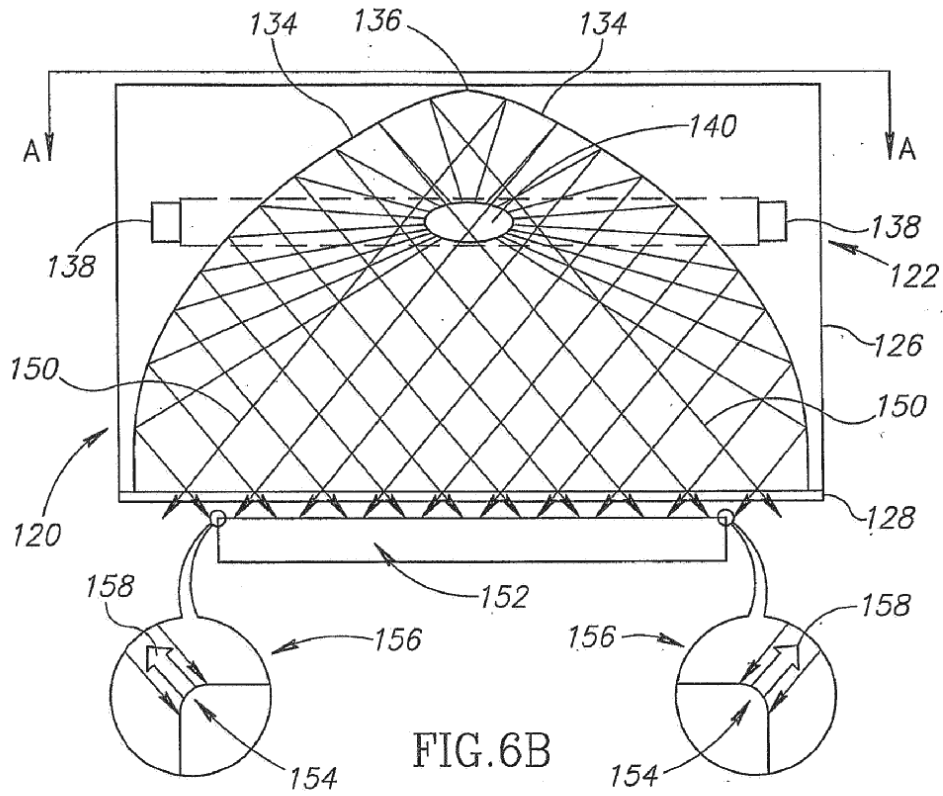


FIG. 6A



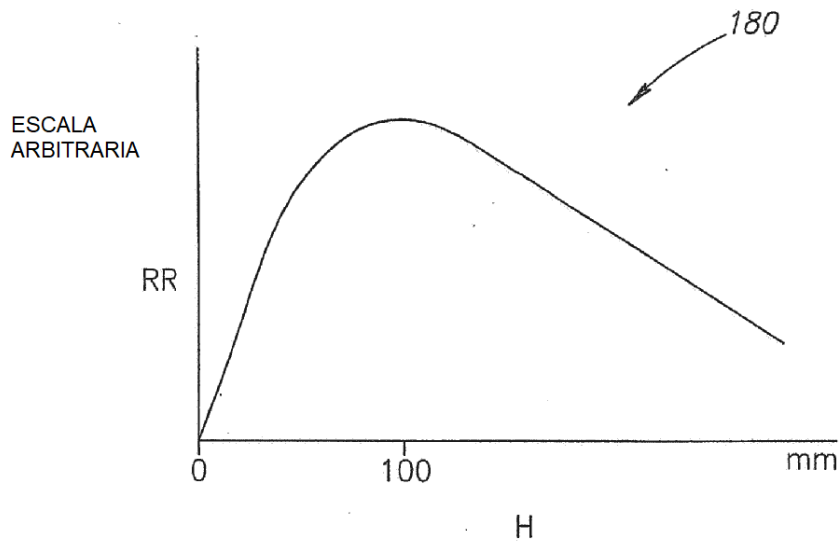


FIG.6D

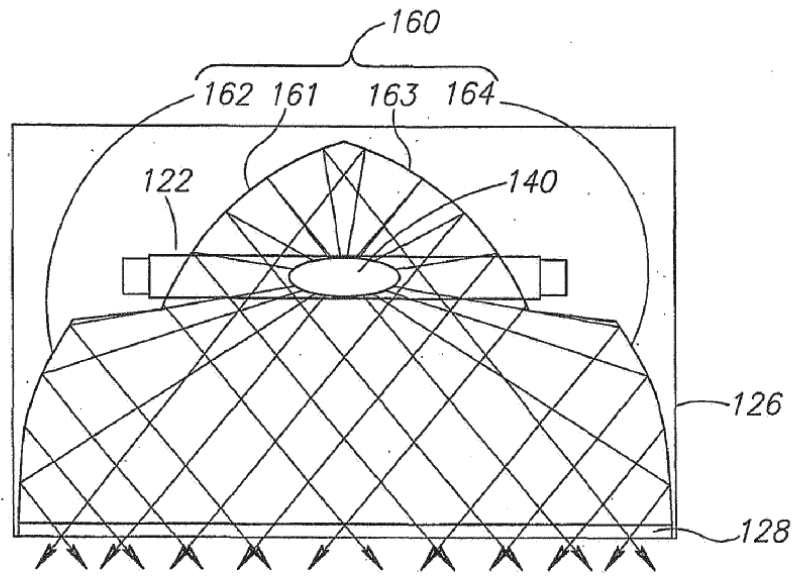


FIG. 7A

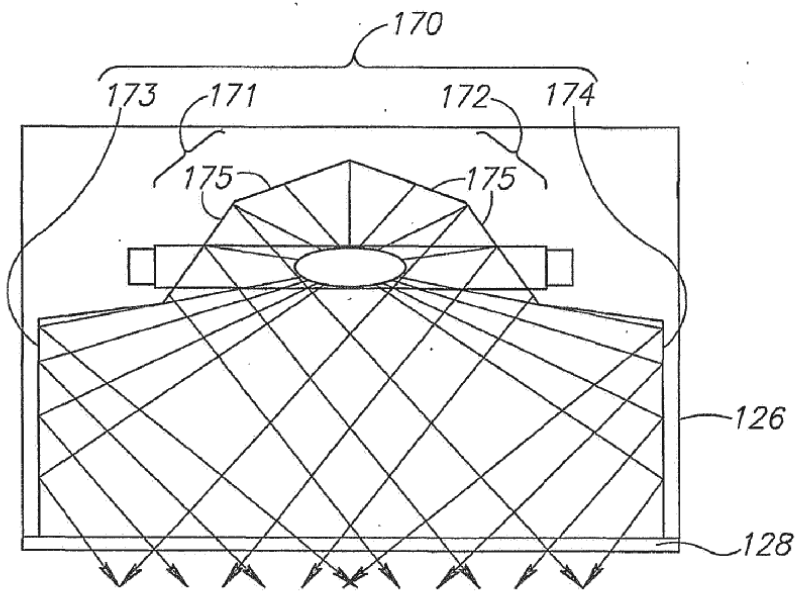


FIG. 7B

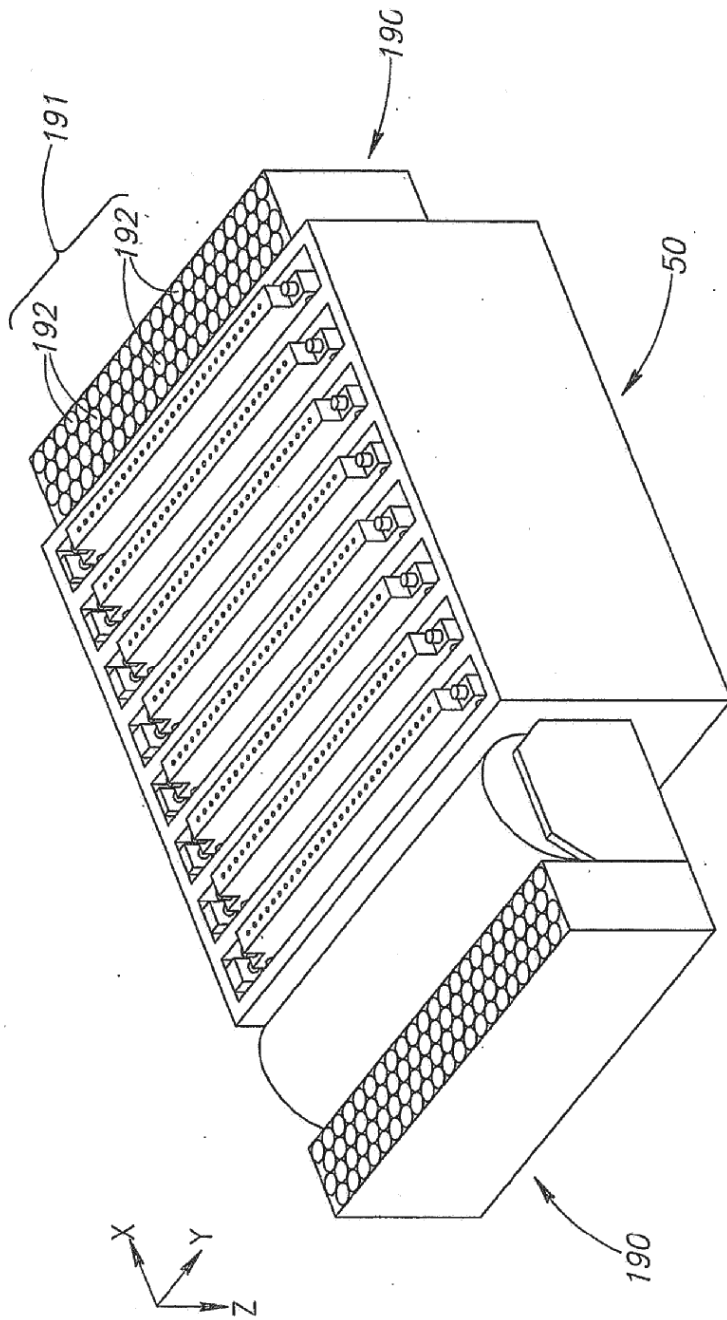


FIG.8

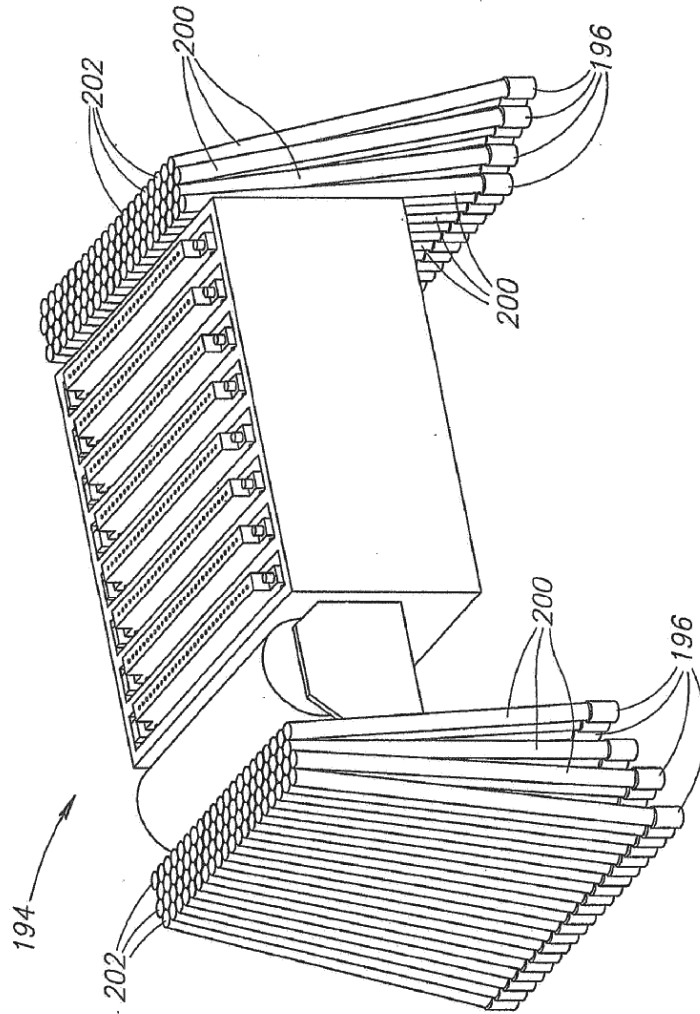


FIG. 9A

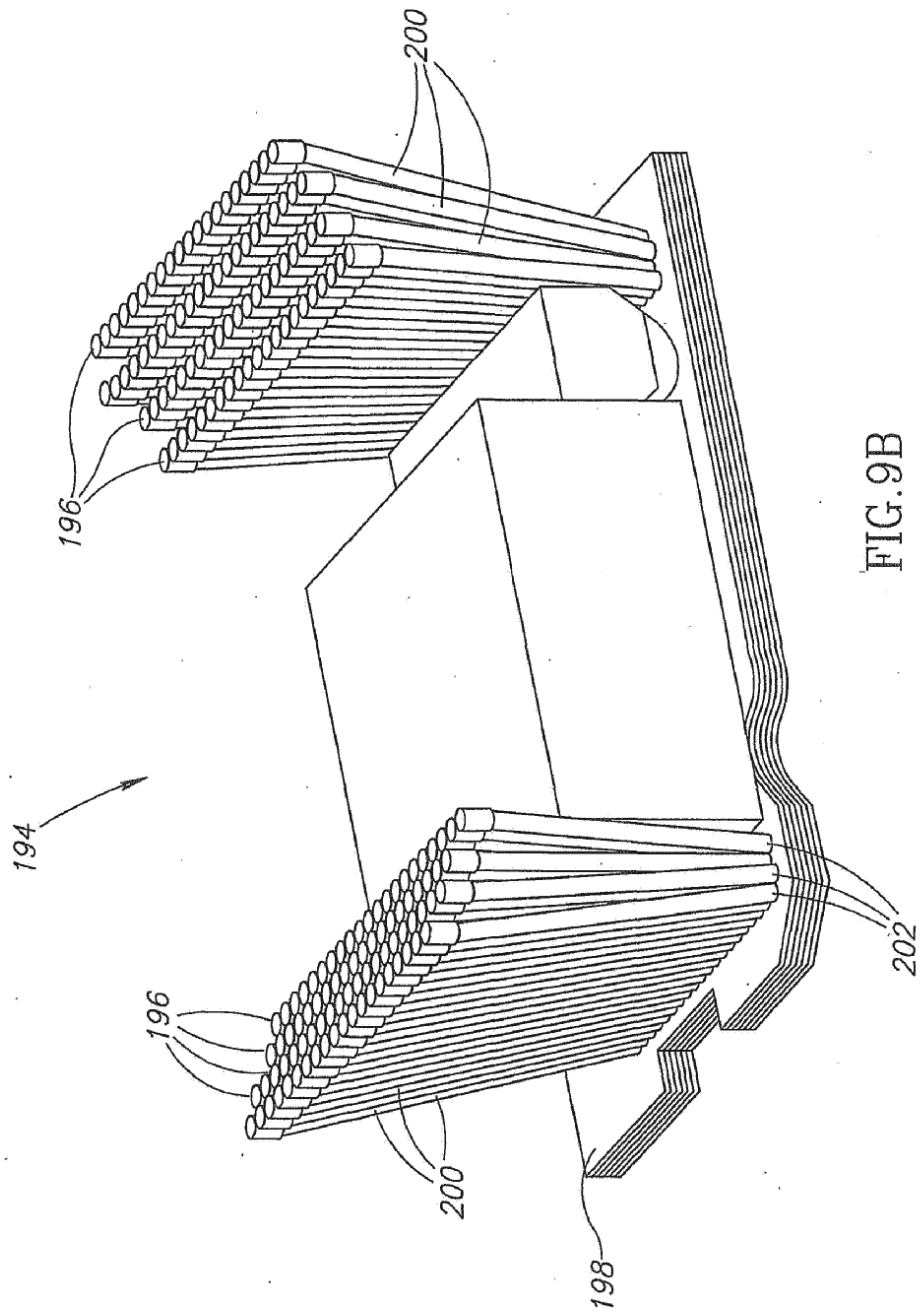


FIG. 9B

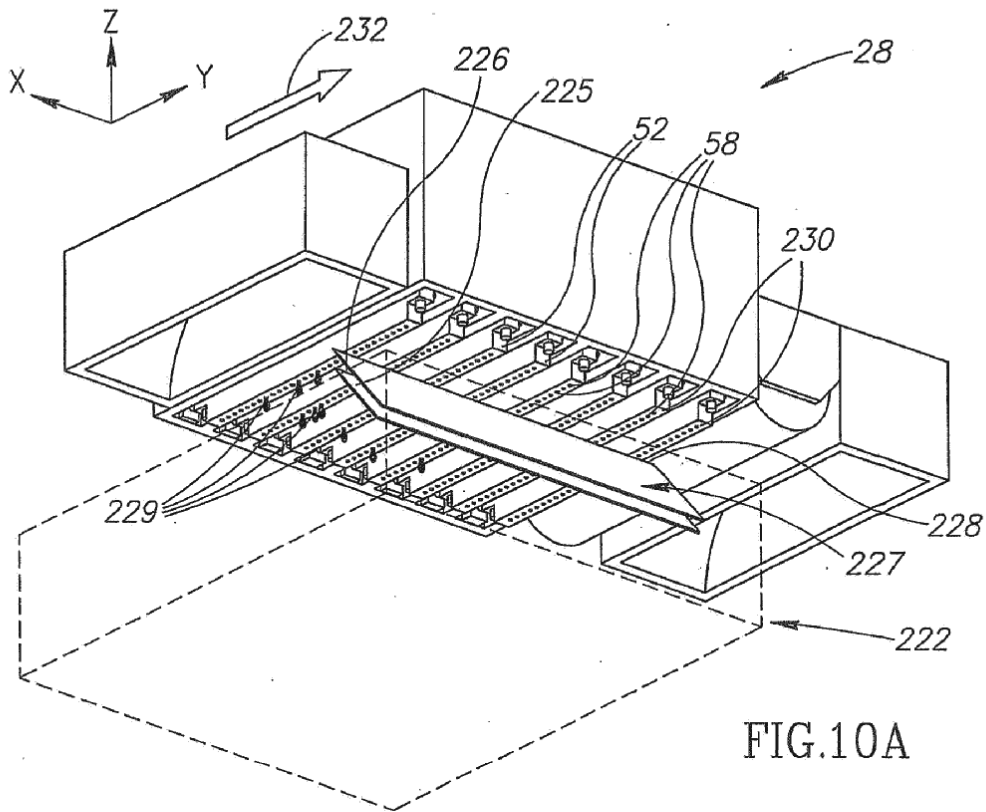


FIG.10A

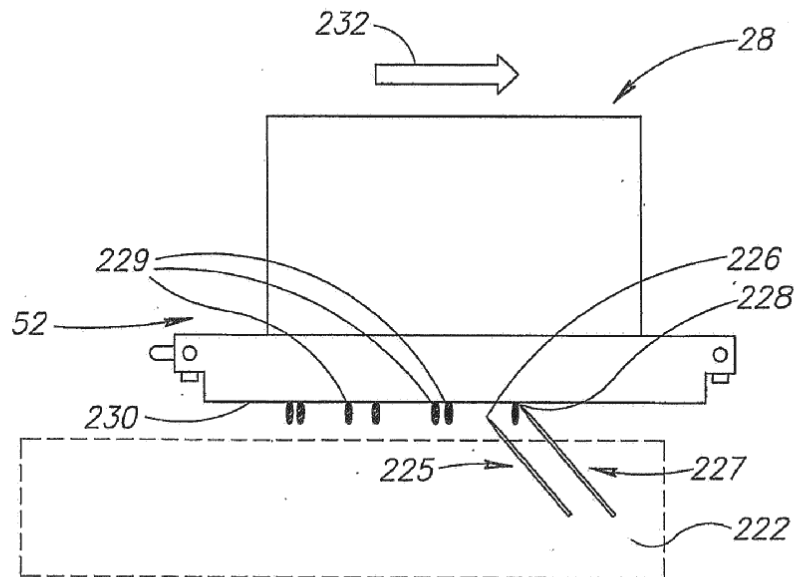


FIG.10B



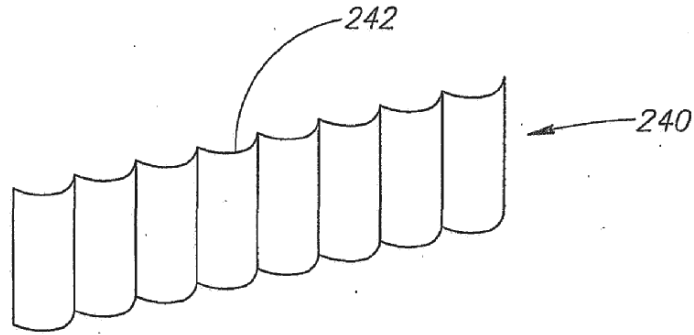


FIG. 10C

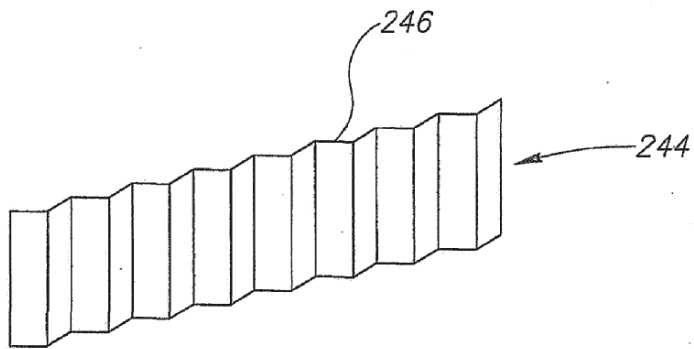


FIG. 10D

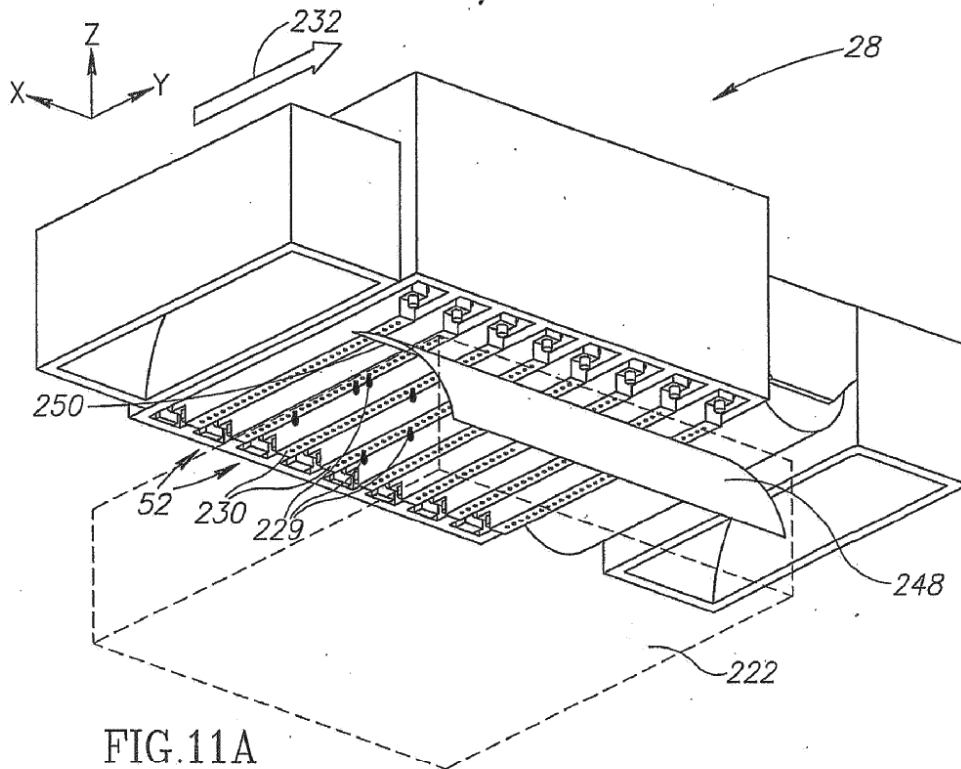


FIG. 11A

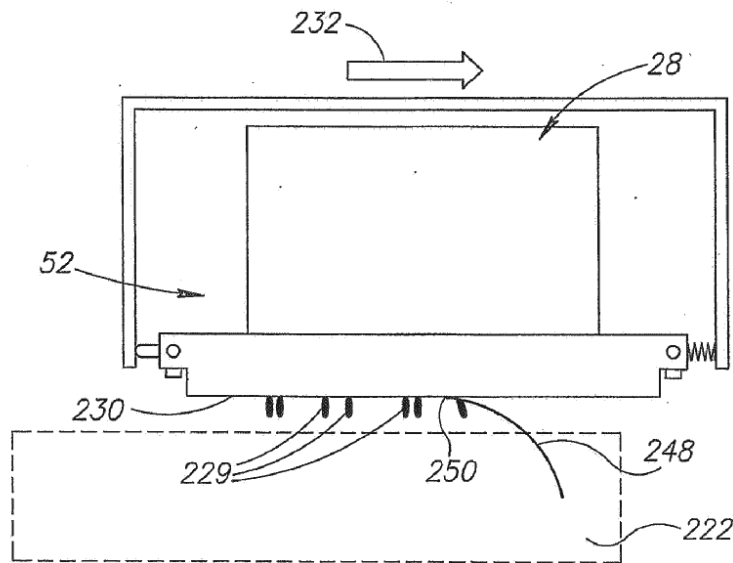


FIG. 11B

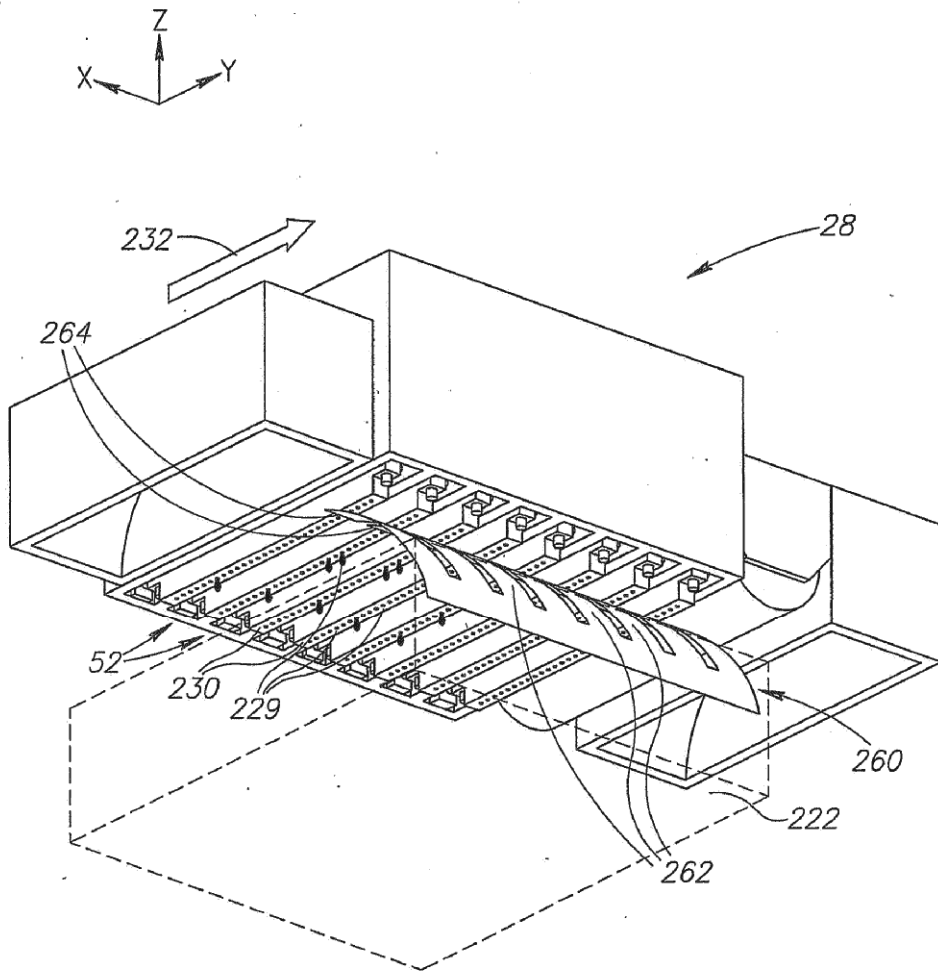
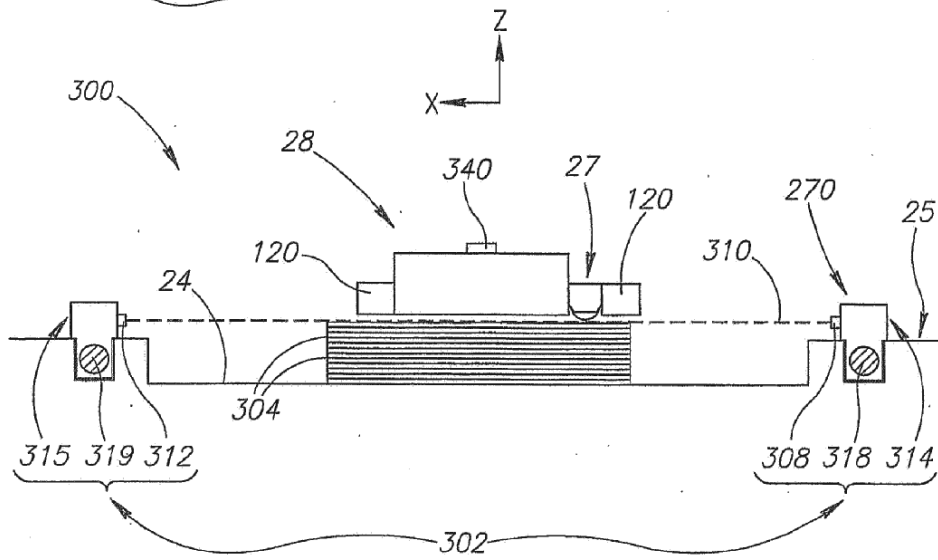
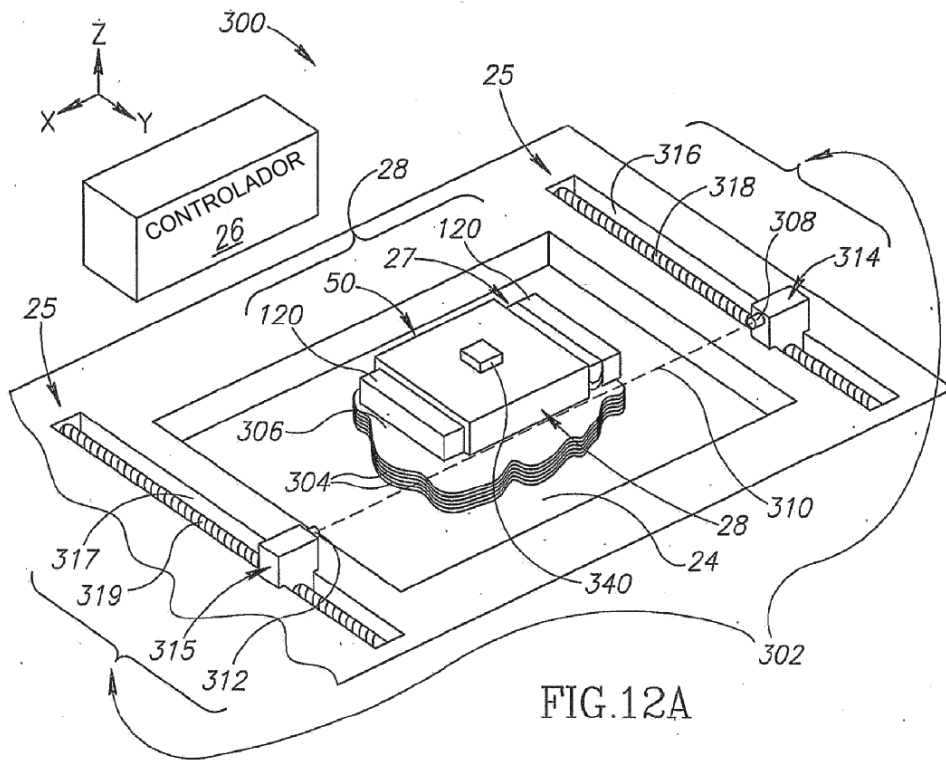


FIG.11C



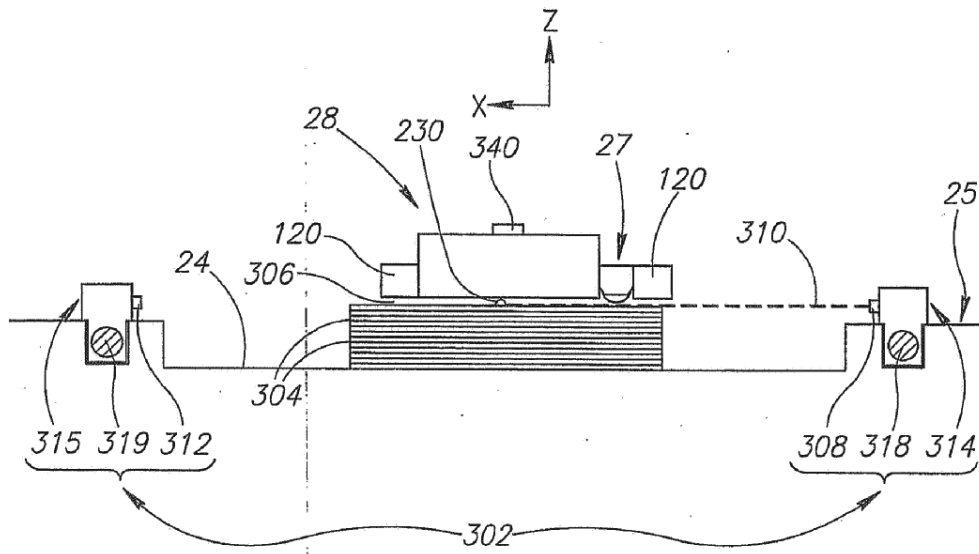


FIG.12C

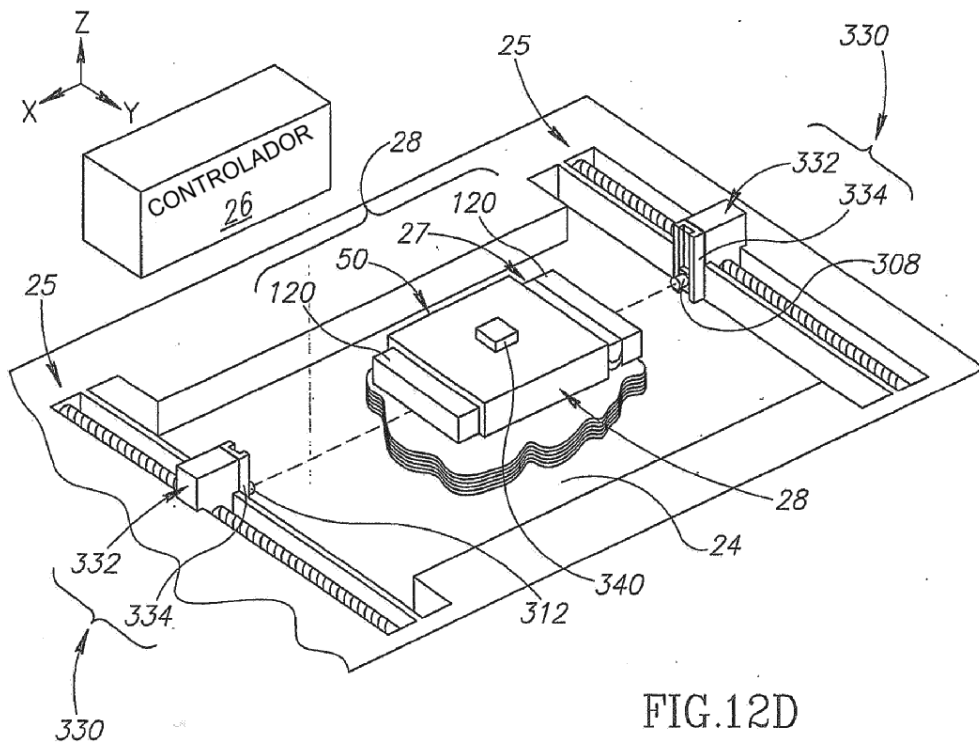


FIG.12D

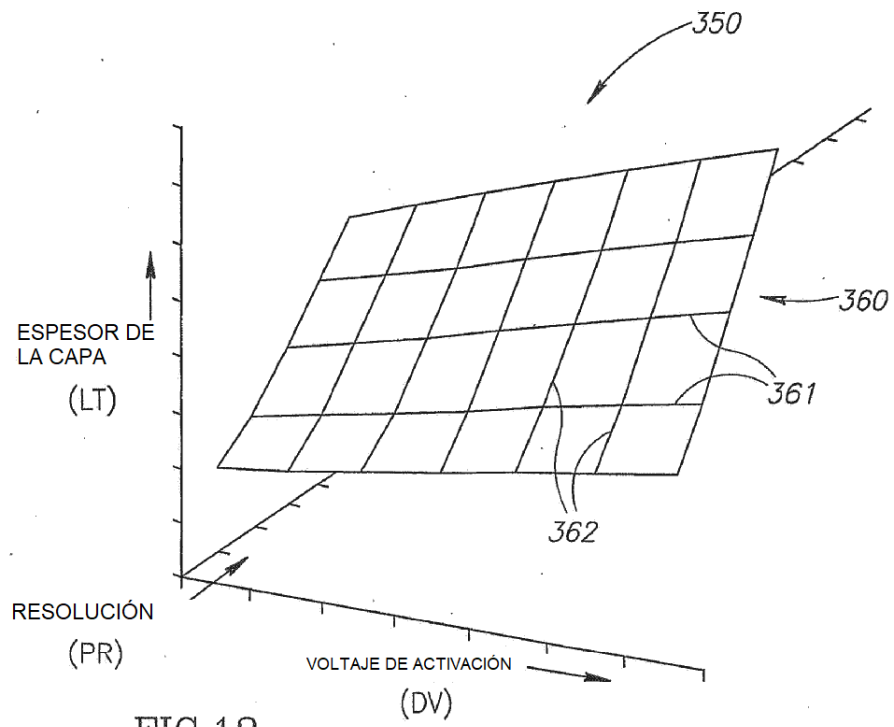


FIG.13

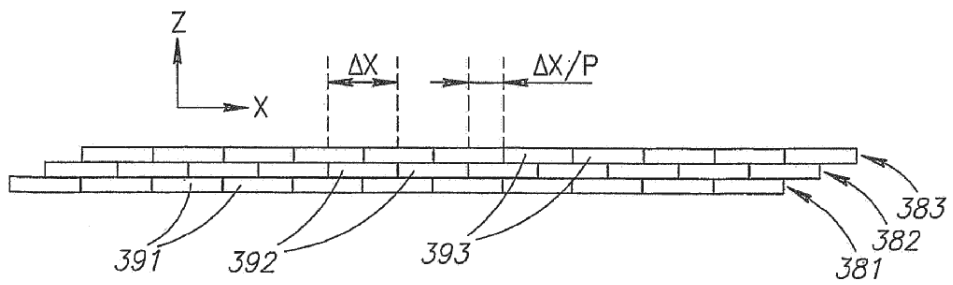


FIG.14