

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 352**

51 Int. Cl.:

C23C 14/35 (2006.01)

H01J 37/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.03.2011** **PCT/US2011/030726**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.10.2011** **WO11123646**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2011** **E 11763437 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.10.2016** **EP 2553137**

54 Título: **Aparato de cátodo rotativo para pulverización por magnetrón y método de deposición de material con el mismo**

30 Prioridad:

12.04.2010 US 323037 P

31.03.2010 US 319592 P

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

10.04.2017

73 Titular/es:

MUSTANG VACUUM SYSTEMS, INC. (100.0%)

7135 16th Street East

Sarasota, FL 34243, US

72 Inventor/es:

CHOQUETTE, ROBERT;

GREENWELL, RICHARD;

DICKEY, AARON y

EGLE, LAWRENCE

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Marta

ES 2 608 352 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 de cátodo rotativo para pulverización por magnetrón y método de deposición de material con el mismo

5 La presente solicitud reivindica prioridad sobre las Solicitudes Provisionales de Estados Unidos 61/359.592 y 61/323.037.

Antecedentes

10 La presente invención se refiere a un aparato de cátodo rotativo para pulverización por magnetrón que utiliza un cátodo cilíndrico y emisiones de radiofrecuencia, y un método de deposición de material con un aparato de cátodo cilíndrico rotativo para pulverización por magnetrón que usa emisiones de radiofrecuencia. Los aparatos de cátodo magnetrón rotativo para pulverización que utilizan cátodos cilíndricos son conocidos en la técnica. Sin embargo, estos aparatos están adaptados para funcionar con corriente continua o corriente alterna de baja a media frecuencia, y no funcionan con emisiones de radiofrecuencia ("RF"). Como resultado, tales aparatos generalmente requieren dopaje de metal para depositar materiales no metálicos.

La presente invención supera estas limitaciones proporcionando un aparato de cátodo rotativo cilíndrico para pulverización por magnetrón que incorpora aislamiento eléctrico del cátodo y el electrodo, componentes formados por materiales no ferrosos, refrigeración por líquido, y mayor entrega de potencia. Significativamente, el aparato de la presente invención es totalmente capaz de funcionamiento con RF y proporciona un método de deposición de materiales, incluyendo óxidos, con emisiones de RF, que reduce o elimina la necesidad de dopaje con metal.

La distinción entre corriente alterna y RF es comprendida en la técnica. Aunque la corriente de RF es una corriente alterna y no una corriente continua, la energía transmitida por una fuente de alimentación de RF no necesita transmitirse por contacto eléctrico directo. Por el contrario, la energía de RF puede transmitirse a través de un medio (tal como aire o agua) hasta el material diana. De esta manera, puede considerarse que un electrodo unido a una fuente de alimentación de RF actúa como una antena que transmite emisiones de RF en lugar de actuar simplemente como conductor de una corriente alterna. Tradicionalmente, los aparatos de cátodo rotativo para pulverización por magnetrón que utilizan un cátodo cilíndrico, y que están adaptados para funcionar con corriente alterna, han utilizado dos cátodos rotativos y están adaptados de tal modo que la señal de energía alterne entre ambos. Tales disposiciones no son necesarias cuando se utiliza energía de RF. Sin embargo, la energía de RF puede generar efectos inductivos y magnéticos que anteriormente hicieron inviable la pulverización de materiales usando emisiones de RF con cátodos cilíndricos rotativos. La presente invención aborda estas limitaciones y permite el funcionamiento con RF de un aparato de cátodo rotativo para pulverización por magnetrón que utiliza un único cátodo cilíndrico. El documento US-B2-6841051 da a conocer un aparato de cátodo rotativo cilíndrico para pulverización por magnetrón que comprende un miembro de refrigeración estacionario, alimentado por CA, conductor de la electricidad, que está dispuesto longitudinalmente dentro del cátodo, y que soporta un conjunto de imanes.

El documento US-B1-6488824 da a conocer un aparato de pulverización por magnetrón, que es accionado con energía de radiofrecuencia para depositar materiales no conductivos.

El documento US5225393 da a conocer la formación de una película delgada de óxido utilizando un aparato de pulverización por magnetrón plano de radiofrecuencia y un blanco de óxido.

Sumario

Se describe en este documento un aparato de cátodo rotativo para pulverización por magnetrón según la reivindicación 1.

Aunque el cátodo podría estar enteramente compuesto por el material a depositar (el material diana), en otras realizaciones sólo una parte de la superficie externa del cátodo comprenderá el material diana, y el resto del cátodo comprenderá otros materiales. El electrodo está aislado eléctricamente del árbol y, preferiblemente, no está en contacto eléctrico directo con el cátodo, pero puede estar en contacto directo en algunas realizaciones.

Para abordar los problemas creados por los campos magnéticos inducidos por el funcionamiento a alta frecuencia, el electrodo y el árbol se forman preferiblemente a partir de materiales no ferrosos. El árbol es generalmente coaxial con el cátodo y está conectado mecánicamente al cátodo de tal manera que la rotación del árbol haga que el cátodo gire alrededor de la fuente de campo magnético y de una parte del electrodo. La conexión es tal que el árbol y dicho cátodo también estén aislados eléctricamente para que la energía eléctrica no se transmita directamente del cátodo al árbol en cantidades sustanciales. El motor de accionamiento está adaptado para girar el árbol, y por lo tanto el cátodo, y la fuente de alimentación está adaptada para suministrar energía de RF a frecuencias de 1 MHz o superiores, sin que se fije un límite superior. El electrodo está conectado eléctricamente a la fuente de alimentación y, durante el funcionamiento, transmite al cátodo las emisiones de RF generadas por la fuente de alimentación. La

energía de RF hace que el cátodo eyecte partículas del material diana a medida que gira el cátodo, preferiblemente sobre un sustrato colocado cerca del cátodo.

También se describe un método de deposición de material con un aparato de cátodo cilíndrico rotativo para pulverización por magnetrón, según la reivindicación 12. El aparato comprende así mismo una fuente de alimentación de RF, un conjunto de suministro de energía, un cátodo rotativo, un árbol y un motor de accionamiento. El conjunto de suministro de energía comprende preferiblemente una fuente de campo magnético situada dentro del cátodo cilíndrico rotativo y un electrodo que se extiende dentro del cátodo. Al menos una porción de la superficie externa del cátodo comprende un material diana, pero en ciertas realizaciones todo el cátodo puede estar formado también por material diana. El electrodo está aislado eléctricamente del árbol, que es generalmente coaxial con el cátodo. El electrodo y el árbol se forman a partir de materiales no ferrosos. Utilizando un aparato de este tipo, el método descrito en el presente documento comprende las etapas de hacer que la fuente de alimentación suministre al electrodo energía de radiofrecuencia a frecuencias de 1 MHz o superiores, hacer que el cátodo gire alrededor de la fuente de campo magnético, y colocar un sustrato en la proximidad de la superficie exterior del cátodo que comprende el material diana. Durante el funcionamiento, la energía de RF procedente de la fuente de alimentación de RF hace que las partículas del material diana sean eyectadas sobre el sustrato.

Breve descripción de los dibujos

Otras características de la invención resultarán evidentes a partir de los dibujos adjuntos, que ilustran ciertas realizaciones preferidas del aparato de esta invención, en los cuales

la Fig. 1 es una vista en perspectiva despiezada de una realización del aparato de la presente invención, y que es adecuado para su uso con los métodos de la presente invención;

la Fig. 2 es una vista en perspectiva de la realización mostrada en la Fig. 1, en forma ensamblada;

la Fig. 3 es una vista parcial en sección transversal de la realización ilustrada en la Fig. 2, mostrando la conexión entre el árbol y el cátodo rotativo, según se indica por la línea 3 en la Fig. 2;

la Fig. 4 es una vista en perspectiva despiezada de la parte del conjunto de suministro de energía de la realización ilustrada en la Fig. 1 dentro y cerca del cátodo;

la Fig. 5 es una vista en perspectiva del conjunto de suministro de energía que se muestra en la Fig. 4, en forma ensamblada;

la Fig. 6 es una vista en perspectiva despiezada de la fuente de campo magnético de la realización ilustrada en la Fig. 1, sin los imanes instalados;

la Fig. 7 es una vista en perspectiva despiezada del conjunto de cátodo de la realización ilustrada en la Fig. 1;

la Fig. 8 es una vista en perspectiva despiezada del conjunto de árbol de la realización mostrada en la Fig. 1;

la Fig. 9 es una vista en perspectiva del conjunto de árbol que se muestra en la Fig. 7, en forma ensamblada;

la Fig. 10 es una vista en perspectiva despiezada del conjunto de motor de accionamiento de la realización mostrada en la Fig. 1;

la Fig. 11 es una vista en perspectiva despiezada del conjunto de placa de montaje de la realización mostrada en la Fig. 1;

la Fig. 12 es una vista en perspectiva despiezada del conjunto de carcasa interior de la realización mostrada en la Fig. 1;

la Fig. 13 es una vista en sección transversal del conjunto de carcasa interior que se muestra en la Fig. 12, referenciada por la línea 13 en la Fig. 12;

la Fig. 14 es una vista en perspectiva despiezada del conjunto de carcasa exterior de la realización mostrada en la Fig. 1; y

la Fig. 15 es una vista en sección transversal del conjunto de carcasa exterior que se muestra en la Fig. 14, referenciada por la línea 15 en la Fig. 14.

Descripción detallada

Aunque a continuación se describen realizaciones preferidas del aparato y los métodos de la presente invención, debe entenderse que esta descripción ha de considerarse solamente como ilustrativa de los principios de la invención y no ha de ser limitativa de la misma. Otras numerosas variaciones, todas dentro del alcance de la presente invención, se les ocurrirán fácilmente a otras personas, por lo que la invención sólo estará limitada por las reivindicaciones de este documento.

El término "adaptado" significará del tamaño, formación, configuración, dimensión, orientación y disposición apropiados.

El término "radiofrecuencia " o "RF" denotará frecuencias de 1 MHz o superiores, sin límite superior.

El término "aislado eléctricamente" significará, con respecto a dos componentes, que no hay ninguna conexión conductiva entre los componentes que permita que una corriente continua fluya de uno a otro en cantidades sustanciales.

El término "dopaje" significará la práctica de incluir una cantidad predeterminada de un material en un material diana para cambiar las características de pulverización catódica del material diana. Por lo tanto, un "material dopado" se referirá a un material diana en el que se utilizó el dopaje. El dopaje se utiliza comúnmente para permitir la pulverización catódica de materiales aislantes mediante el dopaje del material diana aislante con materiales conductivos tales como metales. Son también posibles otros tipos de dopaje en los que se añaden al material diana materiales distintos de metales.

El término "no ferroso" cuando se usa para describir un material indicará que el material está sustancialmente libre de hierro o es un metal no magnético tal como aluminio, latón o acero inoxidable 304.

Cuando se utiliza un número inmediatamente después de "acero inoxidable" (por ejemplo "acero inoxidable 304"), el número se refiere a un grado de acero inoxidable y no al número de un elemento mostrado en las figuras. Cuando en esta descripción detallada se hace referencia a materiales específicos, tales como un grado particular de acero inoxidable, la referencia pretende dar a conocer un ejemplo de un material adecuado que puede utilizarse, y no pretende limitar la presente invención a los componentes formados por esos materiales.

Cuando en este documento se hace referencia a cojinetes cerámicos aislantes, tales cojinetes están disponibles en una variedad de materiales incluyendo, sin limitación, óxido de Zirconio, y están disponibles en una variedad de suministradores, incluyendo, sin limitación, Impact Bearings de San Clemente, California.

Los sistemas de pulverización con cátodo cilíndrico rotativo incluyen normalmente una fuente de alimentación, un cátodo, y un conjunto de imán. La fuente de alimentación está conectada al cátodo a través de un electrodo y el imán está situado dentro del cátodo rotativo. El cátodo (o "blanco") se coloca entonces dentro de una cámara sustancialmente evacuada junto con un objeto a recubrir y un gas inerte, tal como argón. Se aplica energía al cátodo rotativo a través del electrodo mientras se hace pasar un sustrato por encima del cátodo rotativo. La combinación de la energía procedente de la fuente de alimentación, el campo magnético del conjunto de imán y el gas argón hace que sean eyectadas partículas del material diana del cátodo, y caigan sobre el sustrato, recubriendo así el sustrato con material diana.

Los sistemas conocidos de deposición por cátodo cilíndrico de pulverización funcionan con corriente continua (CC) o corriente alterna (CA) de baja a media frecuencia (normalmente en el rango de kilohercios). Cuando hay que depositar materiales diana aislantes (tales como cerámicas u óxidos), estos dispositivos suelen requerir el uso de dopaje de metal para una pulverización efectiva. Dichos sistemas dependen a menudo de la naturaleza reactiva del oxígeno para eliminar el material metálico de dopaje durante la deposición. Tal eliminación, sin embargo, puede no ser completa o uniforme. El resultado puede ser la presencia de pequeños agujeros o impurezas en la película depositada, y puede requerir recubrimientos de un espesor mayor de lo que sería deseable, o el uso de procesos secundarios.

El aparato y los métodos de la presente invención permiten el uso de energía de radiofrecuencia (RF) para la operación de pulverización. El uso de energía de RF permite la pulverización de materiales no conductores tales como cerámica y óxidos con un mínimo o ningún dopaje metálico, permite recubrimientos de mayor calidad con menos imperfecciones, y reduce la necesidad de un tratamiento secundario, permitiendo así un funcionamiento más eficiente. Los problemas que se producen cuando se intenta la pulverización con energía de RF incluyen el calentamiento por inducción y los efectos magnéticos causados por la energía de RF en los componentes ferrosos. La presente invención aborda estos problemas y permite la pulverización por RF de materiales aislantes no dopados con un aparato de pulverización con cátodo magnetron cilíndrico y rotativo. La presente invención también permite, en ciertas realizaciones preferidas, el uso de un solo cátodo, mientras que los dispositivos de pulverización por CA conocidos anteriormente suelen utilizar dos cátodos eléctricamente enlazados. Otras realizaciones de la presente invención permiten el uso de múltiples cátodos, pero se entiende que el uso de múltiples cátodos es opcional por parte de la presente invención.

Las Figs. 1-15 ilustran una realización preferida del aparato 1 de cátodo rotativo para pulverización catódica por magnetron de la presente invención, con las figs. 1-3 ilustrando los componentes principales, y las figs. 4-15 mostrando esos componentes en mayor detalle.

Refiriéndose a las Figs. 1-3, el aparato 1 de cátodo de pulverización comprende una fuente de alimentación 800 de radiofrecuencia, un conjunto 100 de suministro de energía, un cátodo 200 cilíndrico y rotativo, un conjunto 300 de árbol y un conjunto de motor de accionamiento 400. El cátodo 200 se extiende dentro de una cámara sustancialmente evacuada (no ilustrada), mientras que el conjunto 300 de árbol y el conjunto de motor de accionamiento 400 permanecen fuera. Un conjunto 500 de placa de montaje está conectado a la pared (512 en la Fig. 3) de la cámara evacuada (no ilustrada) y crea un sello sustancialmente hermético al aire. La conexión del conjunto 500 de placa de montaje a la pared 512 puede ser adecuadamente una conexión mecánica o una conexión soldada.

El conjunto 300 de árbol penetra en el conjunto 500 de placa de montaje y está conectado mecánicamente al cátodo 200. Las interfaces entre el cátodo 200 y el conjunto 500 de placa de montaje, y/o entre el conjunto 300 de árbol y el

conjunto 500 de placa de montaje están adaptadas para reducir al mínimo o eliminar las fugas en la cámara sustancialmente evacuada (no ilustrada), según conocen los expertos en la técnica.

Como se ilustra, el conjunto de árbol 300 es generalmente coaxial con el cátodo 200. La conexión entre el conjunto 300 de árbol y el cátodo 200 está adaptado de tal manera que la rotación del conjunto 300 de árbol provoca la rotación del cátodo 200, pero aísla eléctricamente el cátodo 200 del conjunto 300 de árbol. Preferiblemente, poca o ninguna energía eléctrica deberá transferirse entre el conjunto 300 de árbol y el cátodo 200 a través de contacto eléctrico o conducción directa. De esta manera, la transferencia de energía al cátodo 200 durante el funcionamiento es totalmente, o casi totalmente, a través del conjunto 100 de suministro de energía. El resultado es un suministro de energía al cátodo 200 más eficiente que de cualquier otro modo. Más adelante se describe adicionalmente un medio adecuado de conexión.

El conjunto de motor de accionamiento 400 está adaptado para girar el conjunto 300 de árbol. Aunque puede utilizarse una variedad de velocidades de rotación, y la presente invención no está limitada a ningún intervalo particular de velocidades de rotación, para la mayoría de aplicaciones del aparato de la presente invención son adecuadas velocidades de entre una rotación por minuto y doce rotaciones por minuto. El conjunto de motor de accionamiento 400 puede estar unido convenientemente al conjunto de carcasa externa 700 y al conjunto de carcasa interna 600 con sujetadores mecánicos.

Como se ilustra en las Figs. 4 y 5, el conjunto 100 de suministro de energía comprende la fuente de campo magnético 140 y el electrodo 110. Como se muestra en la Fig. 3, el conjunto 100 de suministro de energía se extiende a través del conjunto 300 de árbol y el conjunto 500 de placa de montaje hasta dentro del cátodo 200, de tal manera que la fuente de campo magnético 140 queda situada dentro del cátodo 200 y el electrodo 110 se extiende dentro del cátodo 200. El conjunto 100 de suministro de energía y, en particular, el electrodo 110 están aislados eléctricamente del conjunto 300 de árbol, lo que de nuevo sirve para asegurar que la energía sea transmitida al cátodo 200 por el electrodo 110 y no en cantidades sustanciales a través de vías alternativas. El aislamiento puede llevarse a cabo mediante el uso de cojinetes cerámicos aislantes (descritos más adelante) que permiten que el conjunto 300 de árbol gire alrededor del conjunto 100 de suministro de energía, sin crear entre ellos una conexión eléctrica directa. De esta manera, la rotación del conjunto 300 de árbol hará que el cátodo 200 gire alrededor de la fuente de campo magnético 140 y de la porción de electrodo 110 que se extiende dentro del cátodo 200, pero no impartirá cantidades sustanciales de energía al cátodo 200 a través del conjunto 300 de árbol durante la pulverización catódica.

Para permitir la pulverización catódica con emisiones de RF, la fuente de alimentación 800 de RF está preferiblemente adaptada para suministrar energía de RF a frecuencias de 1 MHz o superiores. Fuentes de alimentación adecuadas son las suministradas por proveedores tales como MKS de Rochester, Nueva York, incluyendo, sin limitación, el Sure Power RF Plasma Generator, modelo QL10513, que es una fuente de alimentación de RF con frecuencia de barrido, y que no es sino un ejemplo de una fuente de alimentación de RF adecuada para utilizar en realizaciones preferidas de la presente invención. Las frecuencias de 13 MHz o superiores, 25 MHz o superiores, 300 MHz o superiores y 1 GHz pueden utilizarse en diversas aplicaciones de pulverización dependiendo del material diana utilizado, la energía de pulverización disponible, y el material de sustrato y las características de revestimiento deseados. Las radiofrecuencias adecuadas para su uso en aplicaciones industriales de pulverización se describen más detalladamente en el 47 CFR § 18 (Código de Regulaciones Federales de los Estados Unidos de América relativo a equipos industriales, científicos y médicos). La presente invención, sin embargo, no está limitada a ningún rango de frecuencias, y es adecuada para la pulverización con frecuencias desde 1 MHz hasta muy por encima de 1 GHz, incluso hasta el rango de microondas. Utilizando energía de RF de 1 MHz o superior, el electrodo 110 actúa como una antena de transmisión de energía de RF hacia el cátodo 200, en lugar de conducirla a través de una escobilla. Esa energía, en combinación con el campo magnético generado por la fuente de campo magnético 140 hace que el material diana en la superficie externa del cátodo 200 sea eyectado durante el funcionamiento, efecto conocido como "pulverización".

Cuando se utiliza energía de RF, es deseable mantener una carga constante y preferiblemente óptima en la fuente de alimentación 800 con el fin de que pueda funcionar de manera eficiente. Para ayudar a asegurar una carga constante en la fuente de alimentación 800, puede utilizarse un sintonizador 810 de adaptación de carga. La fuente de alimentación 800 está conectada eléctricamente al conjunto 100 de suministro de potencia a través del sintonizador 810 de adaptación de carga. El sintonizador 810 de adaptación de carga puede ser convenientemente un sintonizador de adaptación de carga que comprenda condensadores y/o inductores, tales como los conocidos por los expertos en la técnica. Sintonizadores adecuados son los suministrados por proveedores tales como MKS de Rochester, New York. El MWH-100-03, 10 kW Load Matching Network, disponible en MKS, es un ejemplo de un sintonizador de adaptación de carga adecuado para su uso en ciertas realizaciones de la presente invención.

Dependiendo de las frecuencias, niveles de energía, materiales diana usados, y ubicación del sustrato, también puede ser deseable ajustar la posición de la fuente de campo magnético 140. Ajustando la estructura de montaje (que se describe más adelante) de la fuente de campo magnético 140, la fuente de campo magnético 140 puede ser ajustada, en cuanto a su proximidad a la superficie interior del cátodo 200, acercándola a la superficie interior del cátodo 200 y alejándola del electrodo 110, o acercándola al electrodo 110 y alejándola de la superficie interior del

cátodo 200. La posición de la fuente de campo magnético 140 dentro del cátodo 200 también puede ajustarse radialmente girando la fuente de campo magnético 140 sobre el electrodo 110, lo que permite ajustar el ángulo con el que se eyecta el material durante la operación.

Aunque la operación a frecuencias de RF permite la pulverización de materiales aislantes, tales frecuencias también tienen el potencial de inducir calentamiento inductivo y campos magnéticos en los componentes ferrosos. De acuerdo con ello, se prefiere, cuando se opera a frecuencias de RF, que el cátodo 200 esté eléctricamente aislado de los otros componentes del aparato de pulverización catódica 1 y que se utilicen materiales no ferrosos cuando sea posible, excepto en la fuente de campo magnético 140 (descrita más adelante). También es deseable que el aparato 1 de pulverización catódica sea refrigerado durante el funcionamiento. Esto se puede lograr añadiendo una bomba de refrigeración 900 adaptada para bombear un medio de enfriamiento tal como agua desionizada dentro del cátodo 200 durante el funcionamiento. Aunque puede utilizarse una variedad de bombas y sistemas de refrigeración, un enfriador McQuay de 70kW (no ilustrado) utilizado junto a una bomba 900 de gran volumen de agua es una buena opción para las realizaciones preferidas de la presente invención.

Haciendo referencia de nuevo a las Figs. 4-5, para facilitar la refrigeración el electrodo 110 puede estar sustancialmente hueco y adaptado para conectarse funcionalmente a la bomba de refrigeración 900 (como se muestra en la Fig. 2). El electrodo 110 puede ser entonces adaptado para suministrar un medio de refrigeración al cátodo 200, proporcionando unos pasos 114 en una o más ubicaciones del electrodo 110. El medio de refrigeración puede entonces fluir a través del electrodo 110, salir por los pasos 114, y entrar en el cátodo 200. Para mejorar la refrigeración es preferible que el material líquido refrigerante llene sustancialmente el cátodo 200, sin dejar huecos o espacios significativos. Un conjunto ranurado 104, aislante, puede permitir entonces que el medio refrigerante se escape mientras giran el conjunto 300 de árbol y el cátodo 200. De esta manera, el medio de refrigeración es introducido por la bomba de refrigeración 900 en el electrodo 110 sustancialmente hueco, llenando sustancialmente el cátodo 200, y saliendo luego a través del conjunto ranurado 104, enfriando así el conjunto 100 de suministro de energía y el cátodo 200, preferentemente de forma continua durante el funcionamiento. Se entenderá que, aunque la dirección del flujo de refrigerante descrita en este documento puede ser preferible, el aparato 1 de pulverización catódica puede funcionar también con el flujo en dirección inversa. También se entenderá que el medio refrigerante fluye a través del conjunto ranurado 104 hasta el conjunto 300 de árbol, y sale por la boca 740 (mostrada en la Fig. 15), refrigerando con ello el conjunto 300 de árbol, así como el conjunto de carcasa interna 600 y el conjunto de carcasa externa 700. Aunque puede usarse agua desionizada, también son adecuados otros medios de refrigeración, incluyendo, sin limitación, mezclas de agua y glicol conocidas en la técnica.

Como se ilustra, el electrodo 110 puede estar formado por secciones conectadas, incluyendo, sin limitación, la sección o secciones exteriores 102, la sección interior 111, y una o más secciones 112 de extensión. De esta manera puede usarse una variedad de longitudes de electrodo, permitiendo de ese modo el uso de cátodos de diferentes longitudes, añadiendo o quitando secciones 112 de extensión o usando secciones 112 de extensión de longitudes diferentes. Cuando no sean deseables fugas del medio de refrigeración, se pueden utilizar bridas (por ejemplo, una primera brida 106 de electrodo y una segunda brida 108 de electrodo) con una junta entre medias (por ejemplo, un anillo tórico 105 de las bridas de electrodo, que puede estar hecho convenientemente de Viton), y unos sujetadores mecánicos 109 (preferiblemente de metal no ferroso), para conectar las secciones del electrodo 110. Cuando las fugas no sean una gran preocupación, puede usarse un simple ajuste por fricción, como se muestra entre la sección interior 111 y la sección de extensión 112. Según se ilustra, la fuente de campo magnético 140 (descrita más adelante) sirve para impedir que la sección interior 111 y la sección de extensión 112 se separen durante el funcionamiento, pero también se pueden utilizar, si se desea, otros medios de fijación, incluyendo, sin limitación, tornillos de apriete, fijaciones mecánicas y ajustes por fricción apropiados.

Los pasos 114 están preferentemente en el extremo exterior de la última sección 112 de extensión, pero pueden estar colocados en otra parte del electrodo 110, ya sea en lugar de, o además de, en el extremo exterior de la última sección 112 de extensión. Un casquillo 116 de la pieza final, aislante y preferiblemente cerámico, proporciona soporte para el electrodo 110 al tiempo que permite al cátodo 200 girar alrededor de él. El ULTEM es un material adecuado para el casquillo 116 de la pieza final.

El electrodo 110 puede estar formado por cualquier material adecuado para uso en la transmisión de energía de RF incluyendo, sin limitación, latón y será preferiblemente un material no ferroso para ayudar a reducir los efectos magnéticos indeseables, al igual que los sujetadores mecánicos 109, que pueden ser adecuadamente de acero inoxidable 304.

La fuente de campo magnético 140 puede unirse al electrodo 110, según se ilustra, con unos miembros de fijación inferiores 146 y unos miembros de fijación superiores 144. Usando miembros de fijación superiores 144 más grandes, u otro medio de ajuste conocido por los expertos en la técnica, puede ajustarse la proximidad de la fuente de campo magnético 140 a la superficie interior del cátodo 200. También puede ajustarse radialmente la fuente de campo magnético 140 aflojando el miembro de fijación superior 144 y el miembro de fijación inferior 146 y girando la fuente de campo magnético 140 sobre el electrodo 110, antes de volver a apretarlos. La fuente de campo magnético 140 puede comprender convenientemente un portador 148 y unos imanes 142, con unos miembros de sujeción 149 que sujetan los imanes 142 en su lugar. Aunque los imanes concretos utilizados variarán en función de la aplicación

de pulverización (tal y como se entiende en la técnica), una pluralidad de imanes de grado N42 de 12,7 mm x 12,7 mm x 6,35 mm, apilados en dos alturas para formar cubos de 12,7 mm, sería una elección adecuada para los imanes 142 de las aplicaciones típicas. A modo de ejemplo, y sin limitación, aproximadamente 240 de tales imanes 142 dispuestos en tres filas podrían ser utilizados con un cátodo 200 de aproximadamente 55,88 cm. Tales imanes pueden ser suministrados por una serie de proveedores tales como K&J Magnetics, Inc.

El portador 148, los miembros de fijación superiores 144, los miembros de fijación inferiores 146, los miembros de sujeción 149 y cualesquiera sujetadores utilizados para asegurar los componentes deben ser preferiblemente de materiales no ferrosos. Si bien pueden utilizarse materiales aislantes tales como PVC, se prefieren materiales no ferrosos térmicamente conductores tales como el aluminio, ya que permiten una mejor refrigeración y transferencia de calor.

La Fig. 6 ilustra una vista despiezada de la fuente de campo magnético 140, sin imanes 142 instalados. Como puede verse en la ilustración, un shunt magnético 143 está colocado debajo de los imanes 142 (cuando están instalados). El shunt magnético 143, que puede ser convenientemente de acero inoxidable 416, actúa para reducir la probabilidad de pulverizar por debajo de la fuente de campo magnético 140 al derivar el campo magnético generado por los imanes 142 (cuando están instalados).

Según se ilustra, el electrodo 110 no está en contacto eléctrico directo con el cátodo 200. En tales realizaciones, la energía de RF se transmite desde el electrodo 110 al cátodo 200, en lugar de transferirse por conducción a través de un contacto directo. Cuando se desea también transferencia conductiva, se pueden usar escobillas (no ilustradas) para crear también una conexión eléctrica directa entre el electrodo 110 y el cátodo 200. Sin embargo, el uso de emisiones de RF significa que no son necesarias tales escobillas, como lo son con frecuencias más bajas, a las que se precisa un contacto eléctrico directo. Son conocidas diversas escobillas adecuadas por los expertos en la técnica.

La Fig. 7 muestra con más detalle un conjunto de cátodo 200. El cátodo 200 comprende conjunto 220 de brida de cátodo, un blanco 205 de sacrificio, y un conjunto de tapa final 210 del cátodo. El blanco 205 de sacrificio puede estar hecho enteramente del material diana a ser pulverizado, o puede comprender material diana en su superficie exterior 206 y un tubo de respaldo 207 formado por otros materiales tales como, por ejemplo, cobre. Los cátodos 200 con blancos de sacrificio que tengan diferentes materiales diana, adecuados para uso en realizaciones preferidas de la presente invención, pueden ser suministrados por proveedores tales como Soleras Ltd. de Biddeford, Maine.

El blanco 205 de sacrificio es sustancialmente hueco, y está adaptado de tal manera que la fuente de campo magnético 140 se ajuste dentro del blanco 205 de sacrificio, junto con al menos una parte del electrodo 110, que se extiende preferiblemente al menos hasta el punto central de la longitud del blanco 205 de sacrificio, entregando así la energía de RF centralmente dentro de conjunto de cátodo 200, lo cual es preferible.

El conjunto 220 de brida de cátodo comprende una brida 230 de cátodo, un anillo espiral 226 de retención del cátodo, un anillo tórico 224 de brida de cátodo, y un aislador 222 de brida de cátodo. Tanto el anillo tórico 224 de brida de cátodo como el aislador 222 de brida de cátodo pueden estar formados convenientemente por Viton. La brida 230 de cátodo, que convenientemente puede estar formada por aluminio, se ajusta sobre el blanco 205 de sacrificio. El anillo espiral 226 de retención del cátodo asegura la brida 230 de cátodo. El apriete de unos pernos 234 de la brida de cátodo permite conectar funcionalmente el cátodo 200 al conjunto 300 de árbol de tal manera que la rotación del conjunto 300 de árbol gire el conjunto de cátodo 200. El aislador 222 de brida de cátodo (que puede estar convenientemente formado por un material de alta resistencia dieléctrica, tal como ULTEM) aísla eléctricamente el conjunto de cátodo 200 del conjunto 300 de árbol, lo cual es deseable cuando se trata de energía de RF con alta frecuencia, por razones tales como la reducción de la probabilidad de formación de arco. Los pernos 234 de la brida de cátodo (que se pueden formar convenientemente con acero inoxidable 304) forman la conexión mecánica, pero lo hacen a través de los aisladores 232 de los pernos de la brida de cátodo (que también pueden estar formados con ULTEM). El propósito es proporcionar aislamiento eléctrico asegurando que los pernos 234 de la brida de cátodo no estén en contacto conductivo con el conjunto de cátodo 200, lo que ayuda a asegurar que la energía se transfiera al conjunto de cátodo 200 casi exclusivamente a través del conjunto 100 de suministro de energía y no de modo secundario a través del conjunto 300 de árbol.

El conjunto de tapa final 210 del cátodo sirve para dos propósitos. En primer lugar, proporciona un sello que evita la fuga del medio de refrigeración. En segundo lugar, proporciona soporte para el extremo del electrodo 110. El conjunto de tapa final 210 del cátodo comprende un anillo 211 de retención de la tapa final del cátodo (que convenientemente puede estar formado por acero inoxidable 304) y una placa 212 de la tapa final del cátodo, que también se forma preferiblemente con un material no ferroso tal como aluminio. Un cojinete aislante 215 de la placa final del cátodo, que convenientemente puede estar formado por un material cerámico tal como Óxido de Zirconio, soporta el casquillo 116 de la pieza final y permite que el cátodo 200 gire sobre el mismo. El cojinete aislante 215 de la placa final del cátodo está sujeto dentro de un tapón 214 de la placa final del cátodo, que cierra herméticamente contra la superficie interior del blanco 205 de sacrificio para evitar la fuga del medio refrigerante. El tapón 214 de la placa final del cátodo puede estar unido a la placa 212 de la tapa final del cátodo con sujetadores mecánicos (no ilustrados) y está sellado con unos anillos tóricos 213 de la placa final del cátodo, que convenientemente pueden

estar formados con Viton.

Dada la capacidad del aparato 1 para funcionar a niveles de energía de RF de alta frecuencia, puede utilizarse una variedad de materiales para el material diana de la superficie exterior 206 del blanco 205 de sacrificio, incluyendo, sin limitación, óxidos y cerámicas.

El conjunto 300 de árbol se muestra con mayor detalle en las Figs. 8-9. Como se ha indicado anteriormente, el conjunto 300 de árbol se conecta al cátodo 200 y proporciona la fuerza para girar el cátodo 200 durante el funcionamiento. El conjunto 300 de árbol también está formado preferiblemente por materiales no ferrosos. Más específicamente, el conjunto 300 de árbol comprende el árbol 310 y la brida 330 del árbol. El árbol 310 es preferiblemente de latón, pero también puede estar formado por otros materiales no ferrosos. La brida 330 del árbol también es no ferrosa, y puede estar convenientemente formada por aluminio. La brida 330 del árbol acepta los pernos 234 de la brida de cátodo del conjunto de cátodo 200 (mostrados en la Fig. 7), con el anillo tórico de la brida del árbol (que convenientemente puede estar formado por Viton) formando un sello que resiste las fugas durante el funcionamiento, al igual que los anillos tóricos 316 del árbol. El árbol 310 puede estar convenientemente unido a la brida 330 del árbol con unos sujetadores mecánicos 333 (preferiblemente sujetadores de acero inoxidable 304) que se alojan en unos receptáculos 334 del árbol 310. Un cojinete 314 del árbol, no conductivo, (preferiblemente otro cojinete cerámico de Óxido de Zirconio) está adaptado para aceptar el conjunto ranurado 104 (mostrado en las Figs. 4-5) y por lo tanto soporta el electrodo 110 durante el funcionamiento. De esta manera, el cojinete 314 del árbol y el conjunto ranurado 104 forman un cojinete cerámico no conductivo en contacto al menos parcial con el electrodo 110, y permite que el medio refrigerante circule a través del electrodo 110 y penetre en el cátodo 200, para fluir por el cuerpo del conjunto 300 de árbol, fuera del electrodo 110. Los expertos en la técnica entenderán que, en función de los diámetros del electrodo 110 y del cojinete 314 del árbol, en lugar de ranuras abiertas como se ilustra, también pueden usarse agujeros o canales a través de un miembro macizo (no ilustrado) para permitir el retorno del medio refrigerante, mientras el conjunto 300 de árbol gira alrededor del electrodo 110. Mientras el conjunto 300 de árbol gira alrededor del electrodo 110, el conjunto ranurado 104 no necesita girar. Por el contrario, el conjunto ranurado 104 sólo tiene que proporcionar un paso para que el medio refrigerante regrese al cátodo 200. Sin embargo, la conexión de soporte entre el electrodo 110 y el árbol 310, independientemente de su configuración mecánica, es preferiblemente no conductiva.

El árbol 310 tiene integrado un chavetero 312 para permitir la fijación de una polea inferior 418 a través de una chaveta 420 de la polea inferior, como se muestra en la Fig. 10. El conjunto 400 de motor de accionamiento comprende un motor de accionamiento 410 que es preferiblemente capaz de funcionar a diferentes velocidades. Se prefiere usar un motor de CA para el motor de accionamiento 410, ya que puede ayudar a reducir problemas de interferencia. El motor de accionamiento 410 se conecta a un soporte 412 del motor (también formado preferentemente por materiales no ferrosos tales como aluminio) con sujetadores mecánicos tradicionales. El árbol 411 del motor de accionamiento 410 se extiende a través del soporte 412 del motor y se conecta a la polea superior 414 con la chaveta 415 de la polea superior. La polea superior 414 y la chaveta 415 de la polea superior pueden estar convenientemente formadas por acero inoxidable 304. Una correa 416 acciona entonces la polea inferior 418 (que convenientemente puede estar formada por aluminio) que rodea el árbol 310 y se sujeta con la chaveta 420 de la polea inferior (que también puede estar formada convenientemente por acero inoxidable 304). De esta manera, el motor de accionamiento 410 acciona el conjunto 300 de árbol. El soporte 412 del motor está unido al conjunto 700 de carcasa exterior y al conjunto 600 de carcasa interior por medio de sujetadores mecánicos tradicionales (y preferiblemente no ferrosos), según se muestra en la Fig. 2. Según se muestra también en la Fig. 2, la polea inferior 418 se coloca preferiblemente entre el conjunto 600 de carcasa interior y el conjunto 700 de carcasa exterior.

Como se ha descrito, el conjunto 500 de placa de montaje está unido a la pared 512 de la cámara sustancialmente evacuada (no ilustrada). El conjunto 500 de placa de montaje se conecta al conjunto 600 de carcasa interior (como se muestra en las Figs. 2-3) a través de sujetadores mecánicos preferiblemente no ferrosos (no ilustrados). El conjunto 500 de placa de montaje soporta la brida 330 de árbol y la brida 230 de cátodo del conjunto 300 de árbol y el cátodo 200, respectivamente. Refiriéndose a las Figs. 3 y 11, el conjunto 500 de placa de montaje comprende una placa interior 520 del bloque de montaje, un anillo tórico 515 del bloque de montaje (que convenientemente se puede formar con Viton) y una placa exterior 510 del bloque de montaje. La placa interior 520 del bloque de montaje y la placa exterior 510 del bloque de montaje se construyen preferiblemente con acero inoxidable, estando la placa interior 520 del bloque de montaje soldada o unida fijamente de alguna otra forma a la parte interior de la pared 530 de la cámara sustancialmente evacuada (no ilustrada). La placa exterior 510 del bloque de montaje está preferiblemente unida fijamente al exterior de la pared 530 con sujetadores mecánicos (no ilustrados), y un anillo tórico 515 de la placa exterior de montaje (que convenientemente puede estar formado por Viton) que ayuda a mejorar la estanqueidad entre la pared 530 y la placa exterior 510. La abertura de la placa interior 520 del bloque de montaje está adaptada para aceptar la brida 230 de cátodo y la abertura más pequeña de la placa interior 520 del bloque de montaje está adaptada para aceptar la brida 330 de árbol, cada una con un huelgo suficiente para permitir el movimiento y evitar la formación de arcos.

Las Figs. 12-13 ilustran el conjunto 600 de carcasa interior. El conjunto 600 de carcasa interior comprende un cuerpo 610 de la carcasa interior, que se forma preferiblemente con aluminio y está unido al conjunto 500 de placa de montaje y al aislador 616 de la carcasa interior (que convenientemente puede estar formado por Ultem) con unos

pernos 632 (que pasan a través de unos aisladores 633 de la carcasa interior, también convenientemente formados con Ultem), aislando eléctricamente el conjunto 600 de carcasa interior del conjunto 500 de placa de montaje. Como se ha descrito anteriormente, el aislador 616 de la carcasa interior y los aisladores 633 de los pernos de la carcasa interior están adaptados para promover el aislamiento eléctrico deseable para la operación a alta frecuencia y alta tensión. Un primer anillo tórico 618 de la carcasa interior y un segundo anillo tórico 614 de la carcasa interior (de los cuales ambos pueden estar convenientemente formados con Viton) ayudan a evitar fugas cuando el aparato 1 está en funcionamiento. Un primer cojinete 612 de la carcasa interior (preferiblemente un cojinete cerámico aislante formado por un material tal como Óxido de Zirconio) proporciona soporte para el conjunto 300 de árbol mientras está girando, sin crear una conexión eléctrica entre el conjunto 600 de carcasa interior y el conjunto 300 de árbol. El primer cojinete 612 de la carcasa interior está sujeto por un primer anillo de presión 621 de la carcasa interior, que puede estar convenientemente formado por acero inoxidable 304.

Un sello 628 de la carcasa interior puede ser, convenientemente, un sello de árbol rotativo de bomba de agua, tal como un sello de árbol John Crane, tipo 21, y está adaptado para funcionar junto con una pista 630 para reducir o eliminar fugas de vacío, al tiempo que permite girar al árbol 310. Un segundo cojinete 626 de la carcasa interior (que también puede ser un cojinete cerámico aislante formado por un material tal como Óxido de Zirconio) soporta adicionalmente el conjunto 300 de árbol sin crear una conexión eléctrica directa con el cuerpo 610 de la carcasa interior, y está sujeto en su lugar por un segundo anillo de presión 629 de la carcasa interior, un segundo sello 622 del cojinete de la carcasa interior, y un espaciador 624. Una primera abertura 640 de la carcasa interior y una segunda abertura 642 de la carcasa interior permiten monitorizar las fugas de vacío, y posiblemente el uso de una bomba de vacío secundaria para compensar las pequeñas fugas de vacío que se producirán con el tiempo a medida que se desgaste el sello 628 de la carcasa interior. El anillo de retención 620 del sello de aceite de la carcasa interior (que convenientemente puede estar formado por acero inoxidable 304) actúa para evitar fugas.

Las Figs. 14-15 ilustran el conjunto 700 de carcasa exterior, que soporta el conjunto 300 de árbol y el conjunto 100 de suministro de energía y está unido al conjunto 600 de carcasa interior a través del soporte 412 del motor (como se muestra en la Fig. 2). El conjunto 700 de carcasa exterior comprende un cuerpo 710 de la carcasa exterior, formado preferentemente con aluminio. Un cojinete 732 de la carcasa exterior está fijado al cuerpo 710 de la carcasa exterior con un anillo de retención 730 de la carcasa exterior y soporta el conjunto 300 de árbol mientras proporciona también aislamiento eléctrico entre el conjunto 300 de árbol y el cuerpo 710 de la carcasa exterior. El cojinete 732 de la carcasa exterior es también preferiblemente un cojinete cerámico aislante formado por un material tal como Óxido de Zirconio. Cuando el medio refrigerante sale por el extremo del conjunto 300 de árbol, el primer sello 734 de la carcasa exterior impide que retorne hacia el cojinete 732 de la carcasa exterior, mientras permite que el árbol 310 gire. En su lugar, el medio fluye o es bombeado al exterior por la boca 740. El segundo sello 714 de la carcasa exterior, que está sujeto por el segundo anillo de retención 712 del sello de carcasa exterior está adaptado para soportar adicionalmente el conjunto 100 de suministro de energía y también para proporcionar aislamiento eléctrico entre el conjunto 100 de suministro de energía y el cuerpo 710 de la carcasa exterior, evitando a la vez las fugas del medio refrigerante de retorno, que sale de la parte trasera del conjunto 300 de árbol por la boca 740, en donde puede ser capturado, enfriado y reciclado. El electrodo 110 se extiende a través de segundo sello 714 de la carcasa exterior, en cuyo punto puede ser conectado eléctricamente a la fuente de alimentación 800 de RF, como se entiende bien en la técnica.

También se describe en este documento un método de deposición de material con un aparato de cátodo cilíndrico rotativo para pulverización por magnetron que comprende una fuente de alimentación de radiofrecuencia, un conjunto de suministro de energía, un cátodo rotativo, un árbol y un motor de accionamiento. El aparato 1, descrito en detalle anteriormente, es un aparato adecuado para su uso en conexión con este método, pero, como se comprenderá, no es necesario incluir todas las características del aparato 1 para utilizar el método. Como se ha descrito, el conjunto 100 de suministro de energía comprende una fuente de campo magnético 140 situada dentro del cátodo 200 y un electrodo 110 que se extiende dentro del cátodo 200. La superficie exterior 206 del blanco 205 de sacrificio del cátodo 200 comprende un material diana. El electrodo 110 está aislado eléctricamente del conjunto 300 de árbol, y el conjunto 300 de árbol es generalmente coaxial con el cátodo 200. Para facilitar la operación con RF, el electrodo 110 y dicho conjunto 300 de árbol se forman a partir de materiales no ferrosos.

Dado un aparato con las características anteriores, el material puede ser depositado haciendo que la fuente de alimentación 800 suministre energía de radiofrecuencia a frecuencias de 1 MHz o superiores, a través del electrodo 110. A continuación se hace girar el cátodo 200 alrededor de la fuente de campo magnético 140. Al colocar un sustrato 290 (es decir, un objeto sobre el cual se va a depositar el material) en la proximidad de la superficie exterior del cátodo 200, la energía de radiofrecuencia procedente de la fuente de energía, transmitida a través del electrodo, en combinación con el campo magnético generado por la fuente de campo magnético 140, provocará que partículas del material diana de la superficie exterior 206 sean eyectadas sobre el sustrato 290.

Con este método se pueden utilizar frecuencias alternativas, incluyendo frecuencias de 13 MHz o superiores, 25 MHz o superiores, 300 MHz o superiores, y 1 GHz o superiores (sin límite superior establecido). Cuando se utilizan frecuencias por encima de 1 MHz junto con este método, no es necesario que el electrodo 110 esté en contacto eléctrico directo con el cátodo 200, ya que la energía de RF será transmitida, si no conducida, entre los dos. La utilización de emisiones de RF de frecuencias más altas en este método permite la pulverización catódica de

materiales diana que sean materiales aislantes no dopados sustancialmente libres de materiales conductores. De esta manera, con un aparato 1 que comprende una fuente de alimentación 800 de radiofrecuencia y un cátodo 200 cilíndrico y rotativo que tiene una superficie exterior 206 de material diana de sacrificio que comprende un óxido tal como, sin limitación, Óxido de Zinc u Óxido de Aluminio, se puede pulverizar el óxido directamente sin necesidad de dopaje. Como se ha descrito, esto se puede lograr haciendo que la fuente de alimentación 800 suministre energía de radiofrecuencia a frecuencias de 1 MHz o superiores (siendo las frecuencias superiores a 13 MHz, 25 MHz, 300 MHz y 1 GHz todas ellas adecuadas para diferentes aplicaciones, haciendo que gire dicho cátodo 200, y colocando el sustrato 290 próximo a la superficie exterior del cátodo 200, de modo que la energía de radiofrecuencia y el campo magnético provocan que el cátodo 200 eyecte partículas sobre el sustrato 290.

Las realizaciones preferidas anteriormente descritas pretenden ser ejemplares y no limitantes. Otras variaciones y realizaciones del aparato y los métodos de la presente invención serán evidentes para los expertos en la técnica a la luz de esta memoria técnica, todas las cuales están dentro del alcance de la presente invención según se reivindica.

Otros aspectos particulares y preferidos de la invención están establecidos en las cláusulas independientes y dependientes que se acompañan. Las características de las cláusulas dependientes pueden ser combinadas con las de las cláusulas independientes y las reivindicaciones independientes según proceda, y en combinaciones distintas a las establecidas explícitamente en las cláusulas y reivindicaciones.

1. Un método de deposición de material con un aparato de cátodo cilíndrico rotativo para pulverización por magnetrón que comprende una fuente de alimentación de radiofrecuencia, un conjunto de suministro de energía, un cátodo rotativo, un árbol y un motor de accionamiento, en el que dicho conjunto de suministro de energía comprende una fuente de campo magnético situada dentro de dicho cátodo y un electrodo que se extiende dentro de dicho cátodo; dicho electrodo está aislado eléctricamente de dicho árbol; la superficie exterior de dicho cátodo comprende un material diana formado por materiales aislantes y sustancialmente libre de materiales conductivos; dicho método comprende los pasos de hacer que dicha fuente de alimentación suministre energía de radiofrecuencia a frecuencias de 1 MHz o superiores; hacer que dicho cátodo gire alrededor de dicha fuente de campo magnético; y colocar un sustrato en la proximidad de la superficie exterior de dicho cátodo; de modo que dicha energía de radiofrecuencia provoca que dicho cátodo rotativo eyecte partículas desde dicho material diana sobre dicho sustrato.

2. El método de la cláusula 1 en el que dicho electrodo no está en contacto eléctrico directo con dicho cátodo.

3. El método de la cláusula 1 en el que dicha fuente de alimentación está adaptada para suministrar energía de radiofrecuencia a frecuencias de 13 MHz o superiores.

4. El método de la cláusula 3, en el que dicha fuente de alimentación está adaptada para suministrar energía de radiofrecuencia a frecuencias de 25 MHz o superiores.

5. El método de la cláusula 4 en el que dicha fuente de alimentación está adaptada para suministrar energía de radiofrecuencia a frecuencias de 300 MHz o superiores.

6. El método de la cláusula 5, en el que dicha fuente de alimentación está adaptada para suministrar energía de radiofrecuencia a frecuencias de 1 MHz o superiores.

7. Un método de deposición de material con un aparato de cátodo cilíndrico rotativo para pulverización por magnetrón que comprende una fuente de alimentación de radiofrecuencia y un cátodo rotativo cilíndrico, en el que la superficie exterior de dicho cátodo rotativo comprende un material diana formado por un óxido; comprendiendo dicho método las etapas de hacer que dicha fuente de alimentación suministre energía de radiofrecuencia a frecuencias de 1 MHz o superiores; haciendo girar dicho cátodo; y colocando un sustrato en la proximidad de dicha superficie exterior de dicho cátodo; de modo que dicha energía de radiofrecuencia provoca que dicho cátodo eyecte partículas desde dicho material diana sobre dicho sustrato.

8. El método de la cláusula 7, en el que dicha fuente de alimentación está adaptada para suministrar energía de radiofrecuencia a frecuencias de 13 GHz o superiores.

9. El método de la cláusula 8 en el que dicha fuente de alimentación está adaptada para suministrar energía de radiofrecuencia a frecuencias de 25 MHz o superiores.

10. El método de la cláusula 9, en el que dicha fuente de alimentación está adaptada para suministrar energía de radiofrecuencia a frecuencias de 300 MHz o superiores.

5 11. El método de la cláusula 10 en el que dicha fuente de alimentación está adaptada para suministrar energía de radiofrecuencia a frecuencias de 1 GHz o superiores.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (1) de cátodo rotativo para pulverización por magnetrón que comprende una fuente de alimentación (800) de radiofrecuencia, un conjunto (100) de suministro de energía, un cátodo (200) cilíndrico y rotativo, un árbol (300) y un motor de accionamiento (400), en el que
 5 dicho conjunto de suministro de energía comprende una fuente de campo magnético (140) situada dentro de dicho cátodo y un electrodo (110) que se extiende dentro de dicho cátodo;
 la superficie exterior (206) de dicho cátodo comprende un material diana (205); dicho electrodo está dispuesto para estar aislado eléctricamente de dicho árbol;
 10 dicho electrodo y dicho árbol están formados por materiales no ferrosos;
 dicho árbol está dispuesto para ser generalmente coaxial con dicho cátodo y dispuesto para estar mecánicamente conectado a dicho cátodo de manera que dicho árbol y dicho cátodo estén eléctricamente aislados y la rotación de dicho árbol haga que dicho cátodo gire alrededor de dicha fuente de campo magnético y de una porción de dicho electrodo;
 15 dicho motor de accionamiento está adaptado para girar dicho árbol;
 dicha fuente de alimentación está adaptada para suministrar energía de radiofrecuencia a frecuencias de 1 GHz o superiores; y
 dicho electrodo está dispuesto para ser conectado eléctricamente a dicha fuente de alimentación.
- 20 2. El aparato de la reivindicación 1 en el que dicho electrodo (110) está dispuesto para no estar en contacto eléctrico directo con dicho cátodo (200).
3. El aparato de la reivindicación 1 en el que dicha fuente de alimentación (800) está adaptada para suministrar energía de radiofrecuencia a frecuencias de 13 MHz o superiores.
- 25 4. El aparato de la reivindicación 3 en el que dicha fuente de alimentación está adaptada para suministrar energía de radiofrecuencia a frecuencias de 25 MHz o superiores.
5. El aparato de la reivindicación 4 en el que dicha fuente de alimentación está adaptada para suministrar energía de radiofrecuencia a frecuencias de 300 MHz o superiores.
- 30 6. El aparato de la reivindicación 5 en el que dicha fuente de alimentación está adaptada para suministrar energía de radiofrecuencia a frecuencias de 1 GHz o superiores.
- 35 7. El aparato de la reivindicación 1 en el que dicho material diana (205) consiste en un material aislante sustancialmente libre de materiales conductores.
8. El aparato de la reivindicación 1 en el que la posición de dicha fuente de campo magnético (140) dentro de dicho cátodo (200) es ajustable con respecto a su proximidad a la superficie interior de dicho cátodo.
- 40 9. El aparato de la reivindicación 1 en el que la posición de dicha fuente de campo magnético dentro de dicho cátodo es ajustable radialmente alrededor dicho electrodo (110).
10. El aparato de la reivindicación 1 que comprende adicionalmente una bomba de refrigeración (900) adaptada para bombear un medio refrigerante, en el que
 45 dicho electrodo es sustancialmente hueco y está adaptado para conectarse operativamente a dicha bomba de refrigeración;
 dicho electrodo está adaptado para suministrar un medio refrigerante a dicho cátodo desde dicha bomba de refrigeración; y
 50 dicho árbol y dicho conjunto de suministro de energía comprenden adicionalmente un conjunto de cojinete acanalado, aislante, adaptado para permitir que dicho medio refrigerante fluya fuera de dicho cátodo; estando dicho medio refrigerante dispuesto para fluir dentro de dicho electrodo hueco y a través de dicho conjunto de cojinete acanalado, para así enfriar dicho conjunto de suministro de energía y dicho cátodo.
- 55 11. El aparato de la reivindicación 10 en el que dicho conjunto de cojinete acanalado comprende un cojinete cerámico (314) no conductivo en contacto al menos parcial con dicho electrodo.
12. Un método de deposición de material con un aparato (1) de cátodo cilíndrico rotativo para pulverización por magnetrón que comprende una fuente de alimentación (800) de radiofrecuencia, un conjunto (100) de suministro de energía, un cátodo (200) rotativo, un árbol (300) y un motor de accionamiento (400), en el que dicho conjunto de
 60 suministro de energía comprende una fuente de campo magnético (140) situada dentro de dicho cátodo y un electrodo (110) que se extiende dentro de dicho cátodo;
 la superficie exterior (206) de dicho cátodo comprende un material diana (205);
 dicho electrodo está dispuesto para estar eléctricamente aislado de dicho árbol;
 65 dicho árbol está dispuesto para ser generalmente coaxial con dicho cátodo; y
 dicho electrodo y dicho árbol están formados por materiales no ferrosos;

comprendiendo dicho método las etapas de

5 suministrar al electrodo energía de radiofrecuencia a frecuencias de 1 MHz o superiores;
girar el cátodo alrededor de dicha fuente de campo magnético; y colocar un sustrato (290) cerca de dicha
superficie exterior de dicho cátodo;

de modo que dicha energía de radiofrecuencia hace que partículas de dicho material diana sean eyectadas sobre
dicho sustrato.

10 13. El método de la reivindicación 12 en el que dicho electrodo (110) está dispuesto para no estar en contacto
eléctrico directo con dicho cátodo (200).

14. El método de la reivindicación 12 en el que dicha fuente de alimentación (800) está adaptada para suministrar
energía de radiofrecuencia a frecuencias de 13 MHz o superiores.

15 15. El método de la reivindicación 14 en el que dicha fuente de alimentación está adaptada para suministrar energía
de radiofrecuencia a frecuencias de 25 MHz o superiores.

20 16. El método de la reivindicación 15 en el que dicha fuente de alimentación está adaptada para suministrar energía
de radiofrecuencia a frecuencias de 300 MHz o superiores.

17. El método de la reivindicación 16 en el que dicha fuente de alimentación está adaptada para suministrar energía
de radiofrecuencia a frecuencias de 1 GHz o superiores.

25 18. El método de la reivindicación 12 en el que dicho material diana está formado por materiales aislantes y está
sustancialmente libre de materiales conductores.

19. El método de la reivindicación 12, en el que dicho material diana (205) está formado por un óxido.

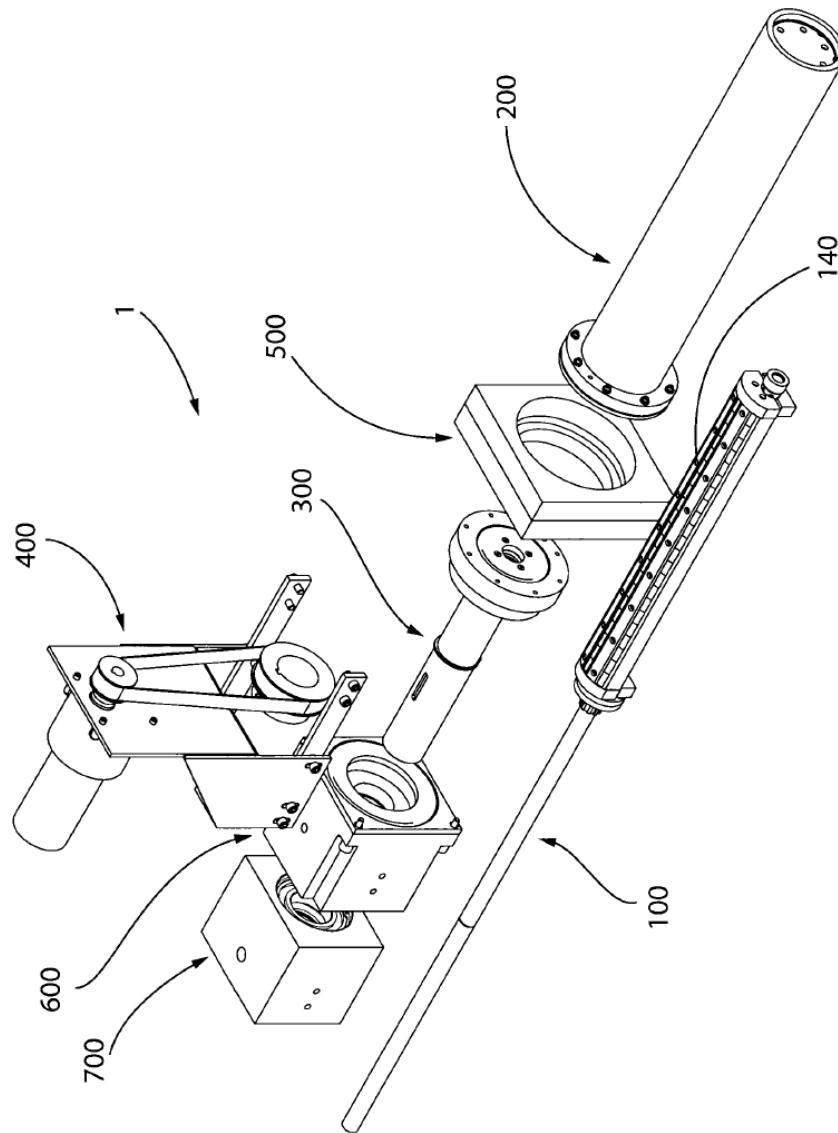
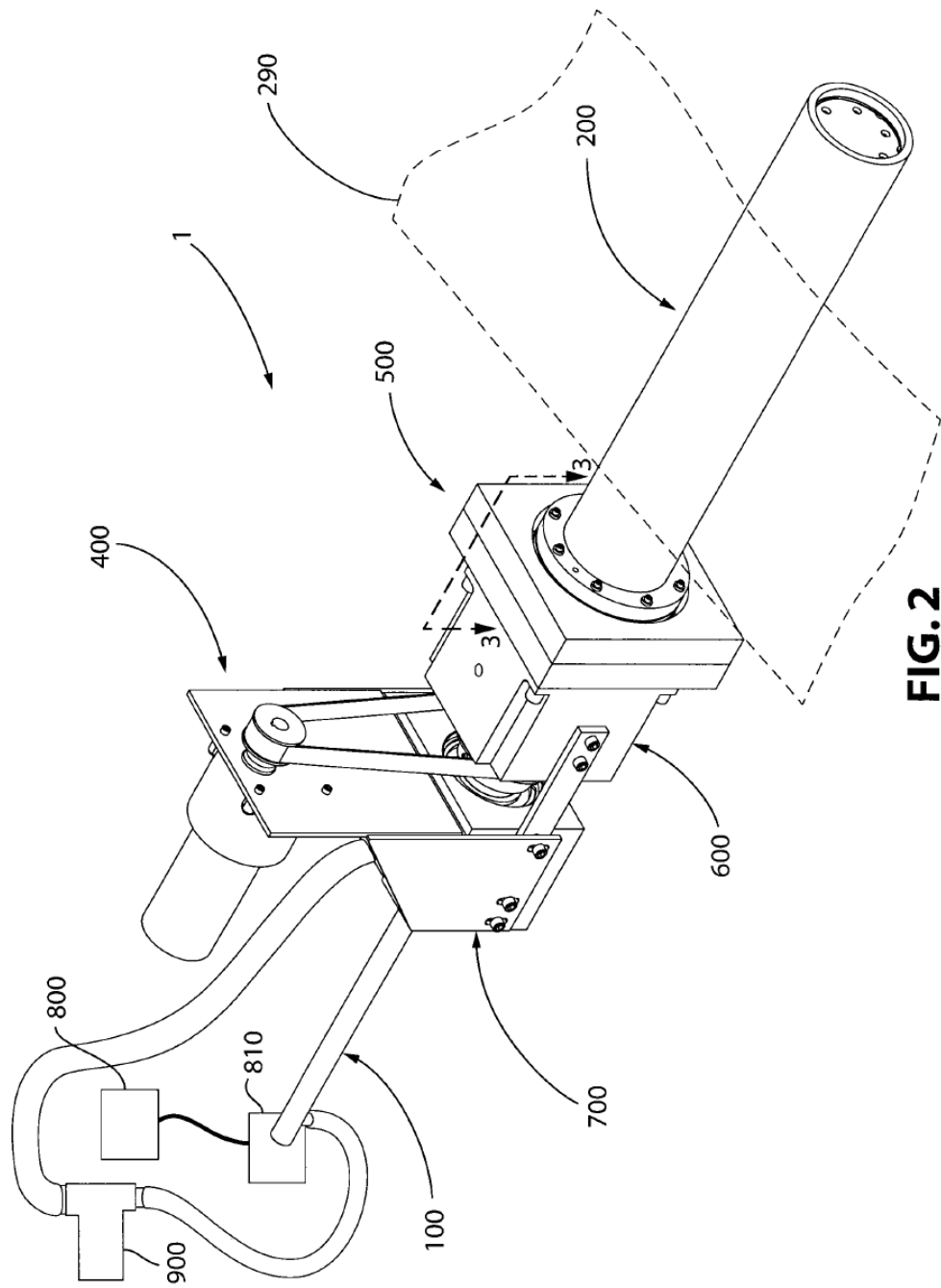


FIG.1



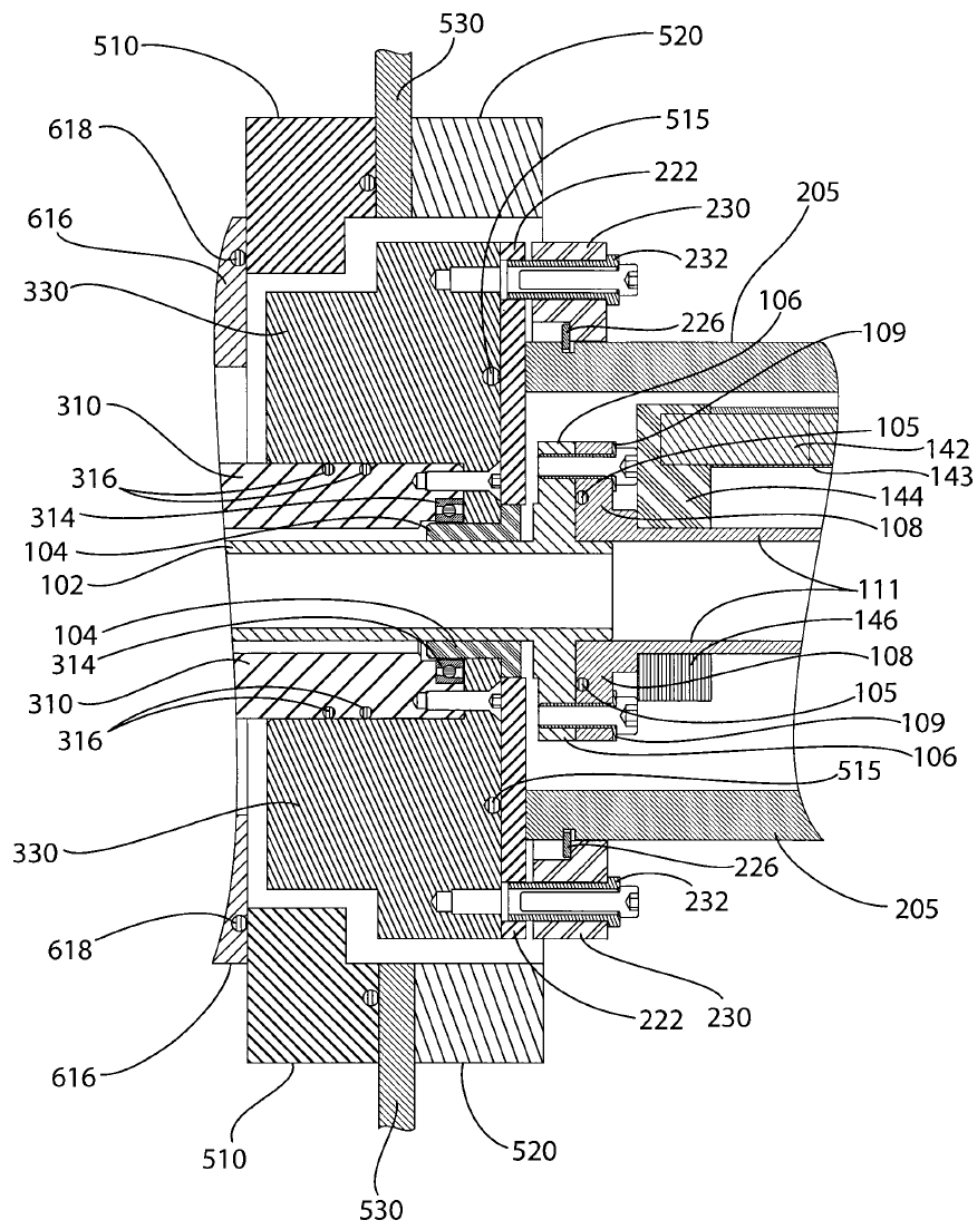


FIG. 3

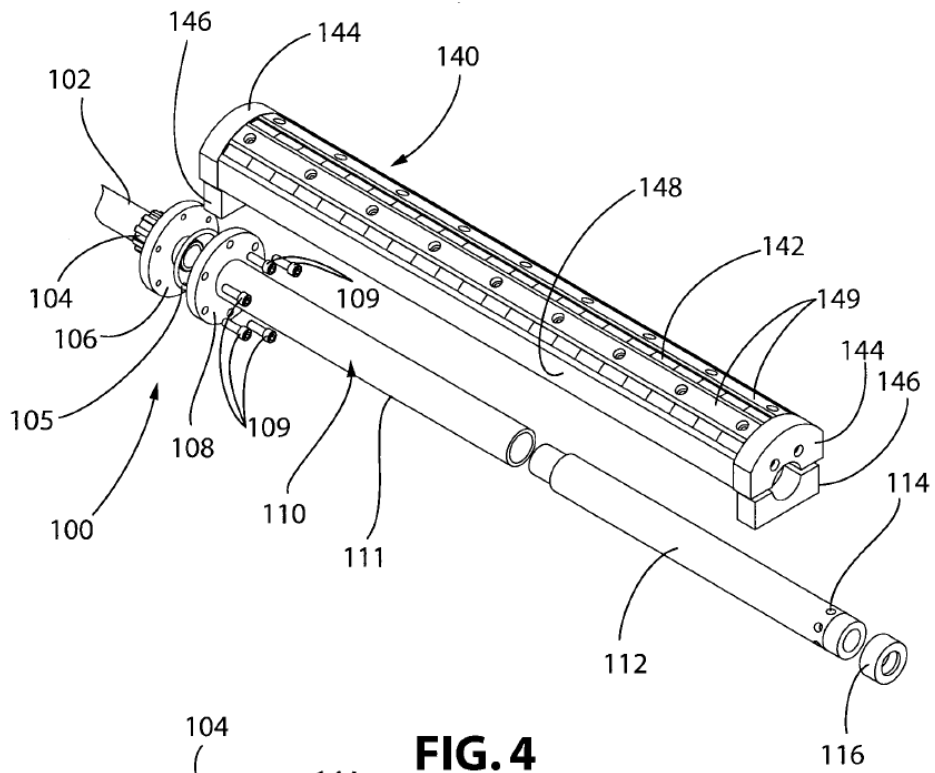


FIG. 4

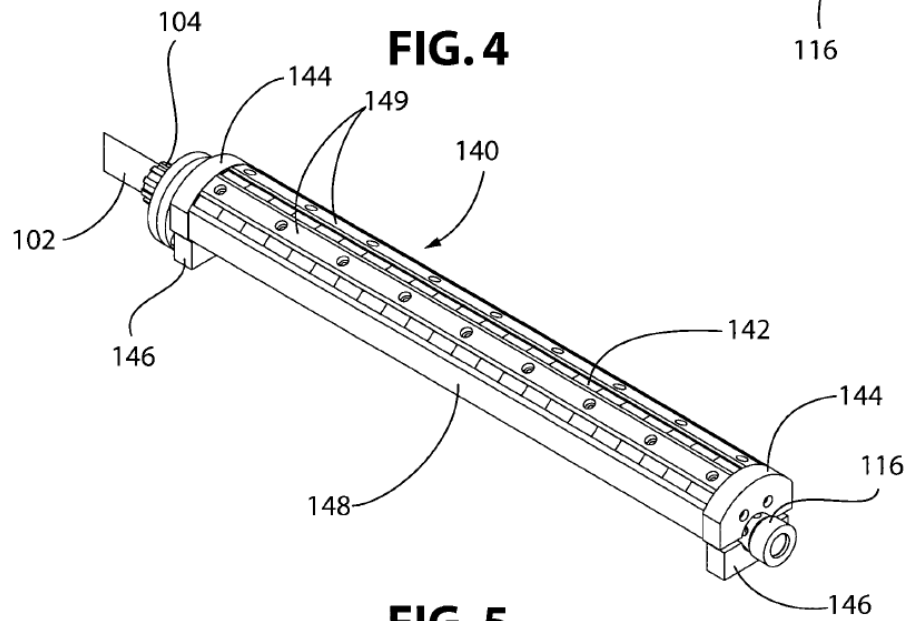


FIG. 5

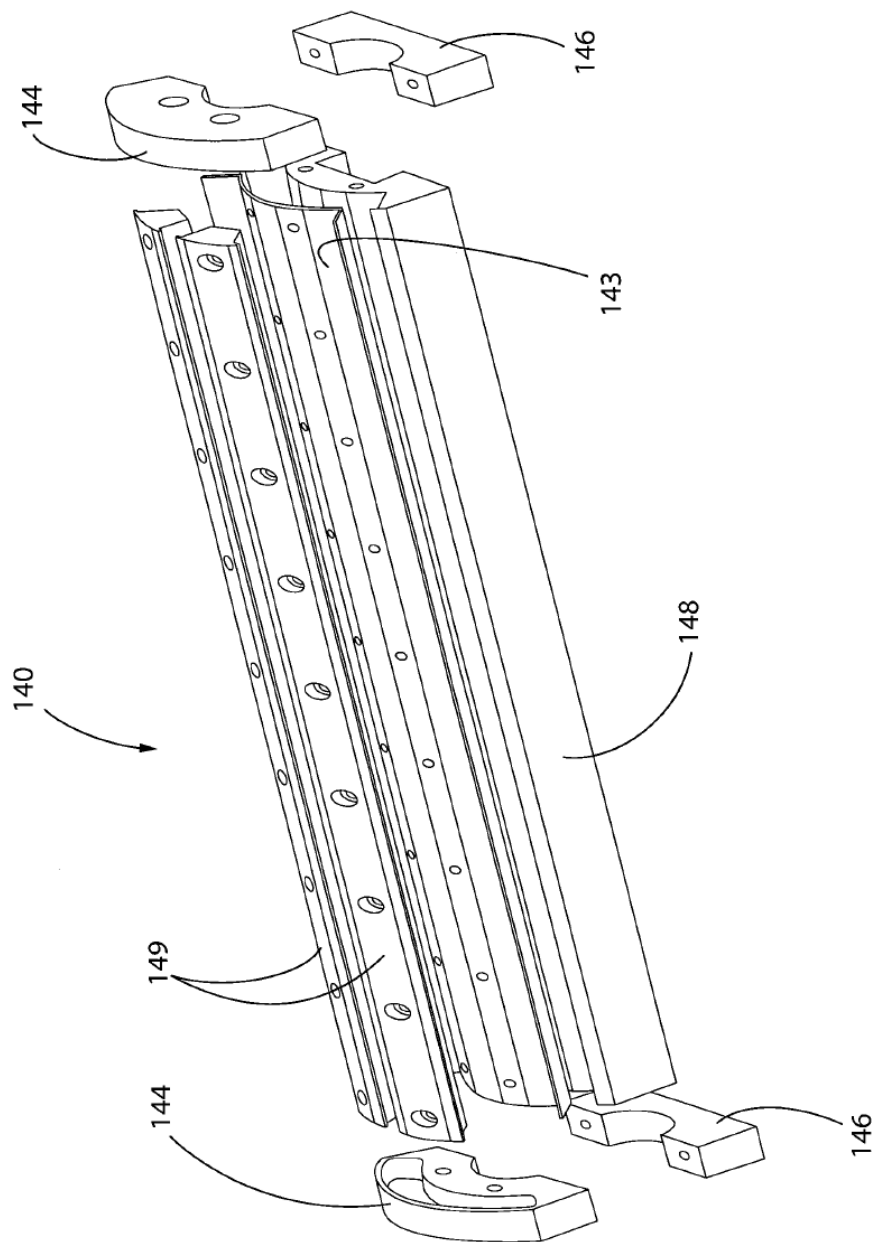


FIG. 6

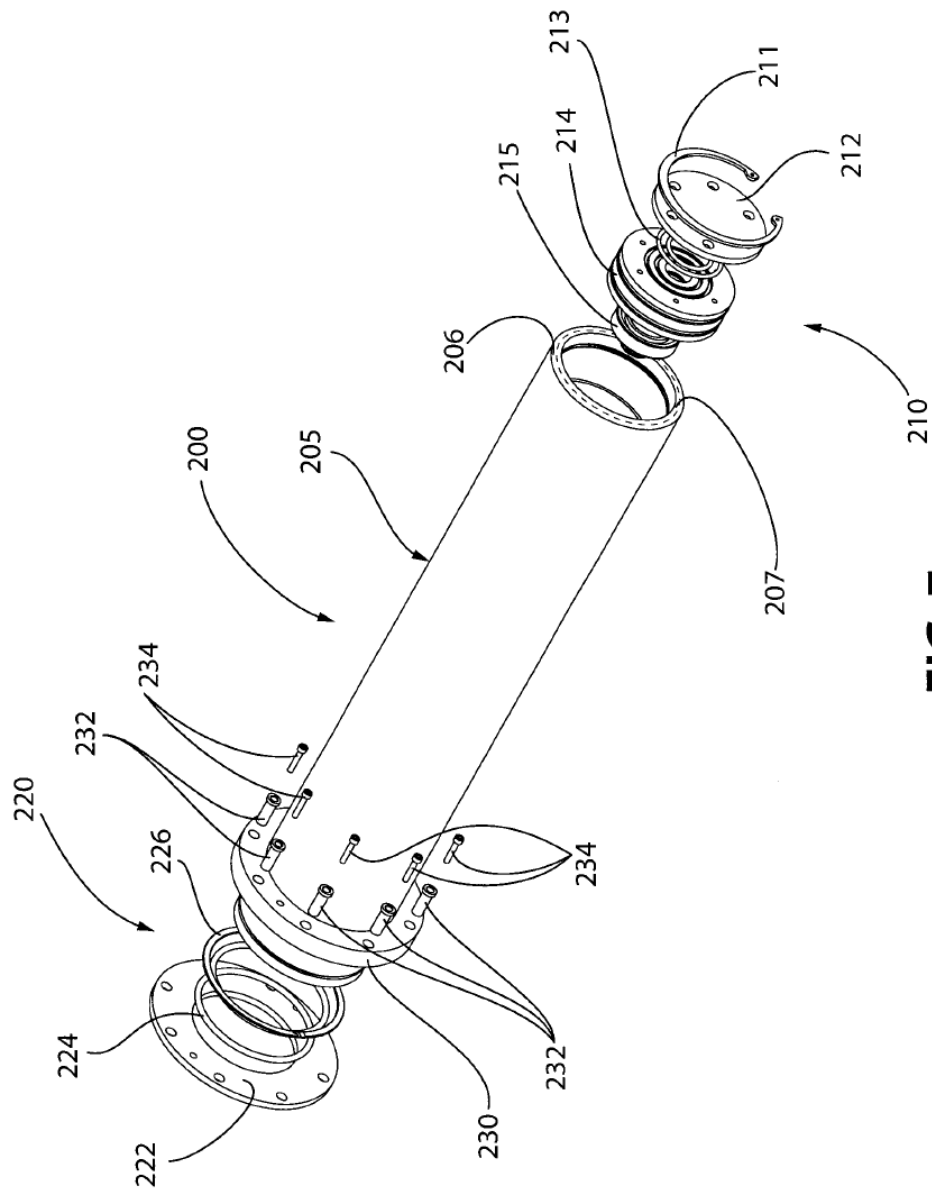


FIG. 7

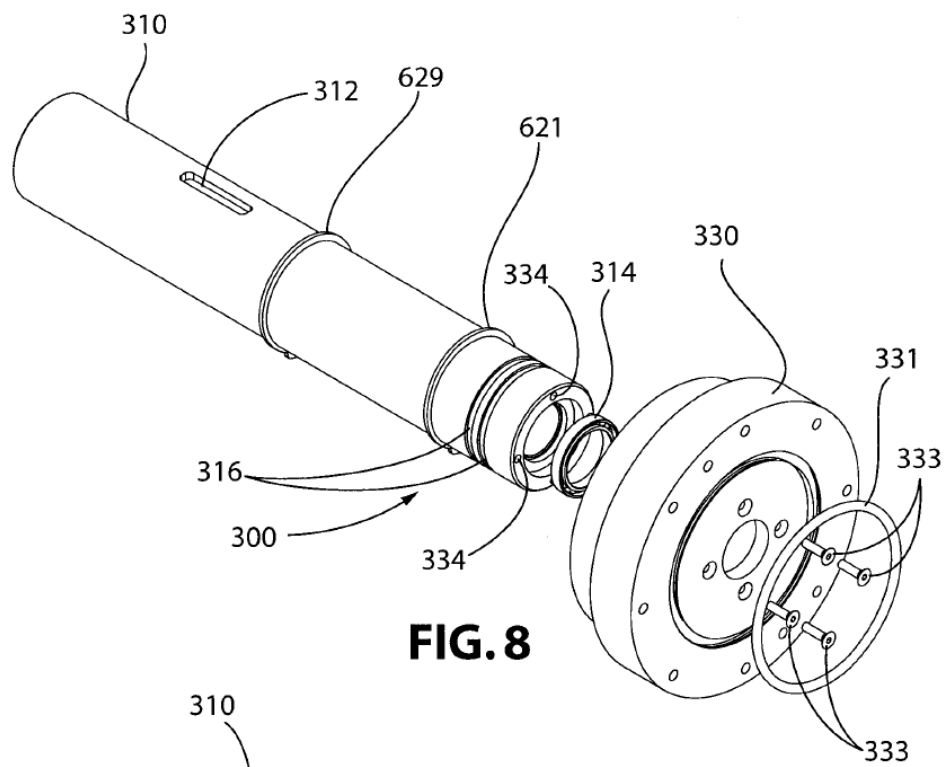


FIG. 8

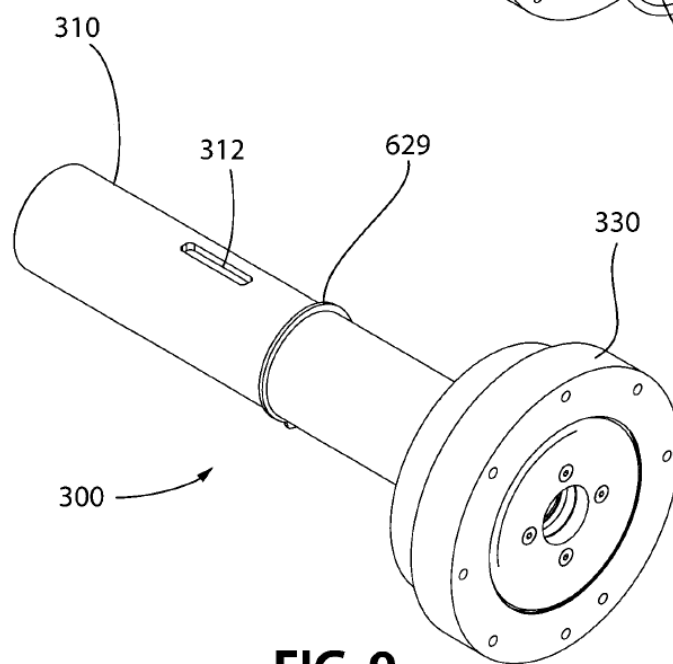


FIG. 9

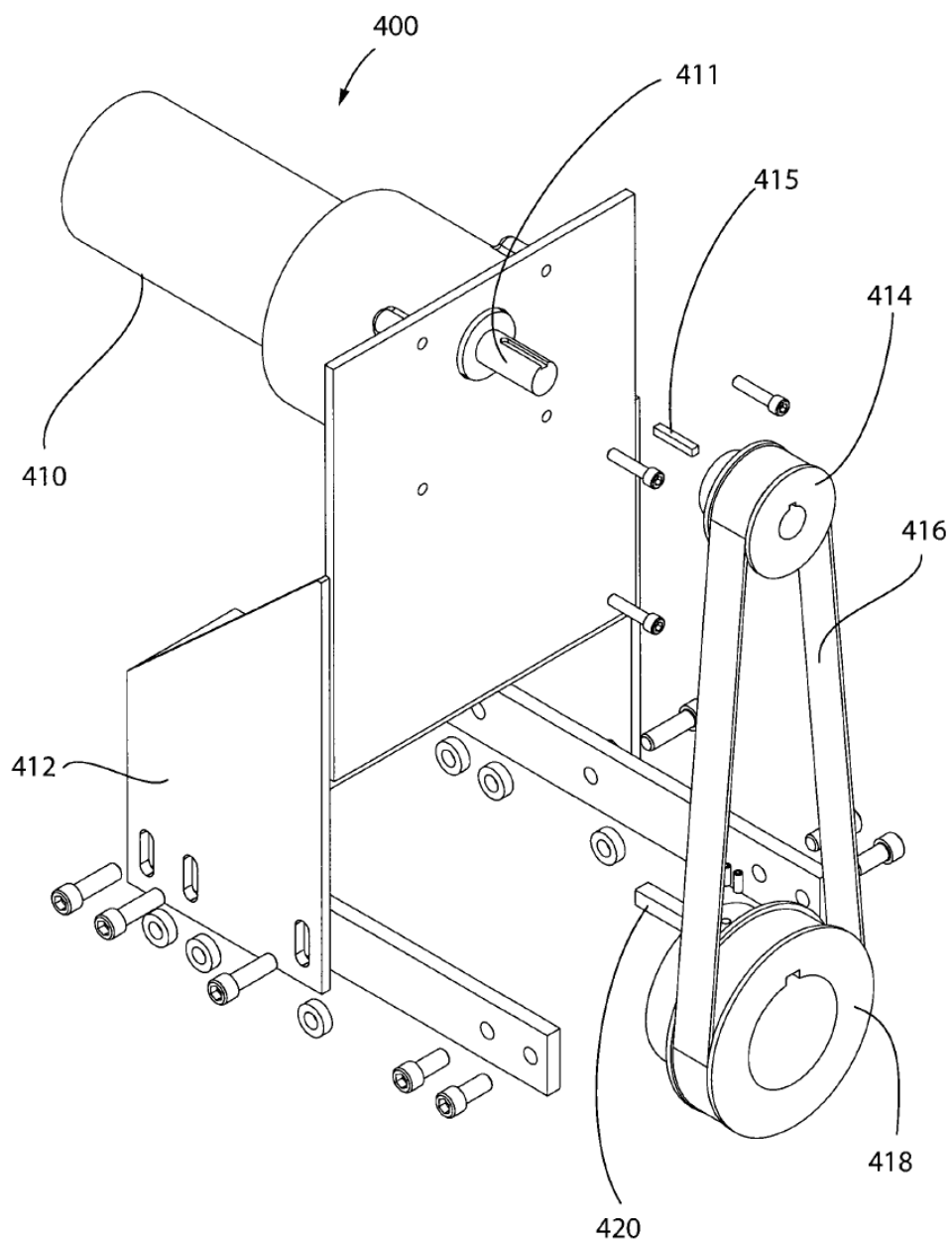


FIG. 10

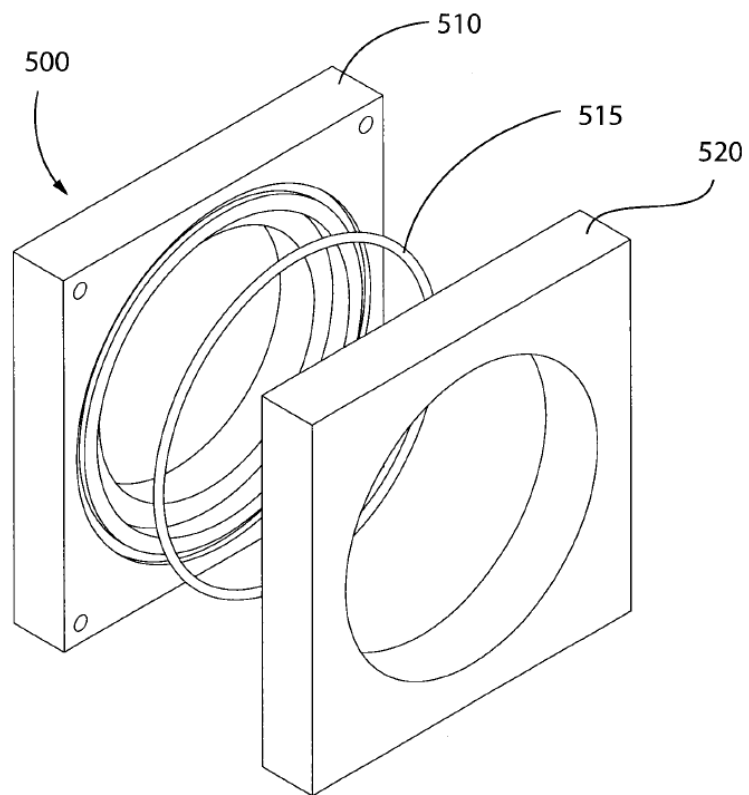


FIG. 11

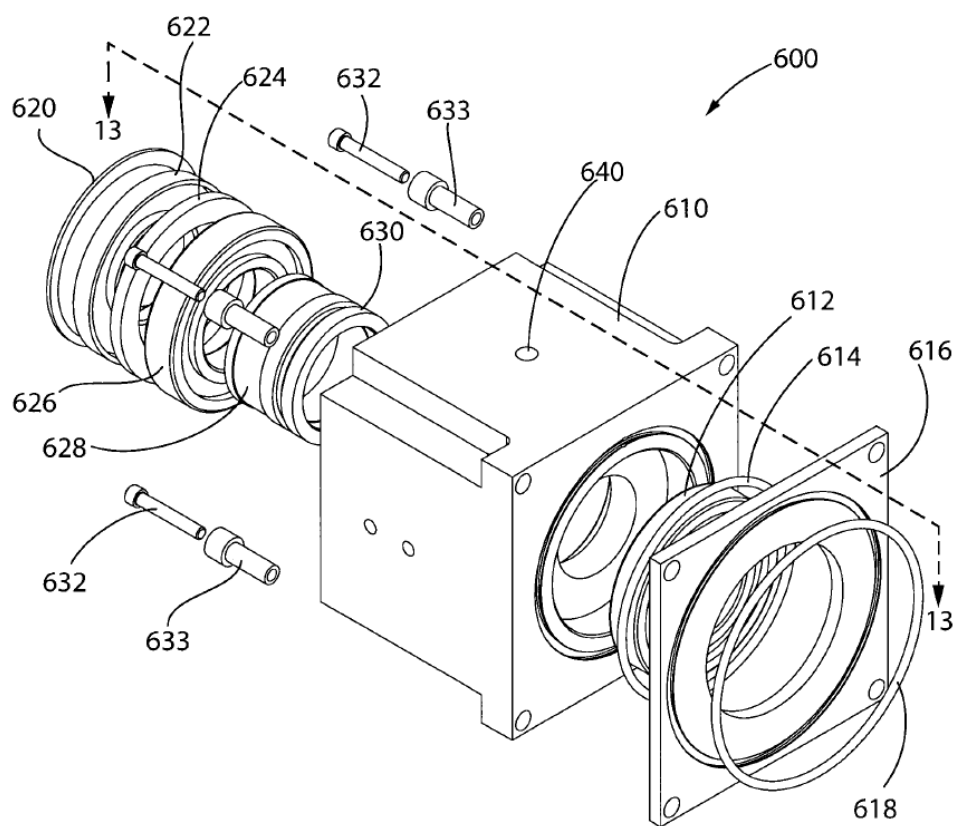


FIG. 12

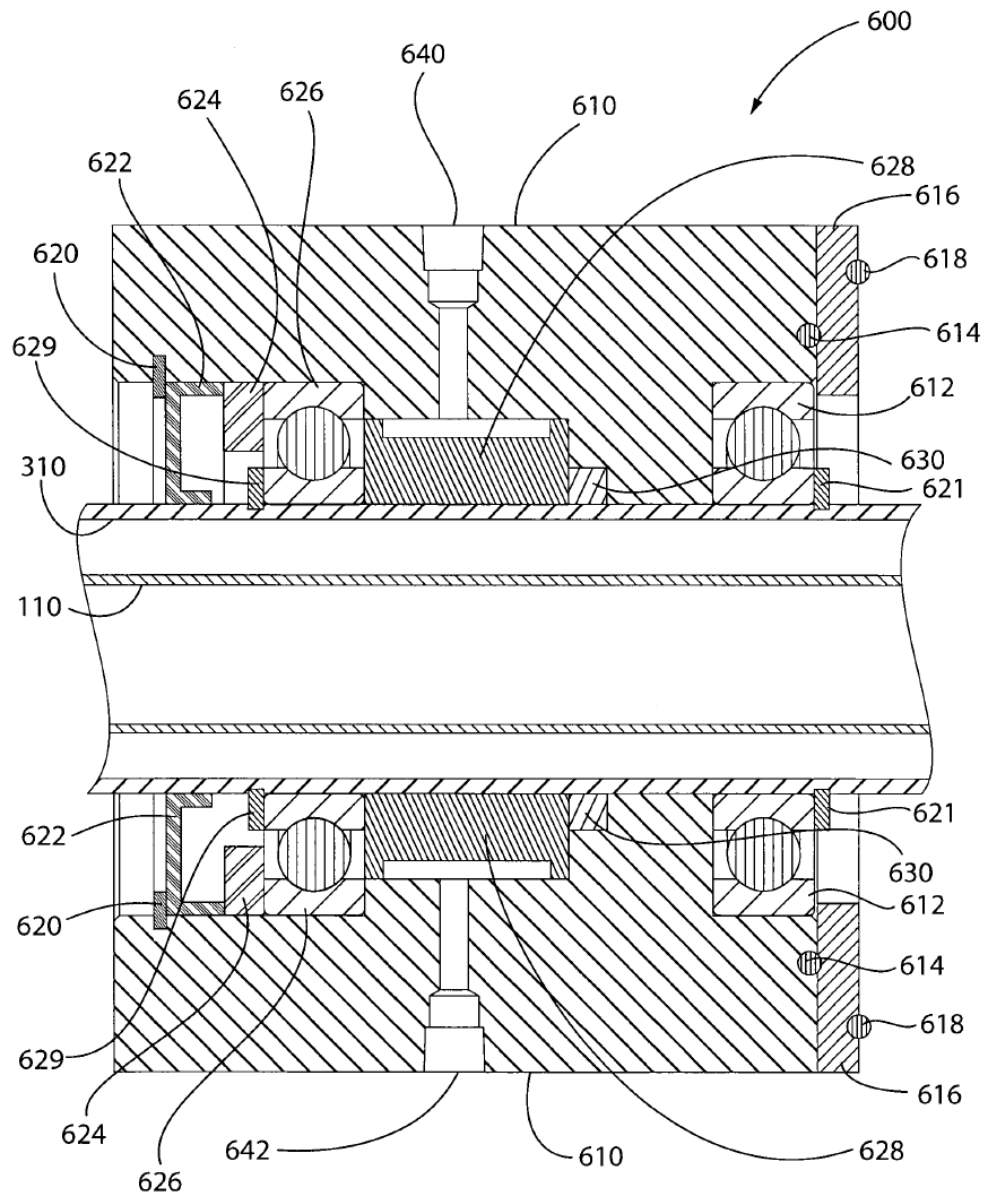


FIG. 13

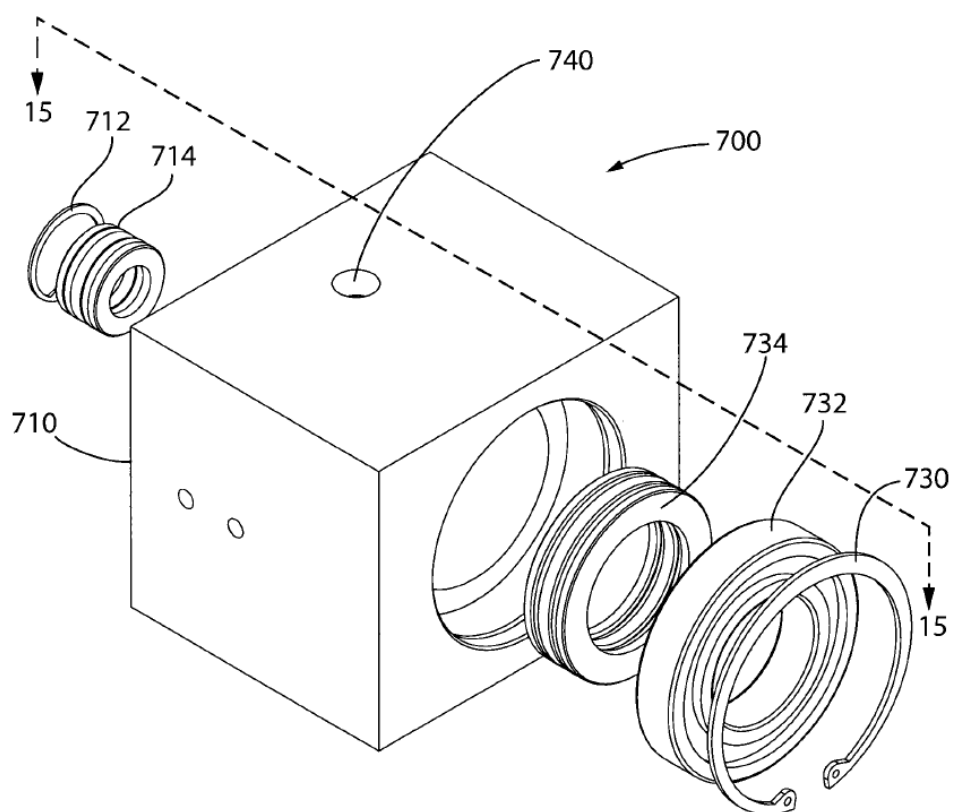


FIG. 14

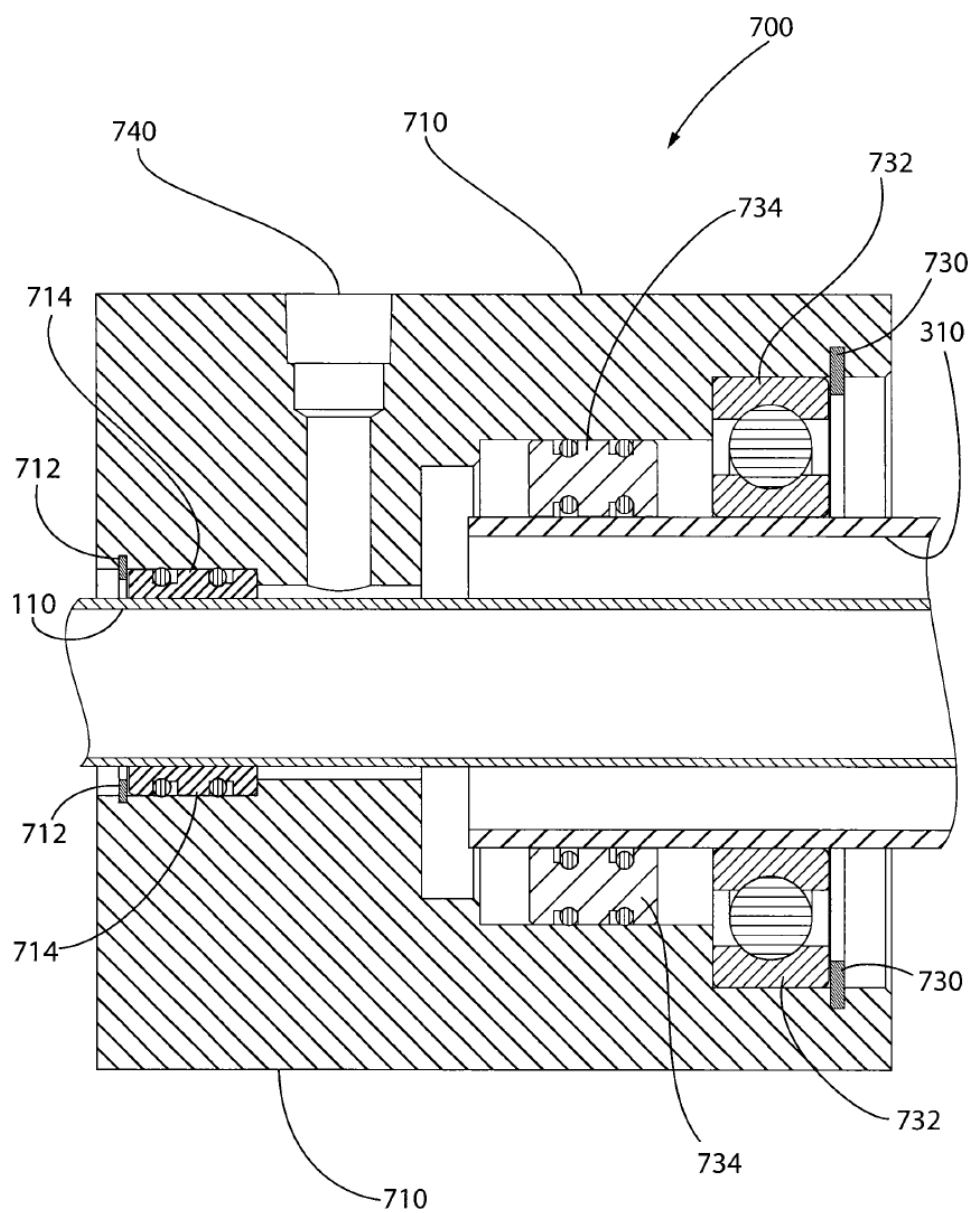


FIG. 15