



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 978 724**

⑮ Int. Cl.:

A61B 17/00 (2006.01)
A61B 17/22 (2006.01)
A61B 17/225 (2006.01)
A61H 23/00 (2006.01)
A61N 7/00 (2006.01)
G10K 15/06 (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- ⑥ Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.07.2017 PCT/US2017/042122**
⑦ Fecha y número de publicación internacional: **25.01.2018 WO18017414**
⑨ Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.07.2017 E 17831599 (0)**
⑩ Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2024 EP 3487414**

⑮ Título: **Aparato generador de ondas de choque electrohidráulicas (eh) de pulso rápido con una vida útil de electrodo mejorada**

⑩ Prioridad:

21.07.2016 US 201662365099 P

④ Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.09.2024

⑬ Titular/es:

SOLITON, INC. (100.0%)
1 N. Waukegan Road
North Chicago, IL 60064, US

⑭ Inventor/es:

CAPELLI, CHRISTOPHER, C.;
KISHINEVSKY, MICHAEL;
MASSE, DANIEL;
SUMMERSON, JOHN;
ROBERTSON, DAVID;
KLEMP, WALTER y
CROWLEY, ROBERT

⑮ Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 978 724 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 generador de ondas de choque electrohidráulicas (eh) de pulso rápido con una vida útil de electrodo mejorada

5 Referencia cruzada a aplicaciones relacionadas

Esta solicitud reivindica el beneficio de la solicitud provisional de los Estados Unidos núm. 62/365.099, presentada el 21 de julio de 2016.

10 Campo de la invención

La presente invención se refiere, en general, a usos terapéuticos para ondas de choque u ondas de choque. Más particularmente, pero no a modo de limitación, la presente invención se refiere a un aparato para generar ondas de choque terapéuticas u ondas de choque (ondas de choque con usos terapéuticos) con una vida útil mejorada de los 15 electrodos.

Descripción de la técnica relacionada

20 Las ondas de choque acústicas se han usado para determinadas terapias durante varios años. "Onda de choque" u "onda de choque" se utiliza, generalmente, para referirse a un fenómeno acústico (por ejemplo, resultante de una explosión o un rayo) que crea un cambio repentino e intenso de presión. Estos cambios de presión intensos pueden producir fuertes ondas de energía que pueden viajar a través de medios elásticos como el aire, el agua, el tejido blando humano o ciertas sustancias sólidas como el hueso, y/o pueden inducir una respuesta inelástica en tales medios 25 elásticos. Algunos métodos para crear ondas de choque para usos terapéuticos incluyen: (1) electrohidráulico (EH) o distancia de chispa; (2) electromagnético o EMSE (por las siglas en inglés de emisión de ondas de choque Electromagnéticas); y (3) piezoeléctrico. Cada uno se basa en sus propios principios físicos únicos.

A. Dispositivos y sistemas para la generación de ondas de choque

30 La solicitud de patente de los Estados Unidos 13/574.228 (una solicitud de fase nacional de PCT/US-2011/021692, que se publicó como WO 2011/091020 A1), de uno de los presentes inventores, describe un dispositivo para producir ondas de choque a una alta velocidad de pulso usando un transductor. Ese dispositivo incluye un generador de ondas acústicas configurado para emitir ondas acústicas que tengan al menos una frecuencia entre 1 MHz y 1.000 MHz; un alojamiento de ondas de choque acoplado al generador de ondas acústicas; y un medio de ondas de choque dispuesto 35 en el alojamiento de ondas de choque; donde el aparato está configurado de manera que, si el generador de ondas acústicas emite ondas acústicas, entonces al menos una parte de las ondas acústicas viajará a través del medio de ondas de choque y formará ondas de choque. Ese dispositivo puede accionarse para formar ondas de choque configuradas para provocar que las partículas dentro de un paciente rompan una o más células del paciente, y las ondas de choque pueden dirigirse a las células de un paciente de manera que las ondas de choque provoquen que 40 las partículas rompan una o más de las células. Este dispositivo transductor acústico puede producir ondas de choque de alta potencia a altas frecuencias o velocidades de pulso.

De forma adicional, la solicitud de patente de los Estados Unidos 13/798712, también de los presentes inventores, 45 describe aparatos y métodos para la generación electrohidráulica de ondas de choque a una velocidad de 10 Hz y 5 MHz que comprenden: un alojamiento que define una cámara y una salida de ondas de choque; un líquido dispuesto en la cámara; una pluralidad de electrodos (por ejemplo, en un cabezal de chispa o módulo) configurada para disponerse en la cámara para definir una o más distancias de chispa; y un sistema de generación de pulsos configurado para aplicar pulsos de voltaje a los electrodos a una velocidad de entre 10 Hz y 5 MHz.

50 Otros sistemas para producir ondas de choque pueden incluir un generador de ondas electrohidráulico (EH). Los sistemas EH, generalmente, pueden suministrar niveles de energía similares a otros métodos, pero pueden configurarse para suministrar esa energía en un área más amplia y, por lo tanto, suministrar una mayor cantidad de energía de ondas de choque al tejido diana durante un período de tiempo más corto. Los sistemas EH generalmente incorporan un electrodo (es decir, una bujía) para iniciar una onda de choque. En los sistemas EH, se generan ondas 55 de choque de alta energía cuando se aplica electricidad a un electrodo sumergido en agua tratada contenida en un espacio cerrado. Cuando se dispara la carga eléctrica, se vaporiza una pequeña cantidad de agua en la punta del electrodo y la expansión rápida, casi instantánea, del agua vaporizada crea una onda de choque que se propaga hacia fuera a través del agua líquida. En algunas realizaciones, el agua está contenida en un espacio cerrado elíptico. En estas realizaciones, la onda de choque puede rebotar desde los lados del espacio cerrado elíptico y converger en 60 un punto focal que coincide con la ubicación del área que se va a tratar.

65 Por ejemplo, la patente de los Estados Unidos núm. 7.189.209 (la patente '209) describe un método para tratar afecciones patológicas asociadas con entornos óseos y musculoesqueléticos y tejidos blandos mediante la aplicación de ondas de choque acústicas. La patente '209 describe que las ondas de choque inducen traumatismos localizados y apoptosis celular en los mismos, incluidas microfracturas, así como también inducen respuestas osteoblásticas tales como reclutamiento celular, estimulan la formación de morfógenos moleculares y factores de crecimiento de hueso,

cartílago, tendón, fascia y tejido blando, e inducen la neoangiogénesis vascular. La patente '209 reivindica varias implementaciones específicas de su método. Por ejemplo, la patente '209 reivindica un método para tratar una úlcera del pie diabético o una úlcera por presión, que comprende: ubicar un sitio o sitio sospechado de la úlcera del pie diabético o úlcera por presión en un paciente humano; generar ondas de choque acústicas; enfocar las ondas de choque acústicas por todo el sitio ubicado; y aplicar más de 500 a alrededor de 2.500 ondas de choque acústicas por tratamiento al sitio ubicado para inducir microlesiones y una mayor vascularización, induciendo o acelerando de este modo la curación. La patente '209 describe un rango de frecuencia de aproximadamente 0,5 a 4 Hz y una aplicación de alrededor de 300 a 2500 o de alrededor de 500 a 8.000 ondas de choque acústicas por sitio de tratamiento, lo que puede dar como resultado una duración del tratamiento para cada sitio de tratamiento y/o un "tiempo total por tratamiento" para todos los sitios que sea inconvenientemente prolongado. Por ejemplo, la patente '209 describe tiempos totales por tratamiento para diferentes ejemplos que varían de 20 minutos a 3 horas.

La patente de los Estados Unidos 5.529.572 (la patente '572) incluye otro ejemplo del uso de ondas de choque generadas electrohidráulicamente para producir un efecto terapéutico en los tejidos. La patente '572 describe un método para aumentar la densidad y resistencia del hueso (para tratar la osteoporosis), que comprende someter dicho hueso a ondas de choque de compresión colimadas, sustancialmente planas, que tengan una intensidad sustancialmente constante en función de una distancia desde una fuente de ondas de choque, y en donde dichas ondas de choque colimadas se aplican al hueso a una intensidad de 50 a 500 atmósferas. La patente '572 describe la aplicación de ondas de choque sin enfoque para producir una carga dinámica repetitiva del hueso para aumentar la densidad ósea media y, de este modo, fortalecer el hueso contra la fractura. Como se describe en la patente '572, "Las ondas de choque no enfocadas se aplican, preferiblemente, sobre una superficie relativamente grande del hueso que se va a tratar, por ejemplo, para cubrir un área de 10 a 150 cm². La intensidad de las ondas de choque puede ser de 50 - 500 atmósferas. Cada onda de choque tiene una duración de unos pocos microsegundos, como en un litotriptor convencional y, preferiblemente, se aplica a una frecuencia de 1 - 10 ondas de choque por segundo durante un período de 5 - 30 minutos en cada tratamiento. El número de tratamientos depende del paciente en particular".

La solicitud de patente de los Estados Unidos núm. 10/415.293 (la solicitud '293), que también se publica como US-2004/0006288, describe otra realización del uso de ondas de choque generadas por EH para proporcionar un efecto terapéutico en los tejidos. La solicitud '293 describe un dispositivo, un sistema y un método para la generación de ondas de choque acústicas terapéuticas para separar al menos parcialmente un depósito de una estructura vascular. La solicitud '293 describe que el dispositivo puede producir ondas de choque a una velocidad de pulso de alrededor de 50 a alrededor de 500 pulsos por minuto (es decir, 0,83 a 8,33 Hz) con un número de pulsos por sitio de tratamiento (en términos de longitud de unidad vascular tratada) de alrededor de 100 a alrededor de 5.000 por 1 cm².

35 B. Velocidad de ondas de choque

La literatura de la técnica anterior ha indicado que unas velocidades de pulso más rápidas que usan sistemas EH para proporcionar ondas de choque pueden provocar daño tisular. Por ejemplo, en un estudio (Delius, Jordan y col., 1988) [2], se examinó el efecto de las ondas de choque en riñones caninos normales en grupos de perros cuyos riñones se expusieron a 3000 ondas de choque. Los grupos diferían únicamente en la velocidad de administración de las ondas de choque, que fue de 100 Hz y 1 Hz, respectivamente. La autopsia se realizó entre 24 y 30 horas después. Macroscópica e histológicamente, se produjeron significativamente más hemorragias en el parénquima renal si se administraron ondas de choque a una velocidad de 100 Hz (frente a 1 Hz). Los resultados mostraron que el daño renal depende de la velocidad de administración de las ondas de choque.

45 En otro estudio (Madbouly y col., 2005) [7], la velocidad de litotricia por ondas de choque (SWL, por sus siglas en inglés) lenta se asoció con una tasa de éxito significativamente mayor con un número menor de ondas de choque totales en comparación con la velocidad de litotricia por ondas de choque rápida. En este artículo, los autores analizan cómo los estudios en humanos también han demostrado una disminución en la incidencia de lesión renal inducida por la SWL o la necesidad de anestesia cuando se utilizaron velocidades más lentas de SWL de prueba.

55 En otro estudio más (Gillitzer y col., 2009) [5], reducir la velocidad de suministro de 60 a 30 ondas de choque por minuto también proporciona un efecto protector espectacular sobre la integridad de la vasculatura real en un modelo porcino. Estos hallazgos respaldan posibles estrategias de reducción de la frecuencia de velocidad de pulso para mejorar la seguridad y eficacia en la litotricia extracorpórea por ondas de choque.

60 Los tejidos blandos pueden pasar de un comportamiento elástico a viscoso para velocidades de pulso (PR, por sus siglas en inglés) entre 1 Hz y 10 Hz. Como resultado, el posible daño al tejido por parte de las ondas de choque a PR entre 1 Hz y 10 Hz es impredecible cuando se usan niveles de energía típicos de la litotricia. Quizás, como resultado, la técnica anterior enseña PR más lentas y tiempos totales por tratamiento (TTPT, por sus siglas en inglés) prolongados. Por ejemplo, los sistemas de ondas de choque EH actualmente conocidos suministran, generalmente, PR de menos de 10 Hz y requieren tiempos totales por tratamiento (TTPT) prolongados (por ejemplo, períodos de TTPT de minutos o, incluso, horas incluso para un único sitio de tratamiento). Cuando, como puede ser típico, un tratamiento requiere recolocar un dispositivo en múltiples sitios de tratamiento, el TTPT se vuelve prolongado y potencialmente poco práctico para muchos pacientes y muchas necesidades de tratamiento.

Si bien los tiempos de tratamiento prolongados pueden ser aceptables para la litotricia extracorpórea por ondas de choque, el uso de ondas de choque para proporcionar efectos terapéuticos distintos de la litotricia en el tejido en el contexto médico es menos que óptimo, si no poco práctico. Por ejemplo, el coste del tratamiento suele aumentar con el tiempo necesario para administrar un tratamiento (por ejemplo, debido a los costes de mano de obra, las instalaciones y otros recursos asignados a la administración del tratamiento). Así mismo, además de los costes, en algún momento, la duración de la prestación del tratamiento al paciente se vuelve insopportable para el paciente que recibe el tratamiento y para el personal sanitario que lo proporciona.

5 El documento WO 91/10227 A1 describe un dispositivo de descarga eléctrica que comprende un circuito de descarga eléctrica para un medio líquido de descarga entre al menos dos electrodos sumergidos en el medio líquido. Una fuente de corriente está conectada a los electrodos a través de al menos un condensador de descarga. El dispositivo comprende un medio para reducir la inductancia del circuito de descarga.

10 El documento US-3 364 708 A describe un método para generar explosivos que simulen ondas de choque.

15 El documento WO 2015/176001 A1 describe sistemas amplificadores de pulsos de radiofrecuencia que incorporan una matriz de energía que comprende múltiples condensadores conectados en paralelo.

20 El documento DE 10 2007 046 902 A1 describe un generador de pulsos para un aparato de terapia por ondas de choque. Un medio de descarga de chispa comprende una fuente de energía, al menos un condensador y al menos un elemento de conmutación.

25 El documento US-5 509 200 A describe técnicas para fabricar placas de circuito impreso multicapa con patrón de paso fino.

25 Resumen

Esta descripción incluye realizaciones de aparatos para la generación electrohidráulica de pulsos acústicos rápidos que tienen una vida útil mejorada de los electrodos. Según la invención, se proporciona un aparato según lo indicado en la reivindicación independiente. Las reivindicaciones dependientes definen realizaciones. En ciertas realizaciones, esta vida útil mejorada de los electrodos se logra mediante el aprovechamiento de un enfoque de descarga de pulsos de dos etapas para la generación de ondas de choque. Según estas realizaciones, en la primera etapa, el sistema de generación de pulsos está configurado para aplicar, simultáneamente, pulsos de voltaje a la pluralidad de electrodos en la cámara de electrodos de manera que partes del líquido contenido en ellos se vaporicen para proporcionar una trayectoria conductora entre electrodos; y aplicar pulsos de voltaje a una pluralidad de condensadores ubicados adyacentes a dichos electrodos para cargar dicha pluralidad de condensadores. En la segunda etapa, la pluralidad cargada de condensadores se descarga a los electrodos para generar un arco corto entre electrodos, a través de la trayectoria conductora entre electrodos establecida, lo que da como resultado una onda de choque acústica. El arco corto entre electrodos minimiza la erosión del electrodo, lo que mejora la vida útil de los electrodos.

40 La vida útil mejorada de los electrodos es el resultado de la rápida descarga de los condensadores ubicados adyacentes a los electrodos dentro de la cámara. El sistema de generación de pulsos está configurado para aplicar, simultáneamente, pulsos de voltaje a la pluralidad de electrodos en la cámara de electrodos de manera que partes del líquido se vaporicen para proporcionar una trayectoria conductora entre electrodos; y aplicar pulsos de voltaje a la pluralidad de condensadores ubicados adyacentes a dichos electrodos para cargar dicha pluralidad de condensadores. En una realización, la pluralidad de condensadores comprende al menos 10 condensadores planos en paralelo, en donde cada condensador tiene una capacitancia no superior a 100 nanofaradios. En una realización, la pluralidad de condensadores planos se ubica en una pluralidad de placas de circuito apiladas adyacentes a los electrodos, y en donde la pluralidad de condensadores planos se ubica en lados opuestos de cada placa de circuito apilable en un patrón de baja inductancia. La ubicación de estos condensadores adyacentes a los electrodos permite que el arco se descargue completa y rápidamente. Una vez que se descargan los condensadores, el arco entre electrodos termina, lo que minimiza la erosión de los electrodos.

55 Algunas realizaciones de los presentes aparatos (por ejemplo, para generar ondas de choque terapéuticas) comprenden: un alojamiento que define una cámara y una salida de ondas de choque; un líquido dispuesto en la cámara; una pluralidad de electrodos configurada para disponerse en la cámara para definir una o más distancias de chispa; una pluralidad de condensadores portados mediante el alojamiento y en comunicación eléctrica con la pluralidad de electrodos; y un sistema de generación de pulsos configurado para acoplarse a la pluralidad de electrodos de manera que: (i) el alojamiento sea móvil con respecto al sistema de generación de pulsos, y (ii) el sistema de generación de pulsos esté en comunicación eléctrica con la pluralidad de electrodos y la pluralidad de condensadores; donde el sistema de generación de pulsos está configurado para aplicar pulsos de voltaje simultáneamente a: la pluralidad de electrodos (por ejemplo, para comenzar a vaporizar e ionizar partes del líquido para proporcionar al menos una trayectoria conductora entre electrodos entre la pluralidad de electrodos, y la pluralidad de condensadores para cargar la pluralidad de condensadores); y donde la pluralidad de condensadores están configurados para, al alcanzar una carga umbral, descargarse a la pluralidad de electrodos para generar uno o más arcos a lo largo de las

una o más trayectorias conductoras entre electrodos para vaporizar partes adicionales del líquido y generar una o más ondas de choque acústicas.

5 En algunas realizaciones de los presentes aparatos, el sistema de generación de pulsos está configurado para proporcionar una trayectoria conductora entre electrodos al aplicar voltaje para cargar la pluralidad de condensadores durante el período en donde el sistema de generación de pulsos aplica voltaje a la pluralidad de electrodos.

10 Algunas realizaciones de los presentes aparatos (por ejemplo, para generar ondas de choque terapéuticas) comprenden: un alojamiento que define una cámara y una salida de ondas de choque, estando la cámara configurada para llenarse con un líquido; una pluralidad de electrodos configurada para disponerse en la cámara para definir una o más distancias de chispa; una pluralidad de condensadores portados mediante el alojamiento y en comunicación eléctrica con la pluralidad de electrodos; y un sistema de generación de pulsos configurado para acoplarse a la pluralidad de electrodos de manera que: (i) el alojamiento sea móvil con respecto al sistema de generación de pulsos, y (ii) el sistema de generación de pulsos esté en comunicación eléctrica con la pluralidad de electrodos y la pluralidad de condensadores; donde el sistema de generación de pulsos está configurado para aplicar pulsos de voltaje simultáneamente a: la pluralidad de electrodos (por ejemplo, para comenzar a vaporizar e ionizar partes del líquido para proporcionar al menos una trayectoria conductora entre electrodos entre la pluralidad de electrodos), y la pluralidad de condensadores para cargar la pluralidad de condensadores; donde la pluralidad de condensadores están configurados para, al alcanzar una carga umbral, descargarse a la pluralidad de electrodos para generar uno o más arcos a lo largo de las una o más trayectorias conductoras entre electrodos para vaporizar partes adicionales del líquido y generar una o más ondas de choque acústicas.

15 Algunas realizaciones de los presentes aparatos (por ejemplo, para generar ondas de choque terapéuticas) comprenden: un alojamiento que define una cámara y una salida de ondas de choque, estando la cámara configurada para llenarse con un líquido; una pluralidad de electrodos configurada para disponerse en la cámara para definir una o más distancias de chispa; una pluralidad de condensadores portados mediante el alojamiento y en comunicación eléctrica con la pluralidad de electrodos; y donde la pluralidad de electrodos está configurada para acoplarse a un sistema de generación de pulsos de manera que: (i) el alojamiento sea móvil con respecto al sistema de generación de pulsos, y (ii) el sistema de generación de pulsos esté en comunicación eléctrica con la pluralidad de electrodos y la pluralidad de condensadores de manera que la pluralidad de electrodos y la pluralidad de condensadores puedan recibir, simultáneamente, pulsos de voltaje desde el sistema de generación de pulsos; y donde la pluralidad de condensadores están configurados para, al alcanzar una carga umbral, descargarse a la pluralidad de electrodos.

20 En algunas realizaciones de los presentes aparatos, cada uno de la pluralidad de condensadores es plano. En algunas realizaciones, la pluralidad de condensadores está dispuesta en un circuito que tiene una inductancia global de entre 2 nH y 200 nH. En algunas realizaciones, la pluralidad de condensadores comprende entre 2 y 20 conjuntos de condensadores, estando los conjuntos de condensadores conectados en paralelo. En algunas realizaciones, cada conjunto de condensadores comprende menos de 50 condensadores. En algunas realizaciones, cada conjunto de condensadores comprende 10 o más condensadores en serie.

25 En algunas realizaciones de los presentes aparatos, cada condensador tiene una capacitancia no superior a 100 nanofaradios.

30 En algunas realizaciones de los presentes aparatos, la pluralidad de condensadores está acoplada a una pluralidad de placas de circuito apilables. En algunas realizaciones, la pluralidad de condensadores está dispuesta en una pluralidad de patrones circulares. En algunas realizaciones, la pluralidad de placas de circuito apilables comprende una primera placa de circuito apilable y una segunda placa de circuito apilable acoplada a la primera placa de circuito apilable. En algunas realizaciones, una primera parte de la pluralidad de condensadores está acoplada a la primera placa de circuito apilable, y una segunda parte de la pluralidad de condensadores está acoplada a la segunda placa de circuito apilable. En algunas realizaciones, la primera parte de la pluralidad de condensadores está dispuesta en un primer lado de una primera placa de circuito apilable, y la segunda parte de la pluralidad de condensadores está dispuesta en un segundo lado de una segunda placa de circuito apilable, y el segundo lado de la segunda placa de circuito es opuesto al primer lado de la primera placa de circuito apilable. En algunas realizaciones, la primera placa de circuito apilable y la segunda placa de circuito apilable son circulares. En algunas realizaciones, una primera parte de la pluralidad de condensadores está acoplada a la primera placa de circuito apilable y una segunda parte de la pluralidad de condensadores está acoplada a la segunda placa de circuito apilable. En algunas realizaciones, la primera parte de la pluralidad de condensadores está acoplada a la primera placa de circuito apilable en un patrón circular; y la segunda parte de la pluralidad de condensadores está acoplada a la segunda placa de circuito apilable en un patrón circular. En algunas realizaciones, cada conjunto de condensadores comprende 10 o más condensadores en serie. En algunas realizaciones, la primera placa de circuito apilable comprende además, un borde exterior y un centro, la segunda placa de circuito apilable comprende además, un borde exterior y un centro; y la primera parte de la pluralidad de condensadores está configurada para provocar que una corriente fluya desde el borde exterior de la primera placa de circuito apilable hacia el centro de la primera placa de circuito apilable, y la segunda parte de la pluralidad de condensadores está configurada para provocar que una corriente fluya desde el borde exterior de la segunda placa de circuito apilable hacia el centro de la segunda placa de circuito apilable. En algunas realizaciones, la primera placa de circuito apilable está acoplada eléctricamente a la segunda placa de circuito apilable mediante

unos conectores dispuestos a lo largo de los bordes exteriores de las placas de circuito apilables. En algunas realizaciones, la pluralidad de placas de circuito apilables tiene cada una un grosor de entre 0,5 mm y 5 mm (0,02 pulgadas a 0,2 pulgadas).

5 En algunas realizaciones de los presentes aparatos, la pluralidad de condensadores tiene cada uno una longitud de entre 2 mm y 4 mm, y una anchura de entre 1 mm y 3 mm.

En algunas realizaciones de los presentes aparatos, la pluralidad de condensadores comprende al menos 100 condensadores.

10 Algunas realizaciones del presente aparato de matriz de condensadores (por ejemplo, para su uso en la generación de ondas de choque terapéuticas) comprenden: una o más placas de circuito; y una pluralidad de condensadores acoplada a las una o más placas de circuito; donde una primera parte de los condensadores está dispuesta en un primer patrón definido por una pluralidad de conjuntos de condensadores, una segunda parte de la pluralidad de condensadores está dispuesta en un segundo patrón definido por una pluralidad de conjuntos de condensadores, comprendiendo cada conjunto de condensadores dos o más de los condensadores conectados en serie; los conjuntos de condensadores que definen el primer patrón están conectados en paralelo, y los conjuntos de condensadores que definen el segundo patrón están conectados en paralelo; y donde las una o más placas de circuito están configuradas para acoplarse a un electrodo de manera que el electrodo esté en comunicación eléctrica con los condensadores y esté fijado en al menos dos grados de libertad con respecto a las una o más placas de circuito.

15 En algunas realizaciones de los presentes aparatos de matriz de condensadores, la pluralidad de condensadores es plana. En algunas realizaciones, la pluralidad de condensadores está dispuesta en un circuito que tiene una inductancia global de entre 2 nH y 200 nH. En algunas realizaciones, la pluralidad de condensadores comprende entre 2 y 20 conjuntos de condensadores, estando los conjuntos de condensadores conectados en paralelo. En algunas realizaciones, cada conjunto de condensadores comprende menos de 50 condensadores.

20 En algunas realizaciones de los presentes aparatos de matriz de condensadores, cada conjunto de condensadores comprende 10 o más condensadores en serie.

25 En algunas realizaciones de los presentes aparatos de matriz de condensadores, cada condensador tiene una capacitancia no superior a 100 nanofaradios.

30 En algunas realizaciones de los presentes aparatos de matriz de condensadores, las una o más placas de circuito comprenden una pluralidad de placas de circuito apilables. En algunas realizaciones, el primer y el segundo patrón son circulares. En algunas realizaciones, la pluralidad de placas de circuito apilables comprende una primera placa de circuito apilable y una segunda placa de circuito apilable acoplada a la primera placa de circuito apilable. En algunas realizaciones, la primera parte de los condensadores está acoplada a la primera placa de circuito apilable, y la segunda parte de los condensadores está acoplada a la segunda placa de circuito apilable. En algunas realizaciones, la primera parte de los condensadores está dispuesta en un primer lado de una primera placa de circuito apilable, y la segunda parte de la pluralidad de condensadores está dispuesta en un segundo lado de una segunda placa de circuito apilable, y el segundo lado de la segunda placa de circuito es opuesto al primer lado de la primera placa de circuito apilable. En algunas realizaciones de los presentes aparatos de matriz de condensadores, la primera parte de la pluralidad de condensadores está acoplada a la primera placa de circuito apilable en un patrón circular; y la segunda parte de la pluralidad de condensadores está acoplada a la segunda placa de circuito apilable en un patrón circular. En algunas realizaciones, cada conjunto de condensadores comprende además, 10 o más condensadores conectados en paralelo. En algunas realizaciones, la primera placa de circuito apilable comprende además, un borde exterior y un centro, la segunda placa de circuito apilable comprende además, un borde exterior y un centro; y la primera parte de la pluralidad de condensadores está configurada para provocar que una corriente fluya desde el borde exterior de la primera placa de circuito apilable hacia el centro de la primera placa de circuito apilable, y la segunda parte de la pluralidad de condensadores está configurada para provocar que una corriente fluya desde el borde exterior de la segunda placa de circuito apilable hacia el centro de la segunda placa de circuito apilable. En algunas realizaciones, la primera placa de circuito apilable está acoplada eléctricamente a la segunda placa de circuito apilable mediante unos conectores dispuestos a lo largo de los bordes exteriores de las placas de circuito apilables. En algunas realizaciones, la pluralidad de placas de circuito apilables tiene cada una un grosor de entre 0,5 mm y 5 mm (0,02 pulgadas a 0,2 pulgadas).

35 En algunas realizaciones de los presentes aparatos de matriz de condensadores, la pluralidad de condensadores tiene cada uno una longitud de entre 2 mm y 4 mm, y una anchura de entre 1 mm y 3 mm.

40 En algunas realizaciones de los presentes aparatos de matriz de condensadores, la pluralidad de condensadores comprende al menos 100 condensadores.

45 Algunas realizaciones de los presentes métodos no reivindicados (por ejemplo, de producción de una onda acústica comprimida usando un aparato para generar ondas de choque terapéuticas) comprenden: aplicar pulsos de voltaje a una pluralidad de electrodos en una cámara definida por un alojamiento y llena con líquido de manera que partes del

- líquido comiencen a vaporizarse e ionizarse para proporcionar una trayectoria conductora entre electrodos; aplicar voltaje a una pluralidad de condensadores portados mediante el alojamiento y en comunicación eléctrica con la pluralidad de electrodos para cargar la pluralidad de condensadores; y, al alcanzar la pluralidad de condensadores una carga umbral, descargar la pluralidad de condensadores a los electrodos para generar un arco entre electrodos a lo largo de la trayectoria conductora entre electrodos establecida y generar, de este modo, al menos una onda de choque acústica. En algunas realizaciones, los pulsos de voltaje aplicados a la pluralidad de electrodos están entre 500 V y 10.000 voltios (V). En algunas realizaciones, los pulsos de voltaje aplicados a la pluralidad de condensadores están entre 500 V y 10.000 V.
- 10 El término "acoplado/a(s)" se define como conectado/a(s), aunque no necesariamente de forma directa ni necesariamente mecánica; dos elementos que están "acoplados" pueden ser unitarios entre sí. Los términos "un" y "una" se definen como uno o más, a menos que esta descripción requiera explícitamente lo contrario. El término "sustancialmente" se define como en gran medida, pero no necesariamente en su totalidad, lo que se especifica (e incluye lo que se especifica; por ejemplo, sustancialmente 90 grados incluye 90 grados y sustancialmente paralelo incluye paralelo), como lo entiende una persona con experiencia en la técnica. En cualquier realización descrita, los términos "sustancialmente", "aproximadamente" y "alrededor de" pueden sustituirse por "dentro de [un porcentaje] de" lo que se especifica, donde el porcentaje incluye 0,1, 1, 5 y 10 por ciento. En la realización descrita, el término "adyacente(s)" se define, generalmente, ubicado/a(s) en la misma cámara, el mismo alojamiento o el mismo módulo discreto.
- 15 20 Los términos "comprender" (y cualquier forma de comprender, tales como "comprende" y "que comprende(n)"), "tener" (y cualquier forma de tener, tales como "tiene" y "que tiene(n)"), "incluir" (y cualquier forma de incluir, como "incluye" y "que incluye(n)") y "contener" (y cualquier forma de contener, como "contiene" y "que contiene(n)") son verbos copulativos abiertos. Como resultado, un sistema o aparato que "comprende", "tiene", "incluye" o "contiene" uno o más elementos posee esos uno o más elementos, pero no se limita a poseer únicamente esos elementos. De la misma manera, un método que "comprende", "tiene", "incluye" o "contiene" una o más etapas posee esas una o más etapas, pero no se limita a poseer únicamente esas una o más etapas.
- 25 30 Además, una estructura (por ejemplo, un componente de un aparato) que está configurada de cierta manera está configurada al menos de esa manera, pero también puede configurarse de otras maneras además de las descritas específicamente.
- 35 40 Cualquier realización de cualquiera de los presentes sistemas, aparatos y métodos puede consistir en, o consistir esencialmente en, (en lugar de comprender/incluir/contener/tener) cualquiera de las etapas, los elementos y/o las características descritas. Por lo tanto, en cualquiera de las reivindicaciones, el término "que consiste en" o "que consiste esencialmente en" puede sustituirse por cualquiera de los verbos copulativos abiertos citados anteriormente para cambiar el alcance de una reivindicación dada de lo que, de cualquier otra manera, sería usando el verbo copulativo abierto.
- 45 Los detalles asociados con las realizaciones descritas anteriormente y otras se presentan a continuación.
- La invención está definida por la reivindicación 1 independiente adjunta y las realizaciones preferidas por las reivindicaciones dependientes adjuntas.
- 50 55 **Breve descripción de los dibujos**
- Los siguientes dibujos ilustran a modo de ejemplo y no de limitación. En aras de la brevedad y la claridad, no siempre cada característica de una estructura dada está etiquetada en cada figura en la que aparece esa estructura. Los números de referencia idénticos no indican necesariamente una estructura idéntica. Más bien, se puede utilizar el mismo número de referencia para indicar una característica similar o una característica con una funcionalidad similar, al igual que números de referencia no idénticos. Las figuras están dibujadas a escala (salvo que se indique lo contrario), lo que significa que los tamaños de los elementos ilustrados son precisos entre sí para al menos la realización representada en las figuras.
- 60 65 La **Figura 1** es un gráfico que ilustra una onda acústica procedente de sistemas electrohidráulicos de la técnica anterior.
- La **Figura 2A** ilustra una etapa 1 de un sistema de generación de pulsos: calentamiento de solución salina entre electrodos y vaporización inicial.
- La **Figura 2B** ilustra una etapa 2 de un sistema de generación de pulsos: ionización de vapor entre electrodos.
- La **Figura 2C** ilustra una etapa 3 de un sistema de generación de pulsos: formación de arco entre electrodos.
- La **Figura 2D** ilustra una etapa 4 de un sistema de generación de pulsos: arco intenso entre electrodos.

La **Figura 3** ilustra un diagrama esquemático de una realización de un sistema de generación de ondas de choque electrohidráulicas para su uso en, o con, algunas realizaciones de los presentes sistemas.

- 5 Las **Figuras 4A - 4E** ilustran diversas vistas de una realización de una placa de circuito apilable que comprende una pluralidad de condensadores.
- 10 Las **Figuras 5A - 5E** ilustran diversas vistas de una segunda realización de una matriz de condensadores fijada a un par de placas de circuito apilables acopladas.
- 15 Las **Figuras 6A - 6D** ilustran diversas vistas de una matriz de condensadores fijada a un par de placas de circuito apilables acopladas y componentes de acoplamiento.
- 20 Las **Figuras 7A - 7C** ilustran diversas vistas de una matriz de condensadores fijada a un par de placas de circuito apilables acopladas a un par de electrodos en una cámara de generación de ondas de choque.
- 25 Las **Figuras 8A y 8B** ilustran el desgaste reducido de los electrodos resultante del uso de una realización del presente aparato en comparación con los sistemas de la técnica anterior.
- 30 La **Figura 9** ilustra un gráfico que ilustra una comparación de una onda acústica comprimida de una realización del presente aparato y una onda acústica de un aparato de la técnica anterior.
- 35 La **Figura 10** ilustra una vista en perspectiva despiezada de una realización prototípico adicional de las presentes sondas que tienen un cabezal de chispa o módulo.
- 40 Las **Figuras 11A y 11B** ilustran partes del conjunto de la sonda de la Figura 10.
- 45 Las **Figuras 12A y 12B** ilustran vistas en perspectiva y en corte transversal lateral, respectivamente, de la sonda de la Figura 10.
- 50 La **Figura 12C** ilustra una vista en corte transversal lateral ampliada de una distancia de chispa de la sonda de la Figura 10.

Descripción de las realizaciones ilustrativas

- 55 Ciertas realizaciones de los presentes sistemas y aparatos están configuradas para generar ondas de choque de alta frecuencia al mismo tiempo que tienen una vida útil mejorada de los electrodos. En algunas realizaciones, las ondas de choque EH generadas se pueden usar en aplicaciones terapéuticas médicas y/o estéticas (por ejemplo, cuando se dirigen y/o suministran al tejido diana de un paciente). Algunos ejemplos de aplicaciones terapéuticas médicas y/o estéticas en el que se pueden usar los presentes sistemas se describen en: (1) solicitud de patente de los Estados Unidos núm. 13/574.228, publicada como US-2013/0046207; (2) solicitud de patente de los Estados Unidos núm. 13/547.995, publicada como US-2013/0018287; y (3) solicitud de patente de los Estados Unidos núm. 13/798.710, publicada como US-2014/0257144.
- 60 En una realización, el aparato para la generación electrohidráulica de ondas de choque comprende: un alojamiento que define una cámara y una salida de ondas de choque; un líquido dispuesto en la cámara; una pluralidad de electrodos (por ejemplo, en el cabezal de chispa o módulo) configurada para disponerse en la cámara para definir una o más distancias de chispa; y un sistema de generación de pulsos configurado para aplicar pulsos de voltaje a los electrodos a una velocidad de entre 10 Hz y 5 MHz. La velocidad de los pulsos de voltaje puede ser de 25 Hz, 50 Hz, 75 Hz, 100 Hz, 150 Hz, 200 Hz, 250 Hz, 300 Hz, 400 Hz, 500 Hz, 600 Hz, 700 Hz, 800 Hz, 900 Hz, 1 KHz, 5 KHz, 10 KHz, 25 KHz, 50 KHz, 100 KHz, 200 KHz, 300 KHz, 400 KHz, 500 KHz, 600 KHz, 700 KHz, 800 KHz, 900 KHz, 1 MHz, 2 MHz, 3 MHz y 4 MHz.

A. Sistemas de la técnica anterior

- 65 Con referencia ahora a los dibujos, la **Figura 1** ilustra una descarga de pulso típica de sistemas electrohidráulicos de la técnica anterior que producen una onda acústica de amplio espectro de frecuencia (de forma típica, en el rango de 16 Hz a 30 MHz) que consiste en una gran onda **100** de pulso compresiva, seguida de una pequeña onda **102** de tracción. La onda **100** de pulso compresiva consiste en dos partes: una parte delantera **104** acústica de subida rápida (también denominada parte delantera de onda de choque) seguida de una parte trasera **106** acústica larga y compresiva. La parte delantera **104** acústica y rápida se produce en una escala de tiempo de nanosegundos, mientras que la parte trasera **106** acústica larga y compresiva se produce en una escala de tiempo de microsegundos.

70 Los sistemas electrohidráulicos de la técnica anterior de este tipo crean un evento de descarga de pulsos entre dos electrodos que tiene lugar en cuatro etapas: (1) calentamiento de solución salina entre electrodos y vaporización inicial; (2) ionización de vapor; (3) formación de arco entre electrodos; y (4) arco intenso.

La Figura 2A ilustra la etapa 1 del evento de descarga de pulsos de la técnica anterior: calentamiento de solución salina entre electrodos y vaporización inicial. Durante esta etapa del pulso, una cámara 200 está llena con solución salina 202. A continuación, un sistema de generación de pulsos aplica voltaje directamente a los electrodos 204, 206 para producir una trayectoria conductora 208 entre electrodos. Específicamente, una corriente 210 se conduce a través de la mayor cantidad de solución salina 202 desde un electrodo 204 hasta otro 206. Esto da como resultado que la solución salina 202 se caliente, lo que da como resultado la vaporización de partes de la solución salina 202 en los sitios iniciales de nucleación de burbujas ubicados en las puntas de la superficie de los electrodos 204, 206. Debido a que la conductividad eléctrica de la solución salina aumenta con la temperatura, durante esta etapa, la corriente del electrodo aumenta a medida que aumenta la temperatura de la solución salina. En esta etapa, no se producen daños en los electrodos durante el calentamiento de la solución salina y la vaporización inicial. La corriente se distribuye aproximadamente de forma uniforme a lo largo de las puntas de la superficie de los electrodos 204, 206 y la temperatura de la solución salina es baja (hasta aproximadamente 100 °C), mientras que la impedancia global es alta (aproximadamente 50 S2 para solución salina al 1 %).

La Figura 2B ilustra la etapa 2 del evento de descarga de pulsos de la técnica anterior: ionización de vapor entre electrodos, que se superpone con la etapa 1, como se muestra en la Figura 2A. Durante esta etapa del pulso, una corriente 210 todavía se conduce, principalmente, a través de la mayor cantidad de solución salina 202 desde un electrodo 204 hasta otro 206. La solución salina 202 continúa vaporizándose y expandiéndose desde los sitios iniciales de nucleación de burbujas. Una vez que la solución salina 202 se vaporiza y su densidad es lo suficientemente baja, el aumento de las trayectorias libres de los electrones les permite adquirir la energía suficiente para la ionización por colisión y se forman descargas 212 de plasma en avalancha. Al igual que en la etapa 1, durante esta etapa, se producen daños insignificantes al electrodo. El bombardeo de iones puede provocar la retirada de material de electrodo mediante metalizado al vacío, pero las velocidades son extremadamente bajas en comparación con las etapas 3 y 4 del evento de descarga de pulsos. La impedancia global es alta (aproximadamente 50 S2 para solución salina al 1 %).

La Figura 2C ilustra la etapa 3 del evento de descarga de pulsos de la técnica anterior: formación de arco entre electrodos. Durante esta etapa del pulso, se producen múltiples eventos casi simultáneamente. La descarga a través de la capa de plasma de vapor de solución salina provoca que se formen puntos de cátodo y ánodo en las superficies de los electrodos. Estos diminutos e intensos chorros de material de electrodo y electrones suministran el material conductor necesario para formar un arco 214 completo. Los chorros que emanan de los puntos de cátodo y ánodo comienzan a conectarse y pasan al arco intenso de la etapa 4. La corriente neta a través de los electrodos 204, 206 comienza a aumentar rápidamente a medida que el arco inicial 214 provoca una vaporización de solución salina y propagación del arco rápida y completa. La impedancia global comienza a caer desde aproximadamente 50 S2 a 0,1 Ω.

La Figura 2D ilustra una etapa 4 del evento de descarga de pulsos de la técnica anterior: arco intenso entre electrodos. El modo 216 de arco intenso es muy brillante y parece cubrir el ánodo y el cátodo, y llenar la distancia 218 de electrodo. Otros puntos de cátodo y ánodo están presentes y eyectan continuamente material de electrodo hacia la distancia 218 que suministra el material alimentador para el arco de baja impedancia. El modo 216 de arco intenso producido por los sistemas de generación de pulsos de la técnica anterior se caracteriza por una erosión severa en el ánodo y el cátodo [1]. El voltaje del arco es bajo y la corriente es alta, debido a la baja impedancia global (aproximadamente 0,1 S2). La erosión de ánodo suele ser más severa que la erosión de cátodo porque los puntos de ánodo son, de forma típica, menos y más intensos, mientras que los puntos de cátodo son más numerosos y están distribuidos [1].

La erosión severa de los electrodos 204, 206 usando los sistemas electrohidráulicos de la técnica anterior limita la vida útil de los electrodos en esos sistemas. Debido a que muchas aplicaciones para sistemas electrohidráulicos requieren grandes números o velocidades rápidas de pulsos para ser eficaces, los enfoques de la técnica anterior para generar estas ondas acústicas dan como resultado una reducción de la vida útil limitada de los electrodos 204, 206, lo que requiere un reemplazo frecuente de electrodos o el uso de un sistema alimentador de electrodos costoso y complicado. Debido a la vida útil limitada de los electrodos, estos requisitos han constreñido la utilidad comercial de los sistemas electrohidráulicos.

B. Sistemas, componentes y métodos mejorados

Ciertas realizaciones de los presentes aparatos y métodos no reivindicados están configuradas para generar electrohidráulicamente ondas de choque al mismo tiempo que proporcionan una vida útil mejorada de los electrodos. Ciertas realizaciones logran una vida útil mejorada de los electrodos al aprovechar un enfoque de descarga de pulsos de dos etapas para la generación de ondas de choque. En algunas realizaciones, en la primera etapa, el sistema de generación de pulsos está configurado para simultáneamente: (1) aplicar pulsos de voltaje a una pluralidad de electrodos en una cámara de electrodos de manera que una parte de un líquido contenido dentro de la cámara se vaporice para proporcionar una trayectoria conductora entre electrodos; y (2) aplicar pulsos de voltaje para cargar una pluralidad de condensadores ubicados adyacentes a la pluralidad de electrodos. En tales realizaciones, en la segunda etapa, la pluralidad cargada de condensadores se descarga para generar un arco corto entre electrodos a través de la trayectoria conductora entre electrodos establecida, lo que da como resultado una onda de choque acústica. Un

arco entre electrodos más corto puede minimizar la erosión del electrodo y, de este modo, mejorar la vida útil de los electrodos.

- 5 En la generación de ondas de choque electrohidráulicas, puede ser necesaria una alta capacitancia para obtener la corriente pico de pulso requerida con la forma de onda deseada en los electrodos. En algunas de las presentes realizaciones, condensadores grandes pueden estar dispuestos cerca de los electrodos para ser capaces de proporcionar el pulso de alto voltaje a los electrodos necesarios para producir un arco corto entre electrodos. Sin embargo, el uso repetido de grandes descargas de fase de voltaje y corriente requeridas para generar ondas de choque de pulso puede provocar daños a condensadores grandes, lo que, a su vez, puede provocar fallas en el generador de ondas de choque. Se teoriza que el daño a los condensadores que se mantiene en estos sistemas de la técnica anterior es secundario que el efecto piezoelectrónico de las placas de los condensadores conduzca a fallas mecánicas. Este problema puede limitar la capacidad de producir un generador de ondas de choque de pulso rápido comercialmente viable que tenga una vida útil de los electrodos de longitud aceptable.
- 10 15 En algunas de las presentes realizaciones, se puede usar una pluralidad de condensadores pequeños en paralelo, dispuestos (por ejemplo, en un patrón de baja inductancia) adyacentes a los electrodos (por ejemplo, dentro de, o sobre, un alojamiento portátil en el que están dispuestos los electrodos) para producir un arco corto entre electrodos. En esta realización, una pluralidad de condensadores pequeños en paralelo, dispuestos en un patrón de baja inductancia adyacentes a los electrodos, es capaz de proporcionar las descargas repetidas y rápidas de pulsos de corriente y voltaje grandes necesarias para generar ondas de choque de pulsos rápidos sin dañar los condensadores.
- 20 25 30 El efecto piezoelectrónico sobre los materiales de cada condensador pequeño está limitado cuando se usa dentro de la pluralidad de condensadores pequeños en paralelo para generar ondas de choque de pulsos rápidos. Como resultado, en tales realizaciones, se evitan fallas mecánicas catastróficas en el condensador, mejorando de este modo la viabilidad comercial de los generadores de ondas de choque de pulsos rápidos.
- 35 40 45 50 La Figura 3 ilustra un esquema representativo de una realización del aparato electrohidráulico descrito. En la realización mostrada, un sistema 300 de generación de pulsos está acoplado a un cabezal 302 mediante un cable 304. El cabezal 302 incluye una pluralidad de electrodos 306 configurada para definir una o más distancias 308 de chispa, y una pluralidad de condensadores 310 (por ejemplo, portándose los electrodos y condensadores mediante un alojamiento). Como se describe a continuación, los condensadores pueden configurarse, por ejemplo, en un patrón de baja inductancia. En algunas de tales realizaciones, el alojamiento o cuerpo del cabezal 302 define un alojamiento dentro del que está dispuesta la pluralidad de electrodos 306 (por ejemplo, extendiéndose una parte de cada electrodo hacia el interior de la cámara), y la pluralidad de condensadores 310 es portada por el alojamiento (y/o puede estar dispuesta en una cámara 312). La cámara 312 está configurada para llenarse con un líquido. En la realización mostrada, el sistema 300 de generación de pulsos comprende un suministro 314 de energía de alto voltaje, un condensador 316, un commutador primario 318, una sonda 320 de corriente, un resistor 322, un inductor 324 y una sonda 326 de voltaje. El suministro 314 de energía de alto voltaje puede, por ejemplo, configurarse para suministrar 3000 voltios (V). El sistema 300 de generación de pulsos está configurado para aplicar pulsos de voltaje a la pluralidad de electrodos 306 de manera que la parte del líquido dispuesto en la cámara 312 se vaporice para proporcionar una trayectoria conductora entre electrodos. El sistema 300 de generación de pulsos también está configurado para (por ejemplo, simultáneamente) aplicar voltaje a la pluralidad de condensadores 310 dentro de la cámara. Una vez cargada, la pluralidad de condensadores 310 puede descargarse dentro de la trayectoria conductora entre electrodos establecida para producir un arco de descarga entre electrodos corto. Este arco de descarga da como resultado la formación de una onda de choque.

- 55 60 65 En algunas realizaciones, como la que se muestra en las Figuras 4A a 4E, al menos una parte de la pluralidad de condensadores 310 está acoplada a una placa 400 de circuito apilable en un patrón circular de baja inductancia tanto en el lado superior 408 como el lado inferior 406 de la placa 400 de circuito apilable. La Figura 4A ilustra una vista de abajo hacia arriba de una realización de una placa 400 de circuito apilable que tiene una pluralidad de condensadores 310 acoplada al lado inferior 406 de la placa 400 de circuito apilable. En la realización mostrada, la placa 400 de circuito apilable es circular y tiene un borde exterior 402 y un orificio central 404. Rodeando el orificio central 404, la placa 400 de circuito apilable tiene una pluralidad de orificios adicionales 410 y una pluralidad de pasadores 412. En esta realización, catorce (14) pasadores 412 están acoplados a la placa 400 de circuito apilable. Otras realizaciones pueden incluir 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20 o más pasadores 412 rodeando el orificio central 404. Los pasadores 412 pueden ser, por ejemplo, pasadores pogo u otros conectores configurados para establecer, al menos temporalmente, una conexión eléctrica entre múltiples placas de circuito. De forma adicional, en la realización mostrada, la placa 400 de circuito apilable tiene una pluralidad de conectores 414 de placa a placa que discurren alrededor de su borde exterior 402. Los conectores 414 pueden disponerse en una única fila, como se muestra, o en dos filas, y facilitar el acoplamiento eléctrico de la placa 400 de

circuito apilable con placas de circuito adicionales. Los conectores **414** pueden, por ejemplo, configurarse para operar en un rango de temperaturas entre -55 °C y 125 °C.

En la realización mostrada, los condensadores **310** están acoplados a unas placas **400** de circuito apilables en un 5 patrón de baja inductancia. Como se muestra, un patrón de condensadores de baja inductancia puede comprender una pluralidad de conjuntos de condensadores, comprendiendo cada conjunto de condensadores una pluralidad de condensadores individuales. En el patrón de baja inductancia, los conjuntos de condensadores están dispuestos de

10 manera que cada conjunto esté en paralelo entre sí. Según una realización, como se muestra en las Figuras **4A - 4E**, cada conjunto de condensadores está acoplado a la placa **400** de circuito apilable de manera que un condensador esté acoplado a la placa **400** cerca del orificio central **404** y una pluralidad de condensadores adicionales está 15 acoplada a la placa **400** de manera que estén en comunicación eléctrica entre sí y se extiendan radialmente lejos del orificio central **404** hacia el borde exterior **402**. Esta parte de condensadores del conjunto está configurada, además, de manera que estén en comunicación eléctrica con una parte adicional de condensadores situada en el lado opuesto de la placa (u otra placa, como se muestra en las Figuras **6A - 6D**). Esta parte adicional de condensadores está 20 configurada similarmente de manera que se extiendan en serie desde el borde de la placa **402** hacia el orificio central **404**. Según la realización descrita, la configuración global de condensadores es de manera que múltiples conjuntos de condensadores, cada uno con una parte de la pluralidad global de condensadores, se extiendan desde el orificio central **404** hacia fuera hasta el borde central **402**, continúen hasta el lado opuesto de la placa (o hasta otra 25 placa) y, luego, se extiendan desde el borde de la placa **402** de regreso hacia el orificio central **404**. Los condensadores **310**, cuando están configurados así, pueden provocar que la corriente fluya desde el borde exterior **402** de la placa **400** de circuito apilable hacia el orificio central **404** o desde el orificio central **404** de la placa de circuito apilable **400** hacia el borde exterior **402**. Se ha demostrado que una configuración de este tipo da como 30 resultado una inductancia reducida en la totalidad de la matriz de condensadores. Por ejemplo, en algunas de tales realizaciones, ciertos conjuntos de los condensadores están configurados para provocar que la corriente fluya radialmente hacia dentro y otros de los conjuntos de condensadores están configurados para provocar que la corriente fluya radialmente hacia fuera, lo que da como resultado "contraflujos" de corriente que tienden para cancelar o, de cualquier otra manera (por ejemplo, mediante interferencia destructiva), la inductancia durante su uso. En algunas 35 realizaciones, partes de los condensadores están acopladas a cada una de una pluralidad de placas de circuito apilables, que pueden incluir 2, 3, 4, 5 o más placas individuales. Algunas porciones de la pluralidad de condensadores pueden acoplarse a cualquier lado (o ambos lados) de cualquiera de las placas de circuito apilables. Como se muestra, una placa **400** de circuito apilable puede tener forma circular y puede tener un recorte **416** que se extienda hacia dentro 40 desde el borde exterior **402** hacia el orificio central.

En una realización, al menos diez (10) condensadores planos en paralelo, cada uno con una capacitancia no superior 35 a 100 nanofaradios (nF), son capaces de proporcionar las descargas repetidas de pulsos de alto voltaje necesarias para generar ondas de choque de pulsos rápidos sin dañar los condensadores. En otras realizaciones, se puede utilizar en paralelo un mínimo de 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 o 50 condensadores planos. De forma adicional, según otras realizaciones, cada condensador puede tener una capacitancia máxima de 95 nF, 90 nF, 85 nF, 80 nF, 75 nF, 45 70 nF, 65 nF, 60 nF, 55 nF o 50 nF. En una realización, los condensadores tienen, cada uno, una longitud de entre 2 mm y 4 mm, y una anchura de entre 1 mm y 3 mm.

En realizaciones en las que los condensadores están dispuestos en conjuntos de condensadores, una pluralidad de condensadores se puede disponer entre 2 y 20 conjuntos de condensadores, estando los conjuntos conectados en paralelo (por ejemplo, y los condensadores dentro de cada conjunto conectados en serie). Alternativamente, la pluralidad de condensadores puede comprender 2, 5, 10 o 15 conjuntos de condensadores. En algunas realizaciones, cada conjunto de condensadores comprende menos de 50 condensadores, pero puede, alternativamente, comprender 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 o 45 condensadores por conjunto. En algunas realizaciones, la pluralidad de condensadores comprende al menos 100 condensadores. En algunas realizaciones, la pluralidad de condensadores 50 está dispuesta en un circuito que tiene una inductancia global de entre 2 nH y 200 nH.

Las Figuras **5A - 5E** ilustran vistas en perspectiva, en corte transversal, superior y lateral de una realización de los 55 presentes conjuntos de placas de circuito apilables que incluyen una matriz de condensadores para su uso en aparatos de generación de pulsos de ondas de choque. La Figura **5A** ilustra una vista en perspectiva de una realización de los presentes conjuntos de placas de circuito apilables; la Figura **5B** ilustra otra vista en perspectiva del conjunto; la Figura **5C** ilustra una vista en corte transversal lateral del conjunto; la Figura **5D** ilustra una vista superior del conjunto; y la Figura **5E** ilustra una vista lateral del conjunto. Como se muestra, en este conjunto, la placa **400** de circuito está acoplada a la segunda placa **500** de circuito apilable a través de unos conectores **414** de manera que los condensadores **310** de la placa **400** de circuito estén conectados eléctricamente a la segunda placa **500** de circuito apilable a través de los conectores (**414**). La placa **400** de circuito también está acoplada mecánicamente a la placa **500** de circuito a través de un conjunto **502** de cubo central. Según esta realización, la placa **500** de circuito proporciona la trayectoria de retorno de baja inductancia desde el pasador central hasta la fila lo más exterior de condensadores **310**.

60 Las Figuras **6A - 6D** ilustran vistas en perspectiva despiezada, en corte transversal y en perspectiva de otra realización de la presente matriz de condensadores para su uso en aparatos de generación rápida de ondas de choque terapéuticas y métodos no reivindicados. La Figura **6A** ilustra una vista en perspectiva del conjunto de

condensadores; la Figura 6B ilustra una segunda vista en perspectiva del conjunto de condensadores; la Figura 6C ilustra una vista en corte transversal del conjunto de condensadores; y la Figura 6D ilustra una vista despiezada de la matriz de condensadores. En esta realización, la pluralidad de condensadores 310 está ubicada en una primera placa 400 de circuito apilada y una segunda placa 500 de circuito apilada, adyacentes a una pluralidad de electrodos en donde la pluralidad de condensadores pequeños 310 está ubicada en lados opuestos de cada placa 400, 500 de circuito apilable en un patrón de baja inductancia. Las placas 400, 500 de circuito están ambas acopladas eléctricamente entre sí mediante conectores 414 de placa a placa y acoplados mecánicamente entre sí mediante un conjunto 502 mecánico central.

- 5 10 En la realización mostrada, ubicar la pluralidad de condensadores 310 cerca de los electrodos permite que el arco se descargue completa y rápidamente. Una vez que los condensadores 310 dentro del cabezal de cámara (como se ilustra en la realización representada en la Figura 3) se descargan, el arco entre electrodos termina, lo que minimiza la erosión del electrodo.
- 15 15 En algunas realizaciones, la vida útil mejorada de los electrodos es el resultado de la descarga de la pluralidad de condensadores 310 cerca de los electrodos. Ubicar la pluralidad de condensadores 310 cerca de los electrodos en un patrón de baja inductancia proporciona una baja inductancia global a la configuración de condensadores/electrodos. Como resultado, la pluralidad de condensadores 310 dentro de la cámara puede descargarse completa y rápidamente.
- 20 20 Como se muestra, el conjunto mecánico central 502 comprende un anillo 600 de contacto, un adaptador 602 de anillo, un espaciador 604, un receptáculo 606 de repuesto, un pasador central 608, y una pluralidad de tuercas 610. El adaptador 602 de anillo puede tener una pluralidad de dientes 612 que están configurados para insertarse en unos orificios en la segunda placa 500 placa de circuito apilable de manera que los dientes 612 impidan que la segunda placa 500 de circuito apilable gire independientemente del adaptador 602 de anillo.
- 25 25 En la realización mostrada, los condensadores pueden configurarse para provocar que la corriente fluya desde el centro de la segunda placa 500 de circuito apilable hacia su borde exterior, a través de los conectores 414 de placa a placa hasta el borde exterior de la primera placa 400 de circuito apilable y, desde ahí, hasta el centro de la primera placa 400 de circuito apilable. Cada placa 400, 500 de circuito apilable puede tener un grosor de entre 0,5 mm y 5 mm (0,02 pulgadas a 0,2 pulgadas). Alternativamente, las placas 400, 500 puede tener grosor de entre 0,76 y 3,18 mm (0,03 a 0,125 pulgadas), o entre 1 y 2,54 mm (0,04 a 0,1 pulgadas).

- 30 35 Las Figuras 7A - 7C ilustran vistas en corte transversal y lateral de una realización de la cámara de generación de ondas de choque acoplada a una matriz de condensadores descrita. Según la realización como se muestra en la Figura 7A, la matriz 700 de condensadores está acoplada a una pluralidad de electrodos que comprenden un electrodo proximal 702 y un electrodo distal 704. En esta realización, tanto el electrodo proximal 702 como el electrodo distal 704 están dispuestos en una cámara 706, que está configurada para llenarse con líquido. En al menos una realización, la cámara 706 está configurada para llenarse con solución salina. En otra realización más, la cámara 706 está llena de solución salina. Los electrodos 702, 704 están configurados para tener una distancia corta entre ellos que defina la ubicación 708 de descarga. La matriz 700 de condensadores, junto con los electrodos 702, 704 acoplados y la cámara 706, está configurada para realizar el enfoque de descarga de dos etapas para la generación de ondas de choque. En la primera etapa, el sistema de generación de pulsos está configurado para simultáneamente: (1) aplicar pulsos de voltaje a una pluralidad de electrodos 702, 704 en una cámara 706 de electrodos de manera que una parte de un líquido contenido dentro de la cámara 706 se vaporice para proporcionar una trayectoria conductora entre electrodos en la ubicación 708 de descarga; y (2) aplicar pulsos de voltaje para cargar una pluralidad de condensadores ubicados adyacentes a la pluralidad de electrodos 702, 704 en la matriz 700 de condensadores. Según esta realización, en la segunda etapa, la pluralidad cargada de condensadores se descarga para generar un arco corto entre electrodos a través de la trayectoria conductora entre electrodos establecida en la ubicación 708 de descarga, lo que da como resultado una onda de choque acústica.
- 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000 1005 1010 1015 1020 1025 1030 1035 1040 1045 1050 1055 1060 1065 1070 1075 1080 1085 1090 1095 1100 1105 1110 1115 1120 1125 1130 1135 1140 1145 1150 1155 1160 1165 1170 1175 1180 1185 1190 1195 1200 1205 1210 1215 1220 1225 1230 1235 1240 1245 1250 1255 1260 1265 1270 1275 1280 1285 1290 1295 1300 1305 1310 1315 1320 1325 1330 1335 1340 1345 1350 1355 1360 1365 1370 1375 1380 1385 1390 1395 1400 1405 1410 1415 1420 1425 1430 1435 1440 1445 1450 1455 1460 1465 1470 1475 1480 1485 1490 1495 1500 1505 1510 1515 1520 1525 1530 1535 1540 1545 1550 1555 1560 1565 1570 1575 1580 1585 1590 1595 1600 1605 1610 1615 1620 1625 1630 1635 1640 1645 1650 1655 1660 1665 1670 1675 1680 1685 1690 1695 1700 1705 1710 1715 1720 1725 1730 1735 1740 1745 1750 1755 1760 1765 1770 1775 1780 1785 1790 1795 1800 1805 1810 1815 1820 1825 1830 1835 1840 1845 1850 1855 1860 1865 1870 1875 1880 1885 1890 1895 1900 1905 1910 1915 1920 1925 1930 1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055 2060 2065 2070 2075 2080 2085 2090 2095 2100 2105 2110 2115 2120 2125 2130 2135 2140 2145 2150 2155 2160 2165 2170 2175 2180 2185 2190 2195 2200 2205 2210 2215 2220 2225 2230 2235 2240 2245 2250 2255 2260 2265 2270 2275 2280 2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335 2340 2345 2350 2355 2360 2365 2370 2375 2380 2385 2390 2395 2400 2405 2410 2415 2420 2425 2430 2435 2440 2445 2450 2455 2460 2465 2470 2475 2480 2485 2490 2495 2500 2505 2510 2515 2520 2525 2530 2535 2540 2545 2550 2555 2560 2565 2570 2575 2580 2585 2590 2595 2600 2605 2610 2615 2620 2625 2630 2635 2640 2645 2650 2655 2660 2665 2670 2675 2680 2685 2690 2695 2700 2705 2710 2715 2720 2725 2730 2735 2740 2745 2750 2755 2760 2765 2770 2775 2780 2785 2790 2795 2800 2805 2810 2815 2820 2825 2830 2835 2840 2845 2850 2855 2860 2865 2870 2875 2880 2885 2890 2895 2900 2905 2910 2915 2920 2925 2930 2935 2940 2945 2950 2955 2960 2965 2970 2975 2980 2985 2990 2995 3000 3005 3010 3015 3020 3025 3030 3035 3040 3045 3050 3055 3060 3065 3070 3075 3080 3085 3090 3095 3100 3105 3110 3115 3120 3125 3130 3135 3140 3145 3150 3155 3160 3165 3170 3175 3180 3185 3190 3195 3200 3205 3210 3215 3220 3225 3230 3235 3240 3245 3250 3255 3260 3265 3270 3275 3280 3285 3290 3295 3300 3305 3310 3315 3320 3325 3330 3335 3340 3345 3350 3355 3360 3365 3370 3375 3380 3385 3390 3395 3400 3405 3410 3415 3420 3425 3430 3435 3440 3445 3450 3455 3460 3465 3470 3475 3480 3485 3490 3495 3500 3505 3510 3515 3520 3525 3530 3535 3540 3545 3550 3555 3560 3565 3570 3575 3580 3585 3590 3595 3600 3605 3610 3615 3620 3625 3630 3635 3640 3645 3650 3655 3660 3665 3670 3675 3680 3685 3690 3695 3700 3705 3710 3715 3720 3725 3730 3735 3740 3745 3750 3755 3760 3765 3770 3775 3780 3785 3790 3795 3800 3805 3810 3815 3820 3825 3830 3835 3840 3845 3850 3855 3860 3865 3870 3875 3880 3885 3890 3895 3900 3905 3910 3915 3920 3925 3930 3935 3940 3945 3950 3955 3960 3965 3970 3975 3980 3985 3990 3995 4000 4005 4010 4015 4020 4025 4030 4035 4040 4045 4050 4055 4060 4065 4070 4075 4080 4085 4090 4095 4100 4105 4110 4115 4120 4125 4130 4135 4140 4145 4150 4155 4160 4165 4170 4175 4180 4185 4190 4195 4200 4205 4210 4215 4220 4225 4230 4235 4240 4245 4250 4255 4260 4265 4270 4275 4280 4285 4290 4295 4300 4305 4310 4315 4320 4325 4330 4335 4340 4345 4350 4355 4360 4365 4370 4375 4380 4385 4390 4395 4400 4405 4410 4415 4420 4425 4430 4435 4440 4445 4450 4455 4460 4465 4470 4475 4480 4485 4490 4495 4500 4505 4510 4515 4520 4525 4530 4535 4540 4545 4550 4555 4560 4565 4570 4575 4580 4585 4590 4595 4600 4605 4610 4615 4620 4625 4630 4635 4640 4645 4650 4655 4660 4665 4670 4675 4680 4685 4690 4695 4700 4705 4710 4715 4720 4725 4730 4735 4740 4745 4750 4755 4760 4765 4770 4775 4780 4785 4790 4795 4800 4805 4810 4815 4820 4825 4830 4835 4840 4845 4850 4855 4860 4865 4870 4875 4880 4885 4890 4895 4900 4905 4910 4915 4920 4925 4930 4935 4940 4945 4950 4955 4960 4965 4970 4975 4980 4985 4990 4995 5000 5005 5010 5015 5020 5025 5030 5035 5040 5045 5050 5055 5060 5065 5070 5075 5080 5085 5090 5095 5100 5105 5110 5115 5120 5125 5130 5135 5140 5145 5150 5155 5160 5165 5170 5175 5180 5185 5190 5195 5200 5205 5210 5215 5220 5225 5230 5235 5240 5245 5250 5255 5260 5265 5270 5275 5280 5285 5290 5295 5300 5305 5310 5315 5320 5325 5330 5335 5340 5345 5350 5355 5360 5365 5370 5375 5380 5385 5390 5395 5400 5405 5410 5415 5420 5425 5430 5435 5440 5445 5450 5455 5460 5465 5470 5475 5480 5485 5490 5495 5500 5505 5510 5515 5520 5525 5530 5535 5540 5545 5550 5555 5560 5565 5570 5575 5580 5585 5590 5595 5600 5605 5610 5615 5620 5625 5630 5635 5640 5645 5650 5655 5660 5665 5670 5675 5680 5685 5690 5695 5700 5705 5710 5715 5720 5725 5730 5735 5740 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775 5780 5785 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820 5825 5830 5835 5840 5845 5850 5855 5860 5865 5870 5875 5880 5885 5890 5895 5900 5905 5910 5915 5920 5925 5930 5935 5940 5945 5950 5955 5960 5965 5970 5975 5980 5985 5990 5995 6000 6005 6010 6015 6020 6025 6030 6035 6040 6045 6050 6055 6060 6065 6070 6075 6080 6085 6090 6095 6100 6105 6110 6115 6120 6125 6130 6135 6140 6145 6150 6155 6160 6165 6170 6175 6180 6185 6190 6195 6200 6205 6210 6215 6220 6225 6230 6235 6240 6245 6250 6255 6260 6265 6270 6275 6280 6285 6290 6295 6300 6305 6310 6315 6320 6325 6330 6335 6340 6345 6350 6355 6360 6365 6370 6375 6380 6385 6390 6395 6400 6405 6410 6415 6420 6425 6430 6435 6440 6445 6450 6455 6460 6465 6470 6475 6480 6485 6490 6495 6500 6505 6510 6515 6520 6525 6530 6535 6540 6545 6550 6555 6560 6565 6570 6575 6580 6585 6590 6595 6600 6605 6610 6615 6620 6625 6630 6635 6640 6645 6650 6655 6660 6665 6670 6675 6680 6685 6690 6695 6700 6705 6710 6715 6720 6725 6730 6735 6740 6745 6750 6755 6760 6765 6770 6775 6780 6785 6790 6795 6800 6805 6810 6815 6820 6825 6830 6835 6840 6845 6850 6855 6860 6865 6870 6875 6880 6885 6890 6895 6900 6905 6910 6915 6920 6925 6930 6935 6940 6945 6950 6955 6960 6965 6970 6975 6980 6985 6990 6995 7000 7005 7010 7015 7020 7025 7030 7035 7040 7045 7050 7055 7060 7065 7070 7075 7080 7085 7090 7095 7100 7105 7110 7115 7120 7125 7130 7135 7140 7145 7150 7155 7160 7165 7170 7175 7180 7185 7190 7195 7200 7205 7210 7215 7220 7225 7230 7235 7240 7245 7250 7255 7260 7265 7270 7275 7280 7285 7290 7295 7300 7305 7310 7315 7320 7325 7330 7335 7340 7345 7350 7355 7360 7365 7370 7375 7380 7385 7390 7395 7400 7405 7410 7415 7420 7425 7430 7435 7440 7445 7450 7455 7460 7465 7470 7475 7480 7485 7490 7495 7500 7505 7510 7515 7520 7525 7530 7535 7540 7545 7550 7555 7560 7565 7570 7575 7580 7585 7590 7595 7600 7605 7610 7615 7620 7625 7630 7635 7640 7645 7650 7655 7660 7665 7670 7675 7680 7685 7690 7695 7700 7705 7710 7715 7720 7725 7730 7735 7740 7745 7750 7755 7760 7765 7770 7775 7780 7785 7790 7795 7800 7805 7810 7815 7820 7825 7830 7835 7840 7845 7850 7855 7860 7865 7870 7875 7880 7885 7890 7895 7900 7905 7910 7915 7920 7925 7930 7935 7940 7945 7950 7955 7960 7965 7970 7975 7980 7985 7990 7995 8000 8005 8010 8015 8020 8025 8030 8035 8040 8045 8050 8055 8060 8065 8070 8075 8080 8085 8090 8095 8100 8105 8110 8115 8120 8125 8130 8135 8140 8145 8150 8155 8160 8165 8170 8175 8180 8185 8190 8195 8200 8205 8210 8215 8220 8225 8230 8235 8240 8245 8250 8255 8260 8265 8270 8275 8280 8285 8290 8295 8300 8305 8310 8315 8320 8325 8330 8335 8340 8345 8350 8355 8360 8365 8370 8375 8380 8385 8390 8395 8400 8405 8410 8415 8420 8425 8430 8435 8440 8445 8450 8455 8460 8465 8470 8475 8480 8485 8490 8495 8500 8505 8510 8515 8520 8525 8530 8535 8540 8545 8550 8555 8560 8565 8570 8575 8580 8585 8590 8595 8600 8605 8610 8615 8620 8625 8630 8635 8640 8645 8650 8655 8660 8665 8670 8675 8680 8685 8690 8695 8700 8705 8710 8715 8720 8725 8730 8735 8740 8745 8750 8755 8760 8765 8770 8775 8780 8785 8790 8795 8800 8805 8810 8815 8820 8825 8830 8835 8840 8845 8850 8855 8860 8865 8870 8875 8880 8885 8890 8895 8900 8905 8910 8915 8920 8925 8930 8935 8940 8945 8950 8955 8960 8965 8970 8975 8980 8985 8990 8995 9000 9005 9010 9015 9020 9025 9030 9035 9040 9045 9050 9055 9060 9065 9070 9075 9080 9085 9090 9095 9100 9105 9110 9115 9120 9125 9130 9135 9140 9145 9150 9155 9160 9165 9170 9175 9180 9185 9190 9195 9200 9205 9210 9215 9220 9225 9230 9235 9240 9245 9250 9255 9260 9265 9270 9275 9280 9285 9290 9295 9300 9305 9310 9315 9320 9325 9330 9335 9340 9345 9350 9355 9360 9365 9370 9375 9380 9385 9390 9395 9400 9405 9410 9415 9420 9425 9430 9435 9440 9445 9450 9455 9460 9465 9470 9475 9480 9485 9490 9495 9500 9505 9510 9515 9520 9525 9530 9535 9540 9545 9550 9555 9560 9565 9570 9575 9580 9585 9590 9595 9600 9605 9610 9615 9620 9625 9630 9635 9640 9645 9650 9655 9660 9665 9670 9675 9680 9685 9690 9695 9700 9705 9710 9715 9720 9725 9730 9735 9740 9745 9750 9755 9760 9765 9770 9775 9780 9785 9790 9795 9800 9805 9810 98

duración severa prolongada del arco resultante del sistema de una única etapa de la técnica anterior. A diferencia del electrodo que implementa el sistema de la técnica anterior, el recorrido de electrodo con el sistema de generación de pulsos de dos etapas (**Figura 8B**) demostró únicamente una erosión mínima después de 6.200 pulsos. El electrodo que implementa el sistema de dos etapas tuvo una reducción de la velocidad de desgaste de 15 veces en comparación con el electrodo que implementa el sistema de la técnica anterior. Por ejemplo, a velocidades de pulso equivalentes, los electrodos representados en la Figura 8A acoplados a un sistema de generación de pulsos de la técnica anterior exhibieron una velocidad de desgaste de aproximadamente 0,095 mm (3750 micropulgadas) por minuto, mientras que los electrodos representados en la Figura 8B acoplados a uno de los presentes enfoques inventivos de generación de pulsos de dos etapas (que incluyen un sistema de generación de pulsos y una matriz de condensadores portada en un alojamiento), exhibió una velocidad de desgaste de únicamente 0,006 mm (250 micropulgadas) por minuto.

De forma adicional, según una realización, los aparatos y el método no reivindicado para la generación electrohidráulica de ondas de choque usando el enfoque de dos etapas descrito en el presente documento generan ondas acústicas que están "comprimidas" en comparación con aquellas ondas generadas mediante los sistemas de la técnica anterior. La Figura 9 ilustra un gráfico que ilustra la presión a lo largo del tiempo de una onda acústica generada tanto por el sistema 900 de la técnica anterior como una onda acústica generada por el enfoque 902 de dos etapas propuesto. Como se puede observar a partir de la Figura 9, en comparación con el sistema de la técnica anterior, la onda acústica generada por el enfoque de dos etapas tiene una parte delantera 904 acústica de subida más rápida que la del enfoque de la técnica anterior. Más importante aún, la larga parte trasera 906 acústica se comprime significativamente como resultado del rápido tiempo de descarga del condensador hacia una trayectoria conductora entre electrodos ya establecida. Por último, el enfoque de dos etapas pone más energía en el pulso acústico y menos energía total en el arco en comparación con el enfoque de la técnica anterior. Menos energía total hacia el arco conduce directamente a una vida útil mejorada del electrodo.

Así mismo, las ondas acústicas comprimidas representadas en la Figura 9 son menos dolorosas y dañinas cuando se aplican al tejido. La descarga de pulsos típica de los sistemas electrohidráulicos de la técnica anterior produce una onda acústica de amplio espectro de frecuencia, de forma típica, en el rango de 16 Hz a 30 MHz. La larga parte trasera 906 compresiva de la onda acústica comprende el espectro de frecuencia más baja de la onda acústica. Estos componentes de baja frecuencia, a las presiones acústicas que se usan de forma típica, son la fuente principal de grandes burbujas de cavitación. Estas grandes burbujas de cavitación, cuando se generan en el tejido, dan como resultado dolor y daño tisular. Debido a la corta descarga del condensador y al arco rápido resultante, la larga parte trasera 906 compresiva de la onda acústica se comprime. Como resultado, se minimizan las grandes burbujas de cavitación secundarias a una larga parte trasera.

En una realización, los presentes sistemas y aparatos de generación de ondas de choque incorporan las sondas representadas en las Figuras 10 - 12C. En esta realización, la sonda 1000 comprende: un alojamiento 1002 que define una cámara 1004 y una salida 1006 de ondas de choque; un líquido dispuesto en la cámara 1004; una pluralidad de electrodos 306 (por ejemplo, en el cabezal de chispa o módulo 1008) configurada para disponerse en la cámara para definir una o más distancias de chispa; y está configurada para acoplarse a un sistema (300) de generación de pulsos configurado para aplicar pulsos de voltaje a los electrodos a una velocidad de entre 10 Hz y 5 MHz.

En la realización mostrada, el cabezal 1008 de chispa incluye una pared lateral o cuerpo 1010 y una pluralidad de electrodos 306 que definen una distancia de chispa. En esta realización, la sonda 1000 está configurada para permitir que el líquido se circule a través de la cámara 1004 a través de conectores o puertos 1012 y 1014 de líquido, uno de los cuales está acoplado al cabezal 1008 de chispa y el otro de los cuales está acoplado al alojamiento 1002, como se muestra. En esta realización, el alojamiento 1002 está configurado para recibir el cabezal 1008 de chispa, como se muestra, de manera que el alojamiento 1002 y el alojamiento 1010 cooperen para definir la cámara 1004 (por ejemplo, de manera que el cabezal 1008 de chispa y el alojamiento 1002 incluyan superficies parabólicas complementarias que cooperen para definir la cámara). En esta realización, el alojamiento 1002 y el cabezal 1008 de chispa incluyen un canal 1016 (por ejemplo, a lo largo de un eje longitudinal central del cabezal 1008 de chispa) que se extiende entre el conector 1012 de líquido y la cámara 1004, y alineados con la distancia de chispa entre electrodos 306 de manera que el agua en circulación fluya muy cerca y/o a través de la distancia de chispa entre electrodos 306 de manera que el alojamiento 1002 incluya un canal 1018 que se extiende entre el conector 1014 de líquido y la cámara 1004. En esta realización, el alojamiento 1010 incluye una ranura 1020 configurada para recibir una junta elástica o junta tórica 1022 para sellar la interfaz entre el cabezal 1008 de chispa y el alojamiento 1002, y el alojamiento 1002 incluye una ranura 1024 configurada para recibir una junta elástica o junta tórica 1026 para sellar la interfaz entre el alojamiento 1002 y un miembro 1028 de tapa cuando el miembro 1028 de tapa se asegura al alojamiento 1002 mediante el anillo 1030 y un cuello 1032 de restricción.

En la realización mostrada, los electrodos 306 incluyen cada uno una porción 1034 de barra plana y una parte cilíndrica 1036 perpendicular (por ejemplo, que comprende tungsteno para una mayor durabilidad) en comunicación eléctrica (por ejemplo, unitaria con) la porción 1034 de barra de manera que la parte cilíndrica 1036 pueda extenderse a través de una abertura 1038 correspondiente en el cabezal 1008 de chispa hacia la cámara 1004, como se muestra. En algunas realizaciones, parte de los lados de la parte cilíndrica 1036 se pueden cubrir con un material eléctricamente aislante y/o flexible (por ejemplo, una envoltura retráctil) tal como, por ejemplo, para sellar la interfaz entre la parte 1036 y el alojamiento 1010. En esta realización, el alojamiento 1010 también incluye unas ranuras

longitudinales **1038** configuradas para recibir partes **1034** de barra de los electrodos **306**. En la realización mostrada, el alojamiento **1002** también incluye unos tornillos de fijación **1040** colocados para alinearse con las partes cilíndricas **1036** de los electrodos **306** cuando el cabezal **1008** de chispa está dispuesto en el alojamiento **1000**, de manera que los tornillos de fijación **1040** se puedan apretar para presionar las partes cilíndricas **1036** hacia dentro para ajustar la distancia de chispa entre las partes cilíndricas de los electrodos **306**. En algunas realizaciones, el cabezal **1008** de chispa está permanentemente adherido al alojamiento **1002**; sin embargo, en otras realizaciones, es posible que el cabezal **1008** de chispa se pueda retirar del alojamiento **1002** como, por ejemplo, para permitir el reemplazo de electrodos **306** individualmente o como parte de un cabezal **1008** de chispa nuevo o de reemplazo.

10 La memoria descriptiva y los ejemplos anteriores proporcionan una descripción de la estructura y el uso de realizaciones ilustrativas. Si bien ciertas realizaciones se han descrito anteriormente con cierto grado de particularidad, o con referencia a una o más realizaciones individuales, los expertos en la técnica podrían realizar numerosas modificaciones a las realizaciones descritas sin abandonar el ámbito de esta invención. Como tales, las diversas realizaciones ilustrativas de los presentes dispositivos no pretenden limitarse a las formas particulares descritas. Más bien, incluyen todas las modificaciones y alternativas dentro del alcance de las reivindicaciones, y las realizaciones distintas a la mostrada pueden incluir algunas de, o todas, las características de la realización ilustrada. Por ejemplo, los componentes pueden combinarse como una estructura unitaria. Además, cuando sea apropiado, se pueden combinar aspectos de cualquiera de los ejemplos descritos con aspectos de cualquiera de los otros ejemplos descritos para formar ejemplos adicionales con propiedades comparables o diferentes y que aborden los mismos o diferentes problemas. Similarmente, las ventajas y los beneficios descritos anteriormente pueden referirse a una realización o pueden referirse a varias realizaciones.

15 Las reivindicaciones no pretenden incluir, y no deben interpretarse como que incluyan, limitaciones de medios más (o etapas más) funciones, a menos que una limitación de este tipo se mencione explícitamente en una reivindicación dada usando la(s) expresión(es) "medios para" o "etapa para", respectivamente.

Referencias

- 20 Se proporcionan las siguientes referencias, en la medida en que proporcionen detalles de procedimiento ilustrativos u otros detalles suplementarios a los establecidos en el presente documento.
- [1] Raymond L. Boxman, Philip J. Martin, David Sanders (1995). *Handbook of Vacuum Arc Science and Technology: Fundamentals and Applications*, Park Ridge, Nueva Jersey: Noyes Publications, páginas 316-319
- [2] V. Ya. Ushakov y col. (2007). *Impulse Breakdown of Liquids*, Nueva York, NY: Springer
- [3] Schmitz C y col. *Treatment of chronic plantar fasciopathy with extracorporeal shock waves (review)*. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 2013, 8:31
- [4] Patente de los Estados Unidos núm. 8.672.721 titulada "High power discharge fuel igniter" de L. Camilli
- [5] Patente de los Estados Unidos núm. 5.245.988 titulada "Preparing a circuit for the production of shockwaves" de W. Einars y col.
- [6] Patente de los Estados Unidos núm. 4.005.314 titulada "Short pulse generator" de M. Zinn
- [7] Patente alemana núm. DE 3150430 C1 titulada "Circuit for generating an underwater discharge" de G. Heine y col.
- [8] Patente de los Estados Unidos núm. 3.604.641 titulada "Apparatus for hydraulic crushing" de B.R. Donoghue y col.

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de matriz de condensadores para su uso en la generación de ondas de choque terapéuticas, que comprende:
- 5 una o más placas (400, 500) de circuito, teniendo cada placa de circuito de las una o más placas de circuito un primer lado y un segundo lado; y
- 10 una pluralidad de condensadores (310) acoplada a las una o más placas de circuito;
- 15 donde una primera parte de los condensadores está dispuesta en un primer patrón definido por una primera pluralidad de conjuntos de condensadores, una segunda parte de la pluralidad de condensadores está dispuesta en un segundo patrón definido por una segunda pluralidad de conjuntos de condensadores, comprendiendo cada conjunto de condensadores de la primera y la segunda pluralidad de conjuntos de condensadores dos o más condensadores conectados en serie;
- 20 donde los conjuntos de condensadores de la primera pluralidad de conjuntos de condensadores que definen el primer patrón están conectados en paralelo, y los conjuntos de condensadores de la segunda pluralidad de conjuntos de condensadores que definen el segundo patrón están conectados en paralelo; y
- 25 donde las una o más placas (400, 500) de circuito están configuradas para acoplarse a un electrodo de manera que el electrodo esté en comunicación eléctrica con los condensadores (310);
- 30 caracterizado porque
- 35 al menos una de las una o más placas (400, 500) de circuito está interpuesta entre uno de los conjuntos de condensadores de la primera parte de los condensadores y uno de los conjuntos de condensadores de la segunda parte de los condensadores.
- 40 2. El aparato de la reivindicación 1, donde las una o más placas de circuito comprenden una pluralidad de placas de circuito apilables.
- 45 3. El aparato de la reivindicación 2, donde la pluralidad de placas de circuito apilables comprende una primera placa de circuito apilable y una segunda placa de circuito apilable acoplada a la primera placa de circuito apilable.
- 50 4. El aparato de la reivindicación 3, donde la primera parte de los condensadores está acoplada a la primera placa de circuito apilable y la segunda parte de los condensadores está acoplada a la segunda placa de circuito apilable.
- 55 5. El aparato de la reivindicación 3, donde la primera parte de los condensadores está dispuesta en el primer lado de la primera placa de circuito apilable y la segunda parte de la pluralidad de condensadores está dispuesta en el segundo lado de la primera placa de circuito apilable, y el segundo lado de la primera placa de circuito apilable es opuesto al primer lado de la primera placa de circuito apilable.
- 60 6. El aparato de la reivindicación 4 o la reivindicación 5, donde:
- 65 la pluralidad de conjuntos de condensadores definidos por la primera parte de la pluralidad de condensadores está dispuesta en un patrón circular; y
- 70 la pluralidad de conjuntos de condensadores definidos por la segunda parte de la pluralidad de condensadores está dispuesta en un patrón circular.
- 75 7. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 3 - 6, donde la primera placa de circuito apilable comprende además, un borde exterior y un centro, la segunda placa de circuito apilable comprende además, un borde exterior y un centro; y la primera parte de la pluralidad de condensadores está configurada para provocar que una corriente fluya desde el borde exterior de la primera placa de circuito apilable hacia el centro de la primera placa de circuito apilable, y la segunda parte de la pluralidad de condensadores está configurada para provocar que una corriente fluya desde el borde exterior de la segunda placa de circuito apilable hacia el centro de la segunda placa de circuito apilable.
- 80 8. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 3 - 6, donde la primera placa de circuito apilable está acoplada eléctricamente a la segunda placa de circuito apilable mediante unos conectores dispuestos a lo largo de los bordes exteriores de las placas de circuito apilables.
- 85 9. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 2 - 8, donde:

la pluralidad de placas de circuito apilables tiene cada una un grosor de entre 0,5 mm (0,02 pulgadas) y 5,1 mm (0,2 pulgadas); y

5 la pluralidad de condensadores tiene cada uno una longitud de entre 2 mm y 4 mm, y una anchura de entre 1 mm y 3 mm.

10. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 3 - 8, donde la primera parte de los condensadores no entra en contacto con una de la primera o la segunda placa de circuito apilable.

10 11. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 10, donde la pluralidad de condensadores está dispuesta en un circuito que tiene una inductancia global de entre 2 nH y 200 nH, y donde el electrodo está fijado en al menos dos grados de libertad con respecto a las una o más placas de circuito.

15 12. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 11, donde la pluralidad de condensadores comprende entre 2 y 20 conjuntos de condensadores, estando los conjuntos de condensadores conectados en paralelo.

13. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 12, donde cada conjunto de condensadores comprende:
20 10 o más condensadores en serie; o

10 o más condensadores conectados en paralelo.

20 14. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 13, donde cada condensador tiene una capacitancia no superior a 100 nanofaradios.

25 15. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 14, donde la pluralidad de condensadores comprende al menos 100 condensadores.

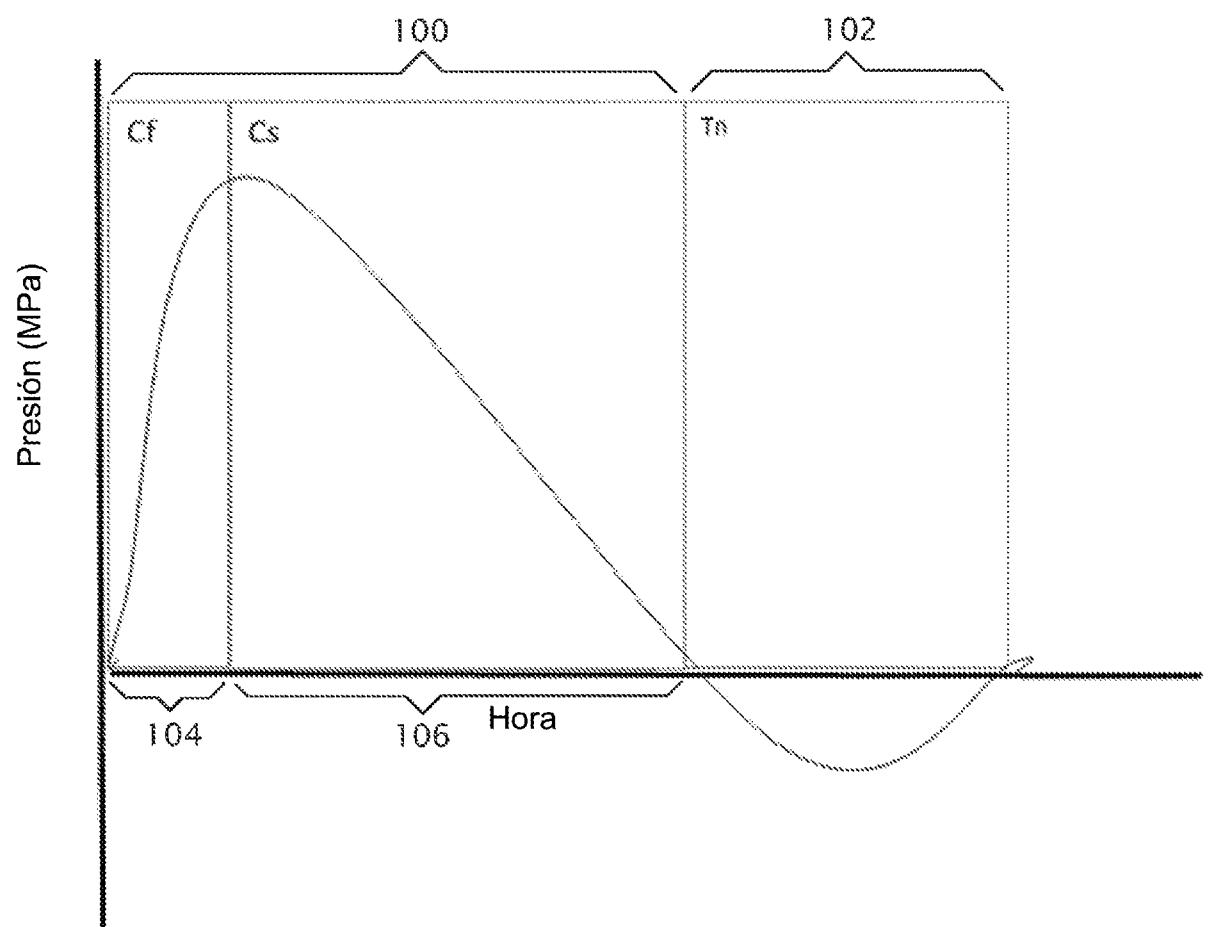


Figura 1

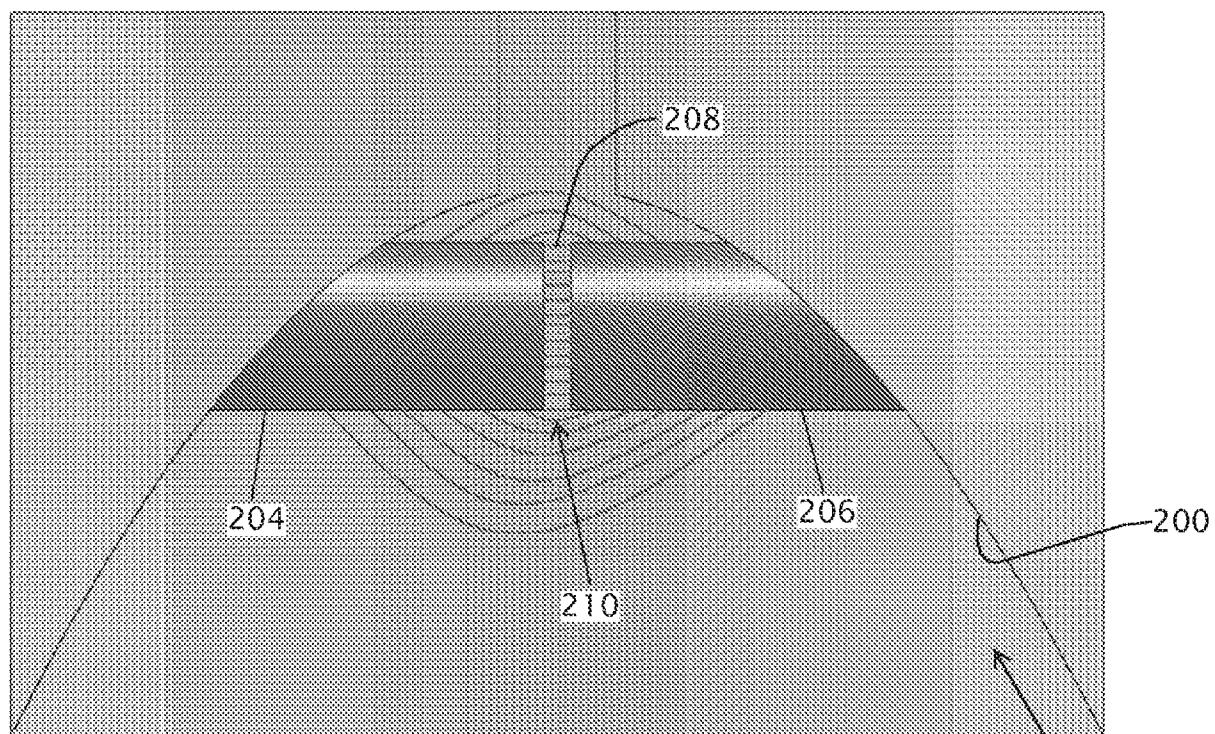


Figura 2A

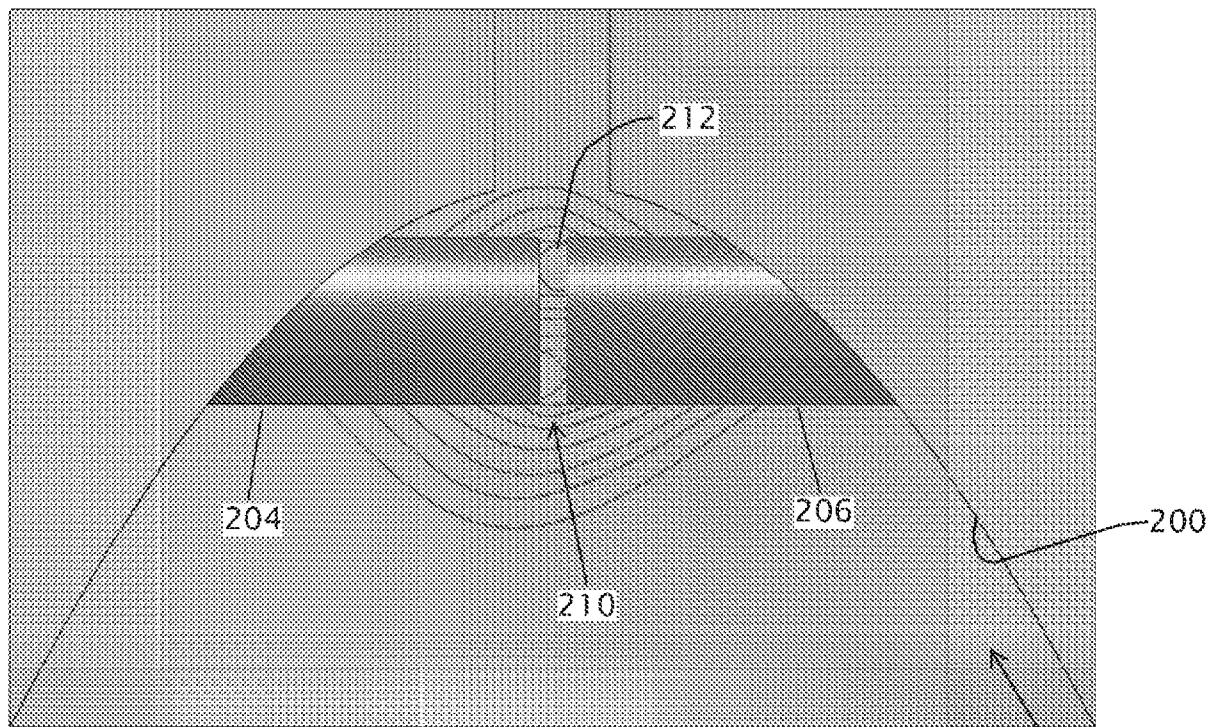


Figura 2B

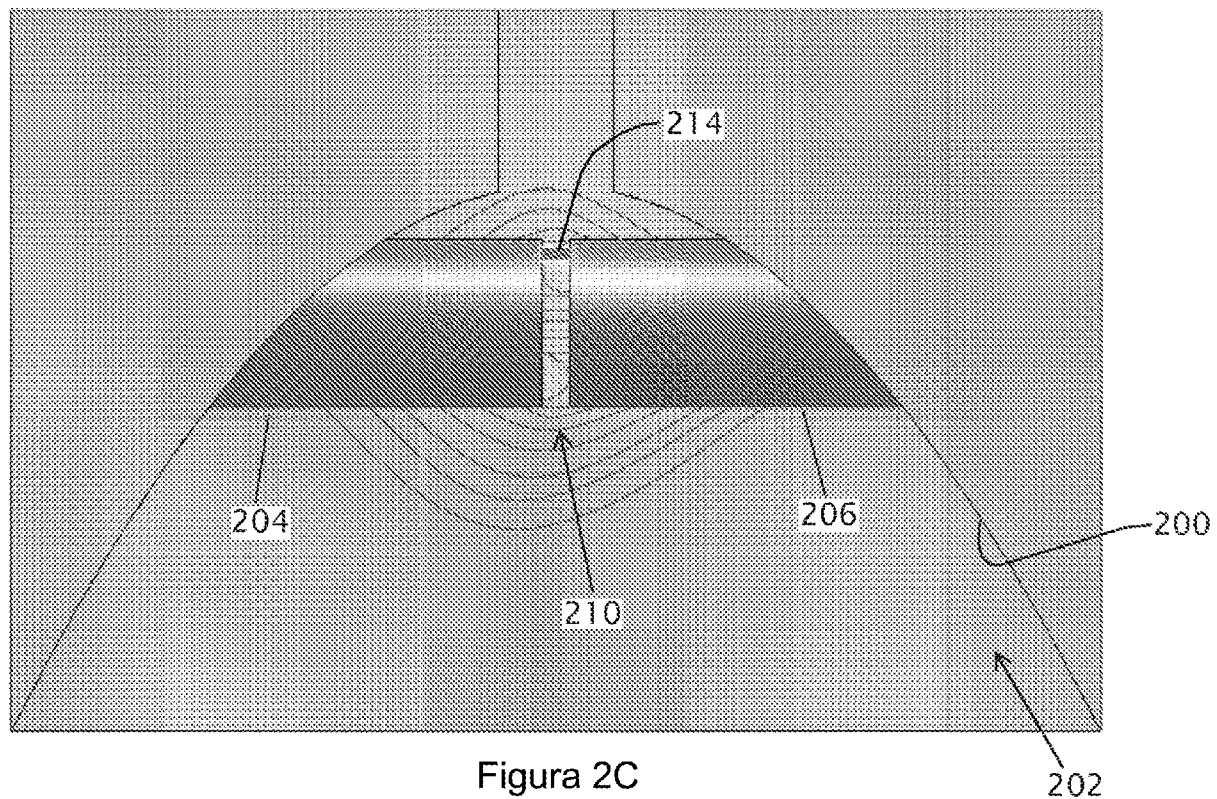


Figura 2C

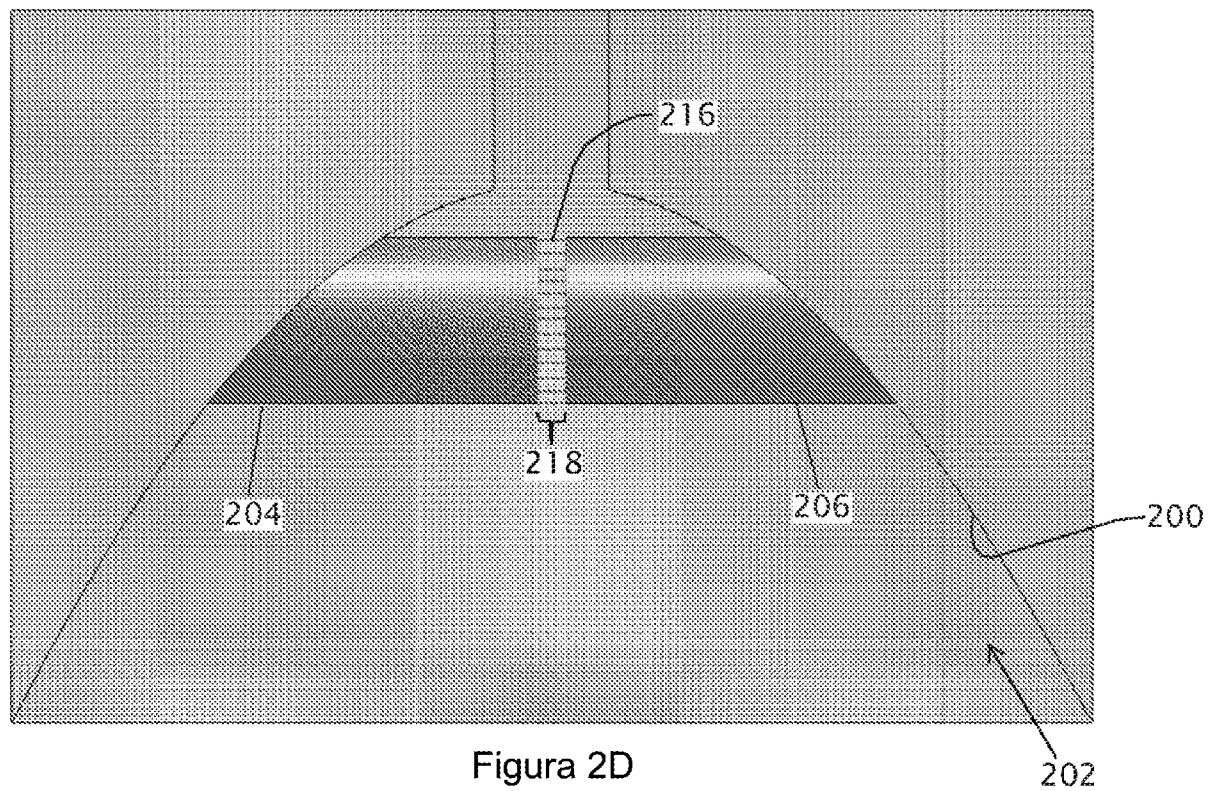


Figura 2D

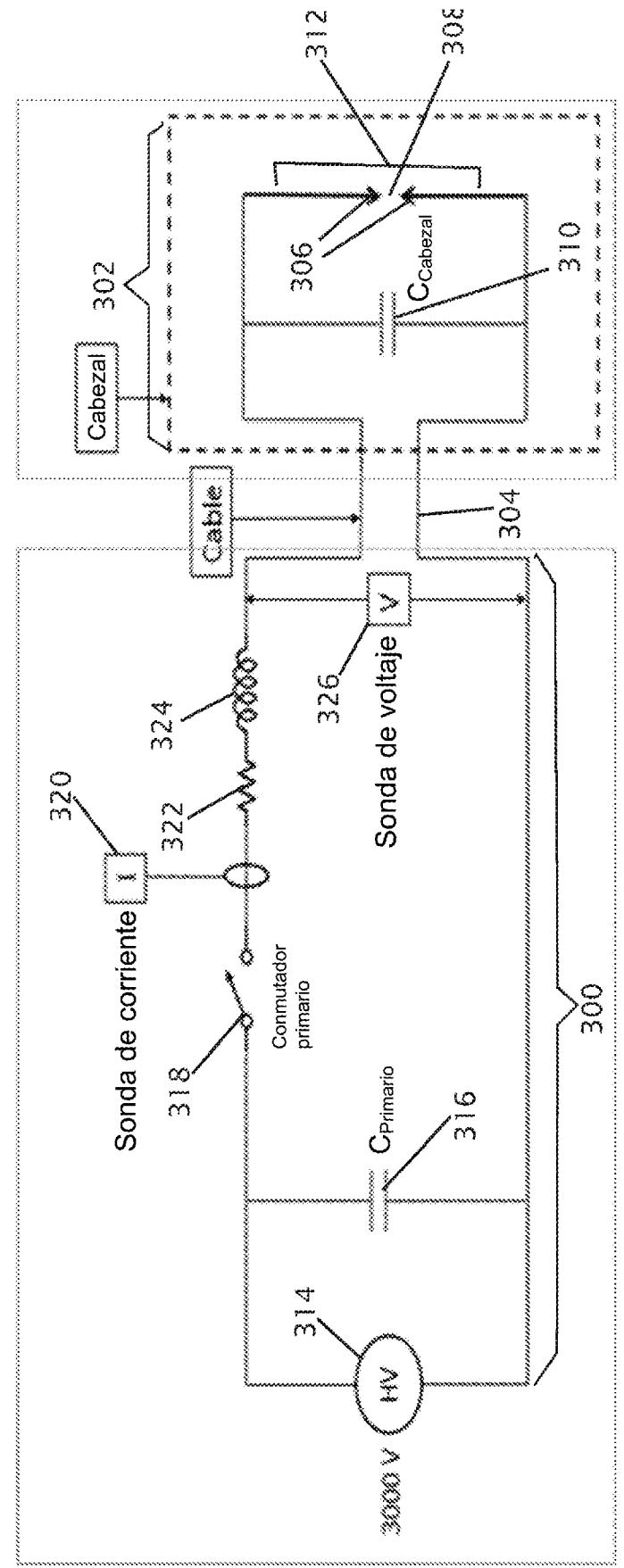


Figura 3

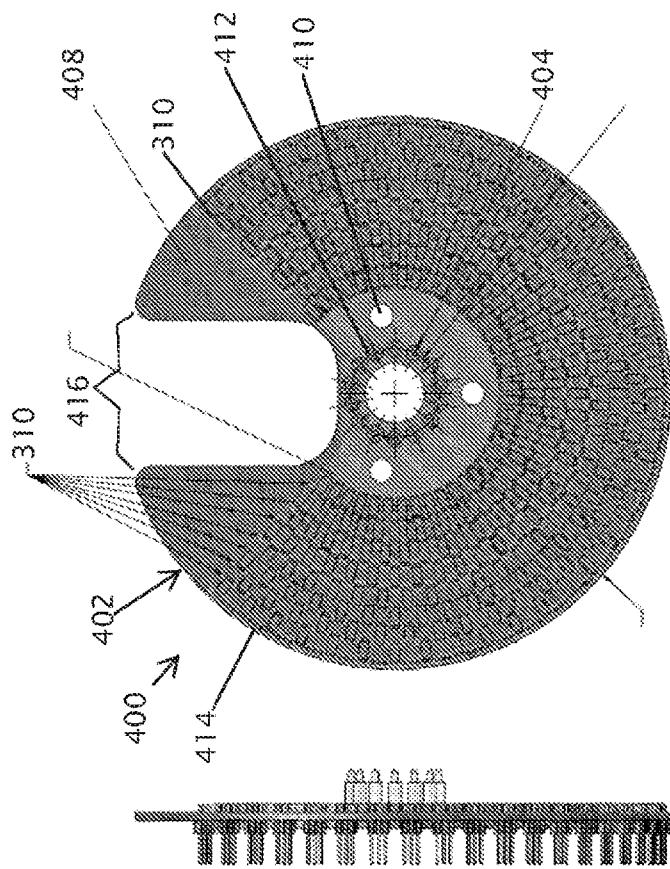


Figura 4D

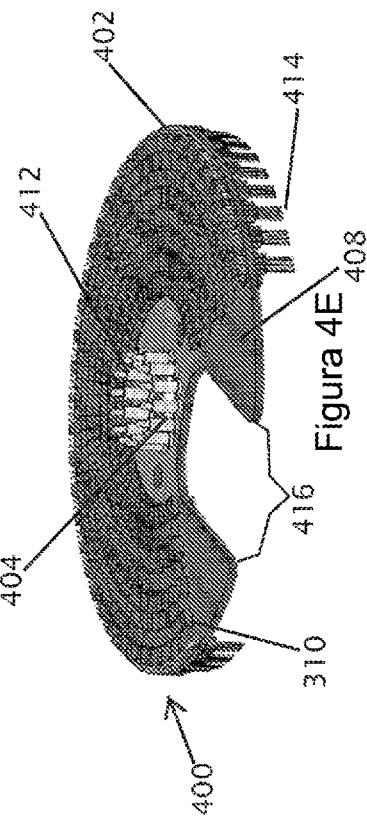


Figura 4C

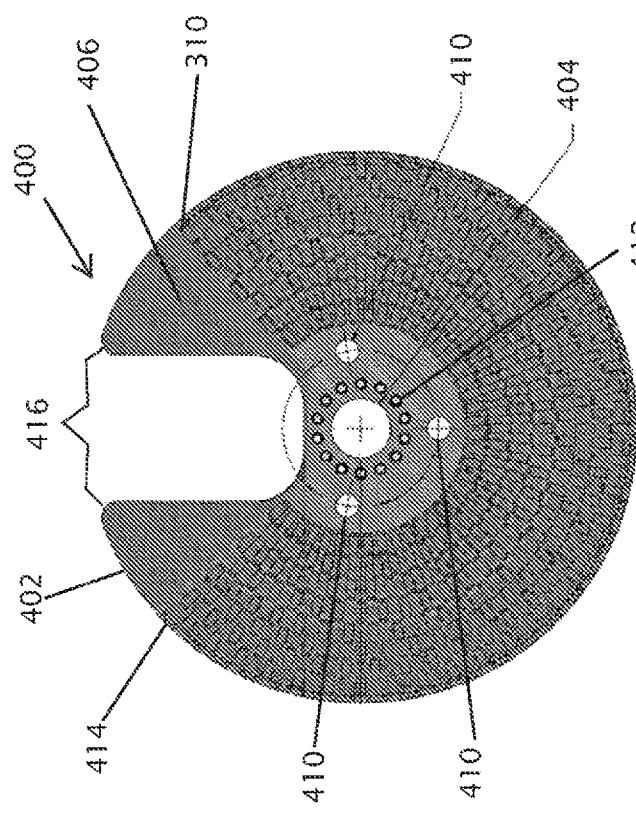
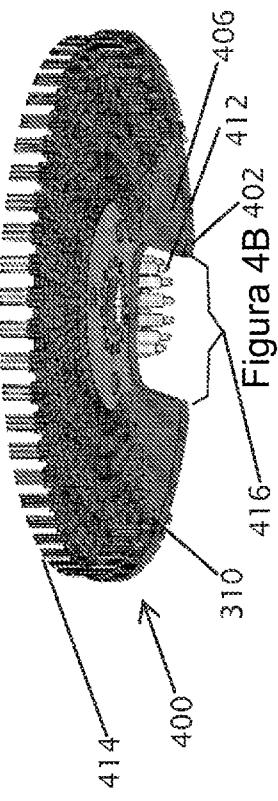
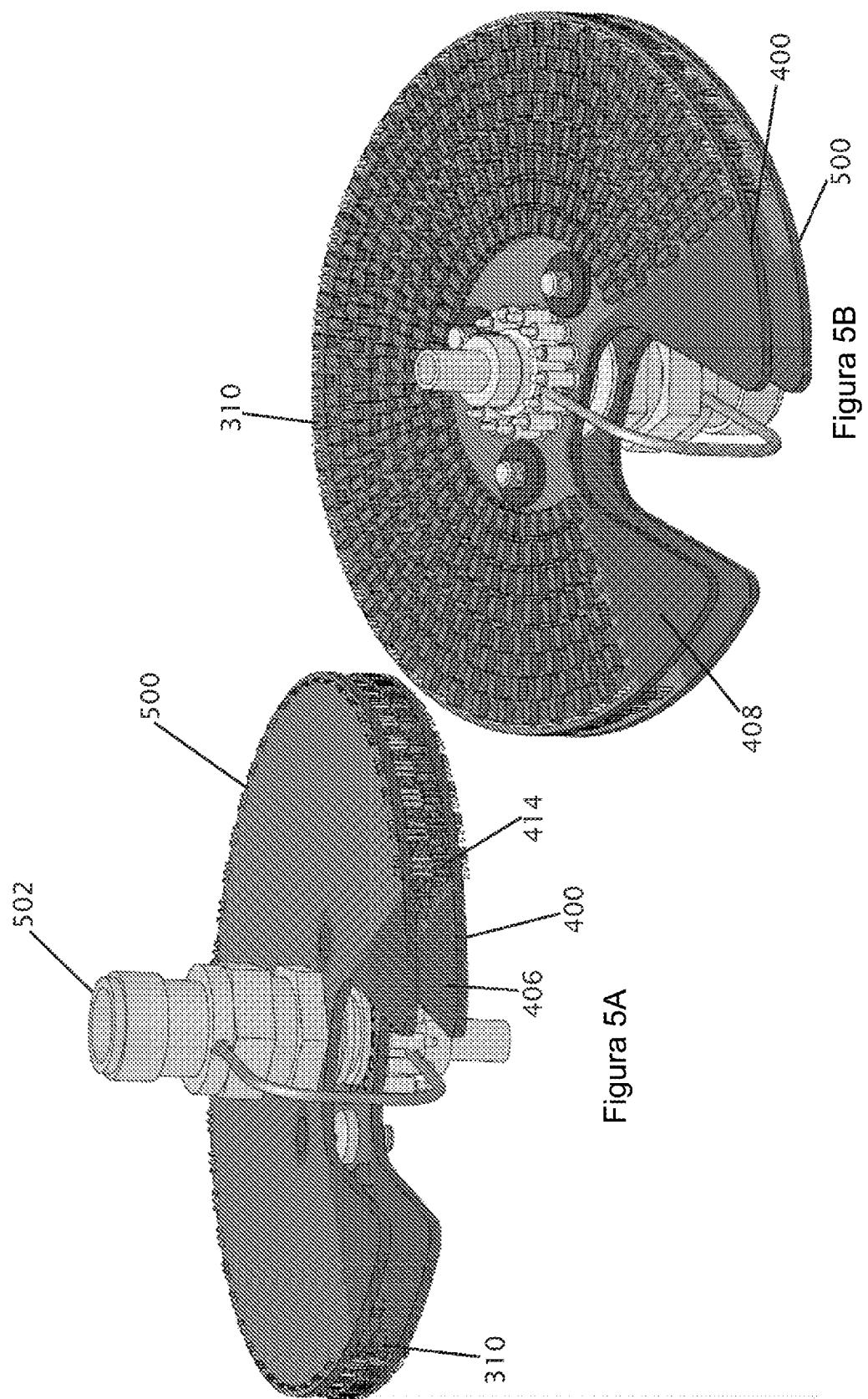


Figura 4A





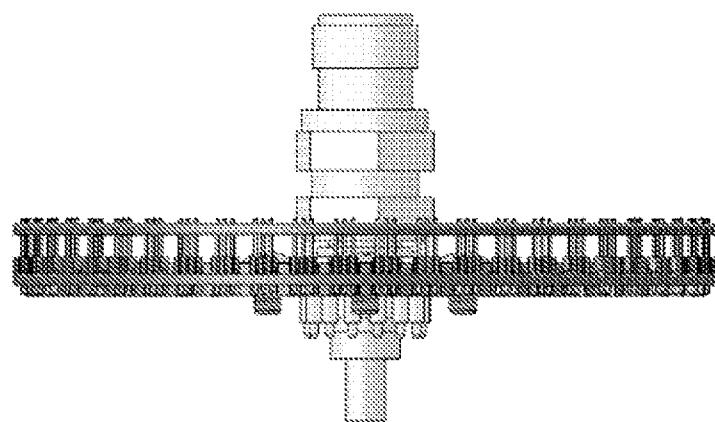


Figura 5E

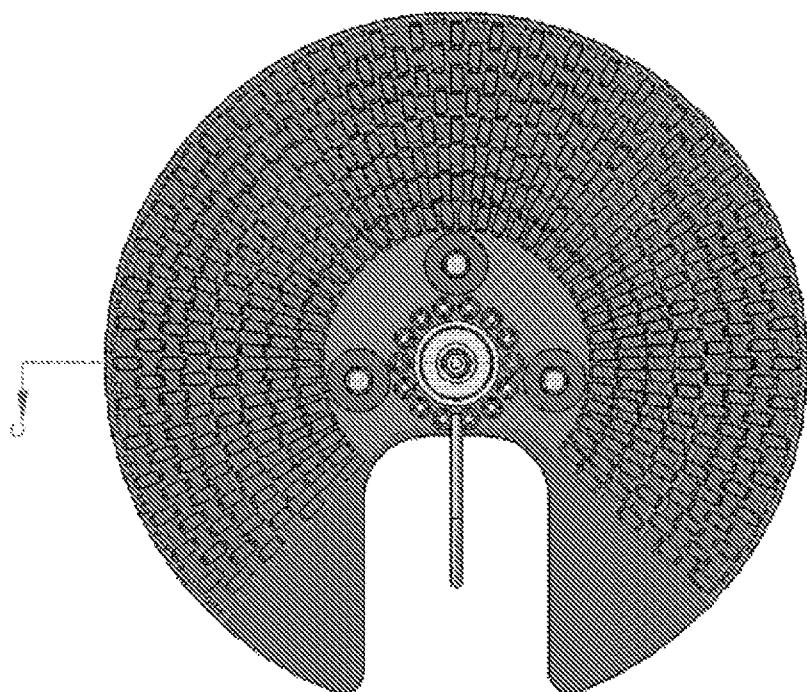


Figura 5D

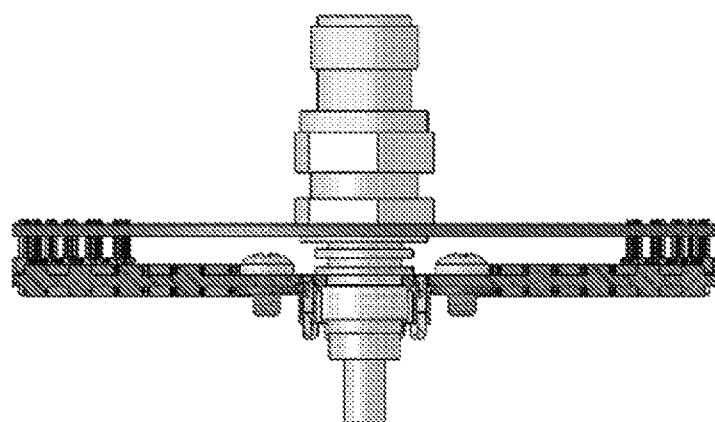


Figura 5C

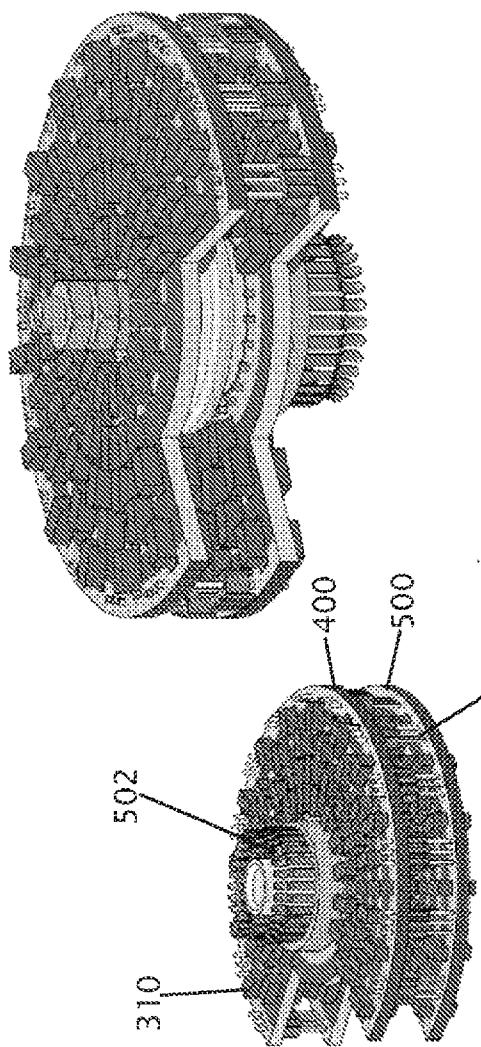


Figura 6A

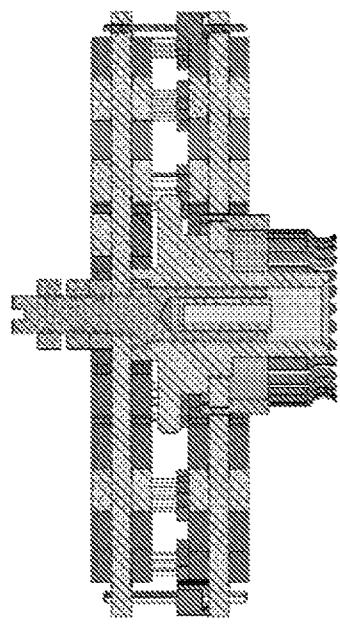


Figura 6B

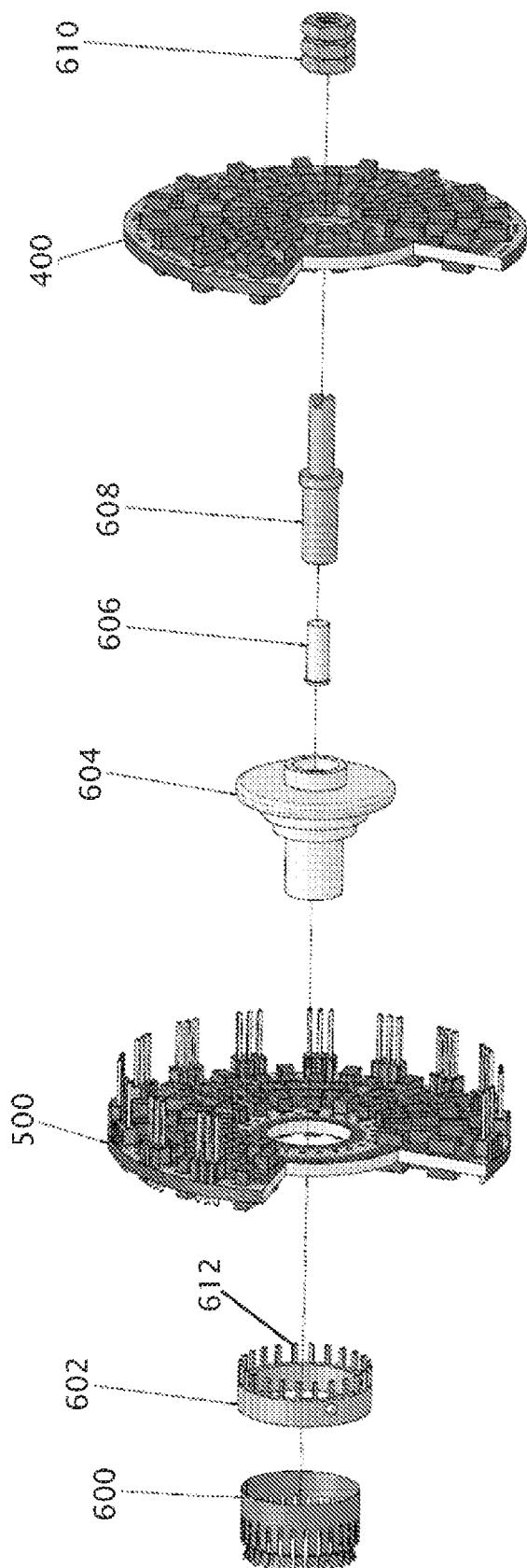


Figura 6C

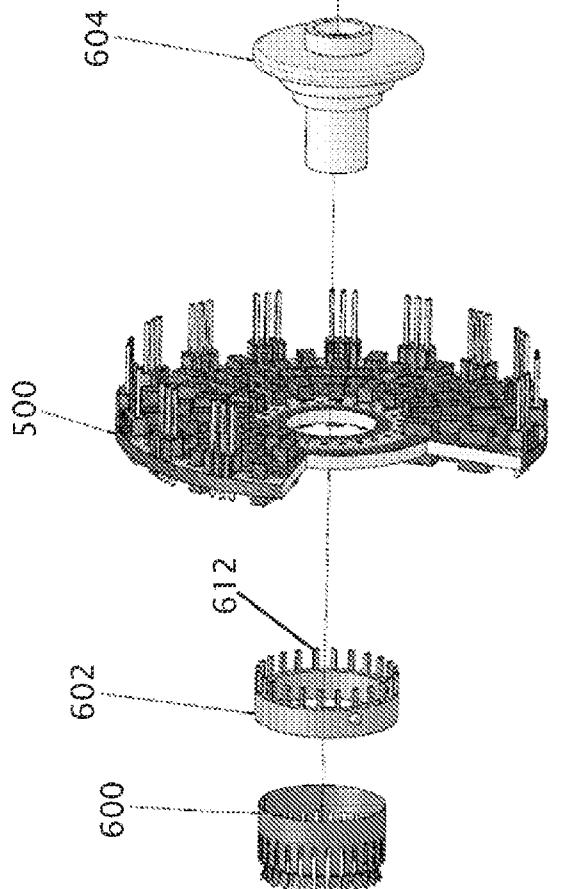


Figura 6D

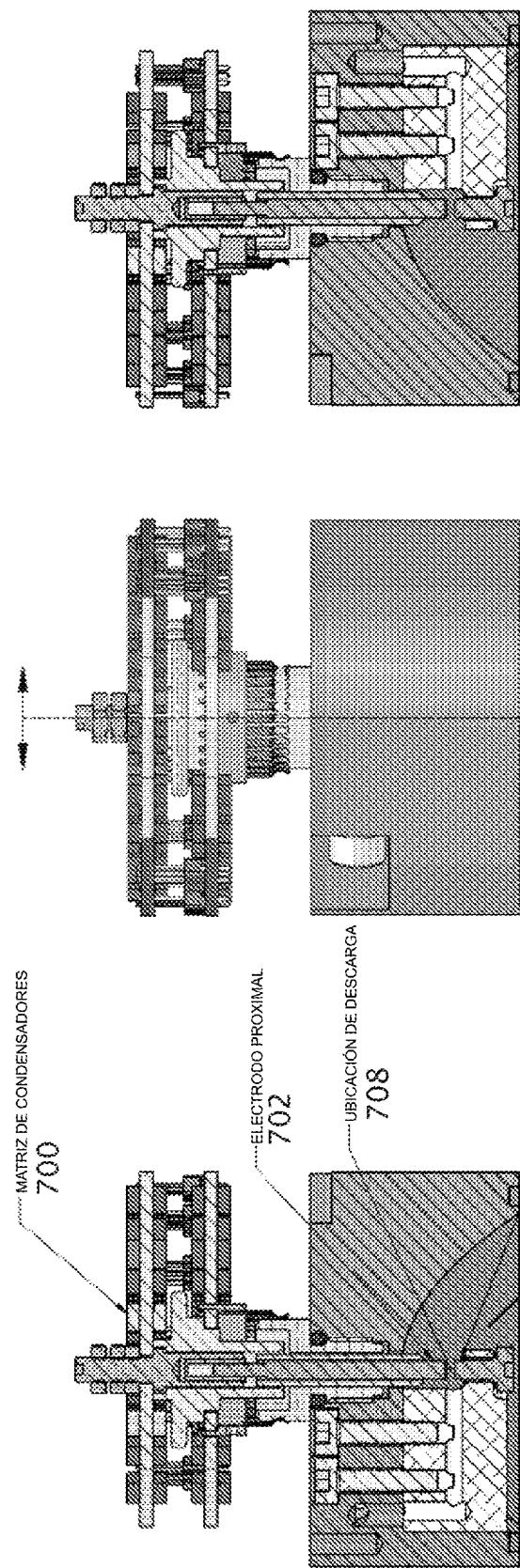


Figura 7A

Figura 7B

Figura 7C

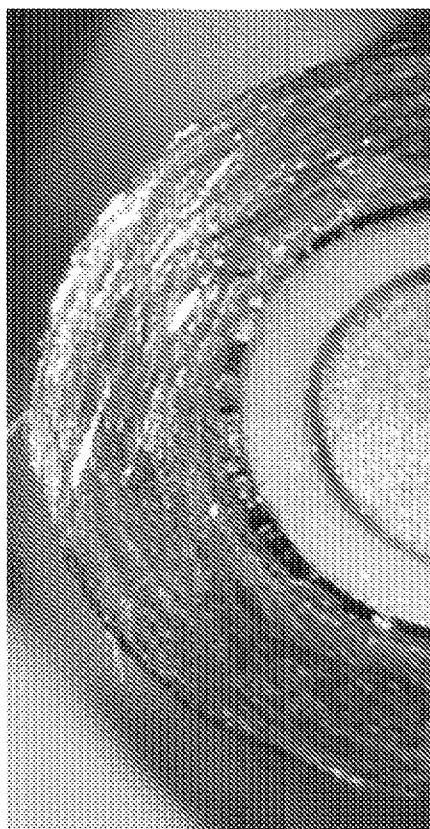


Figura 8B

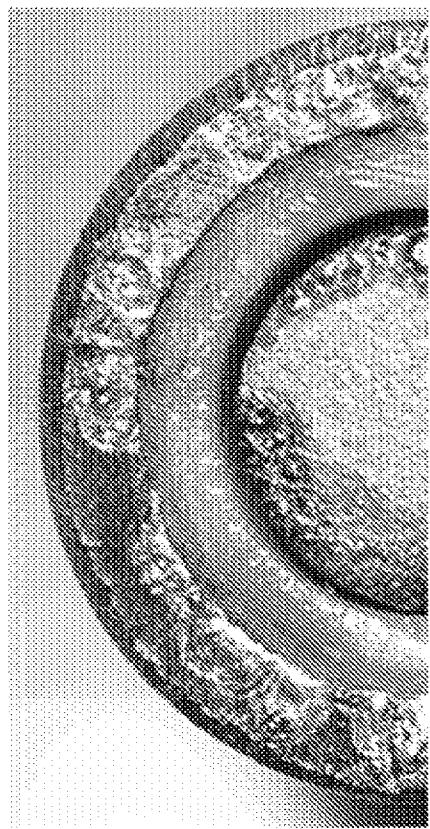
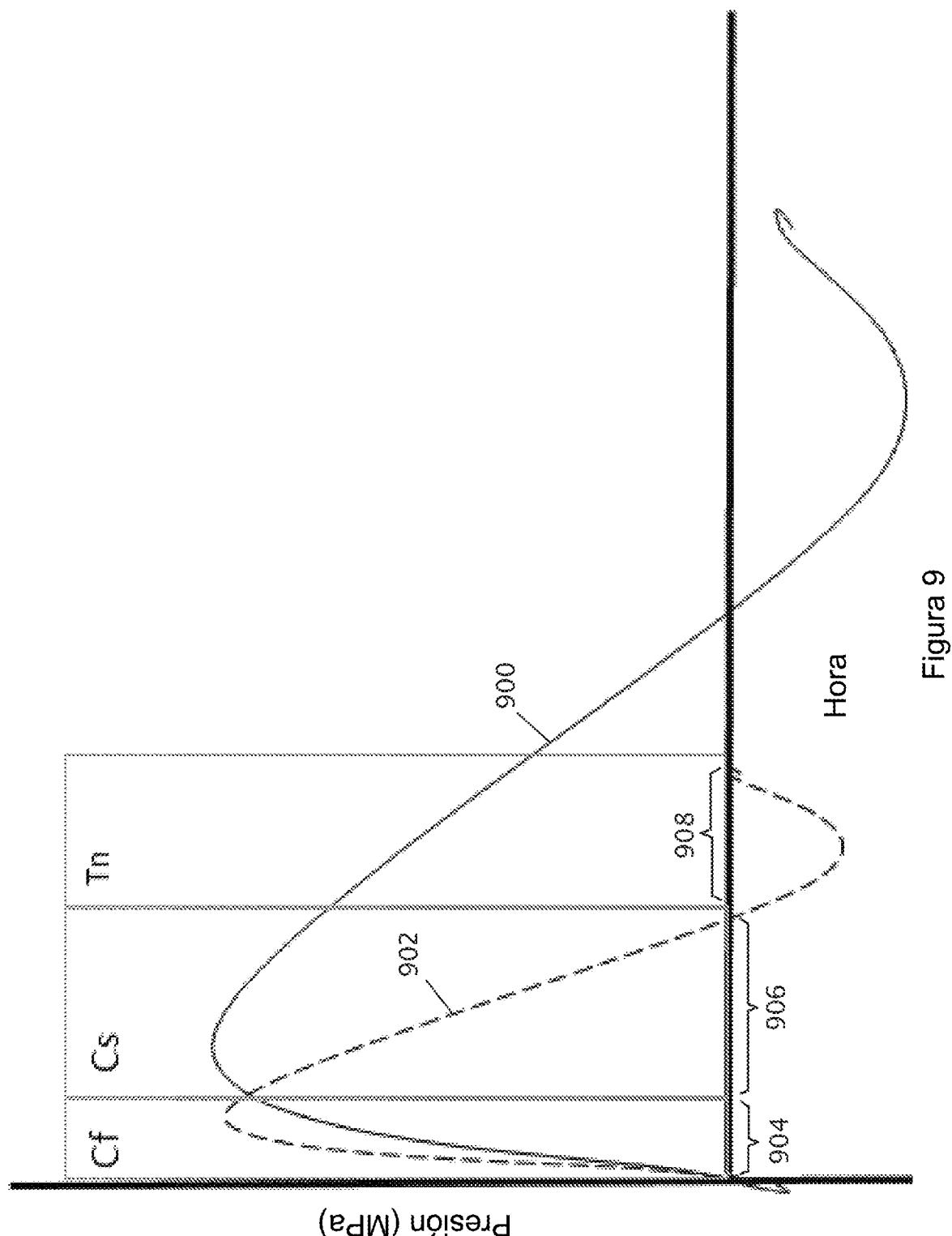


Figura 8A



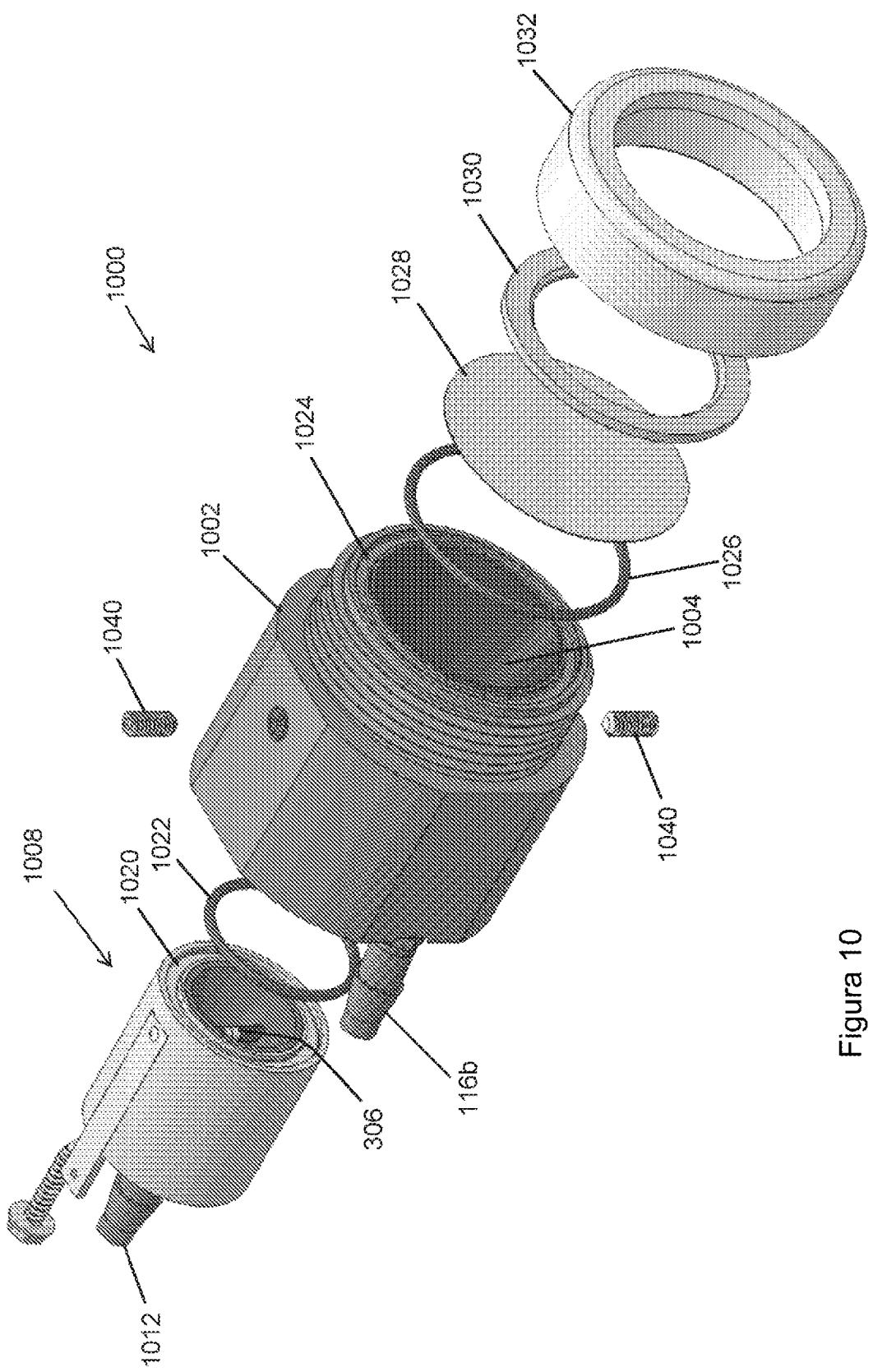


Figura 10

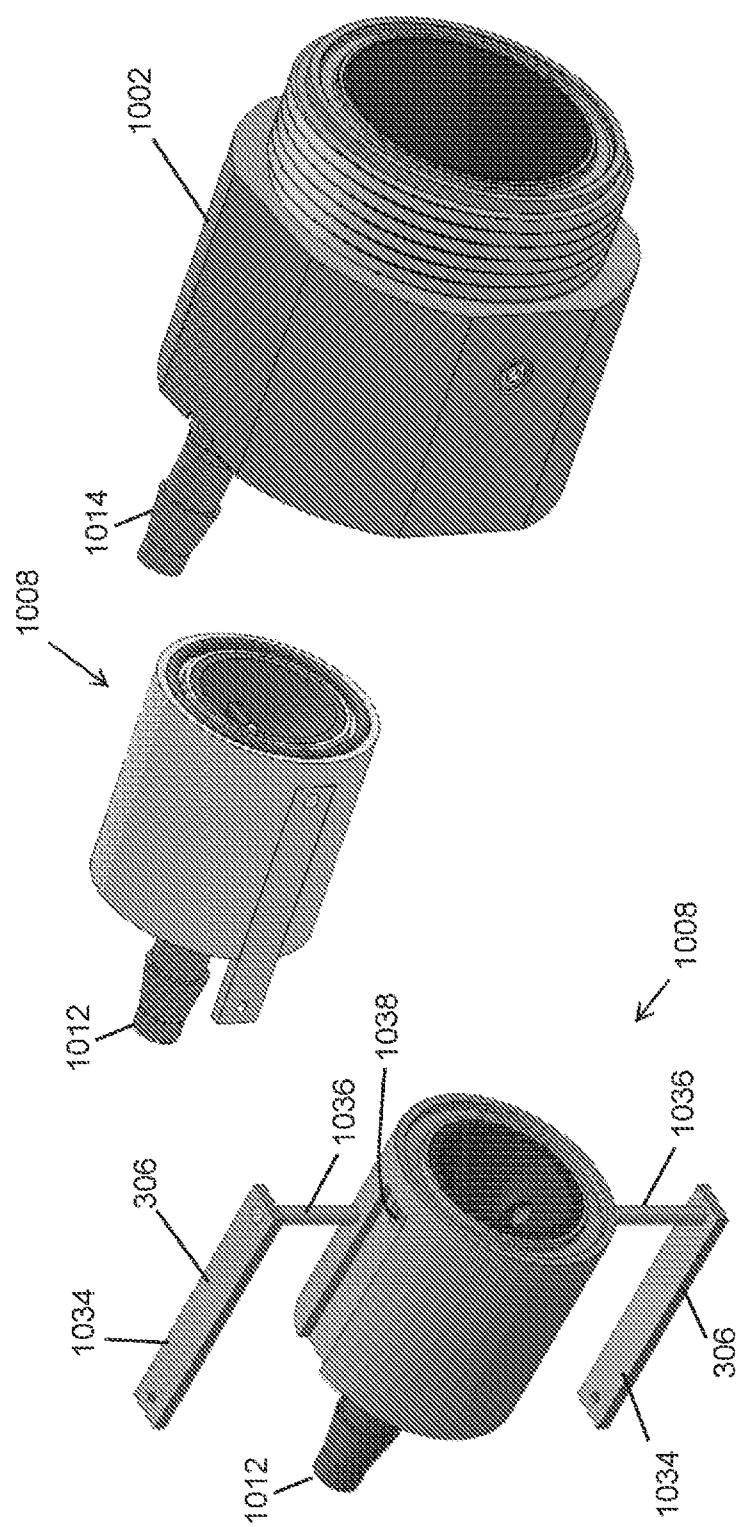


Figura 11A

Figura 11B

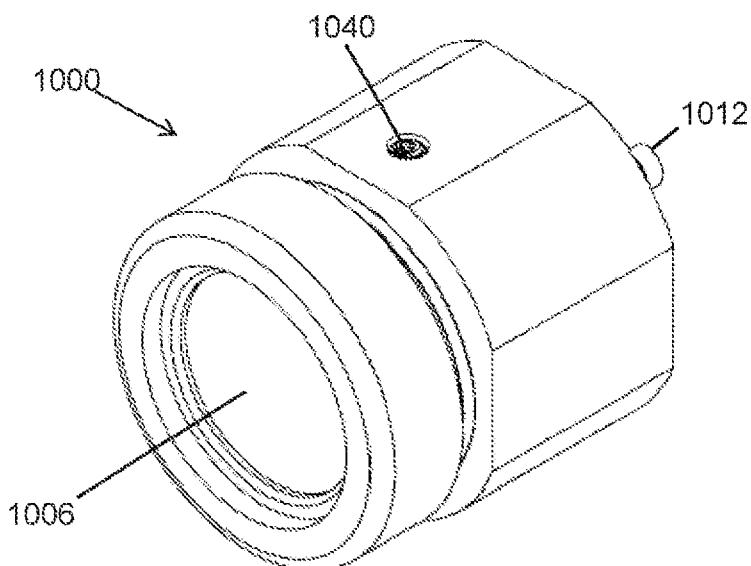


Figura 12A

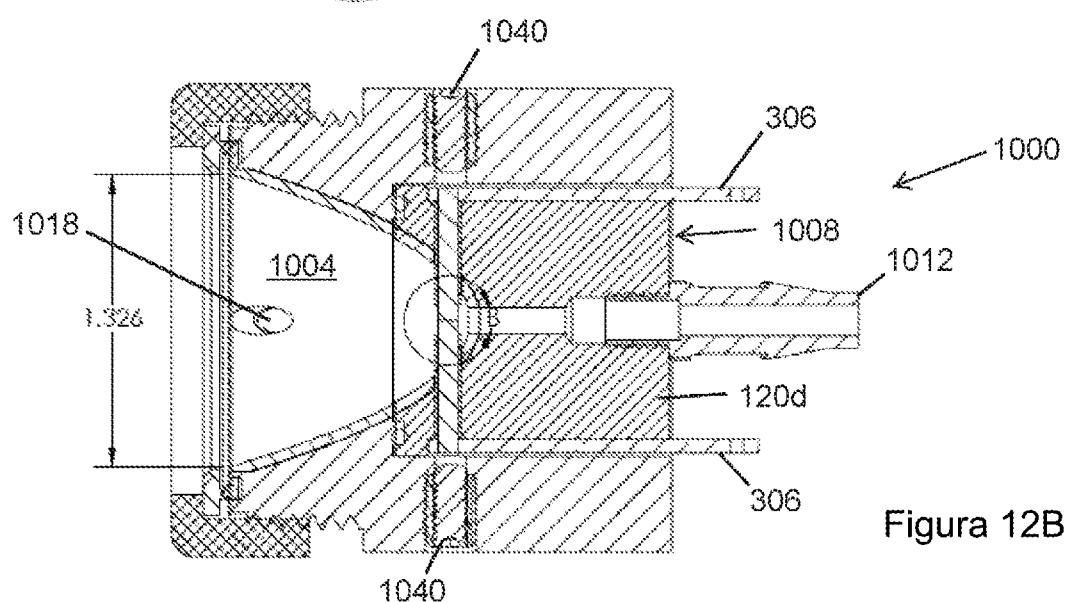


Figura 12B

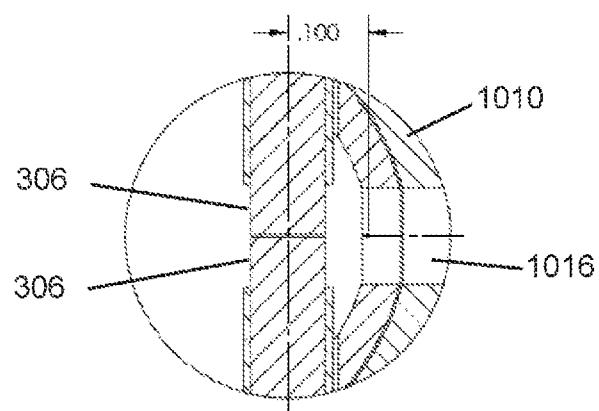


Figura 12C