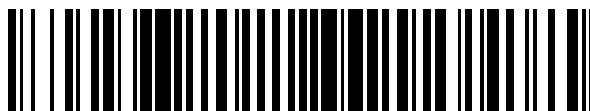


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 502 896**

51 Int. Cl.:

H05H 1/24 (2006.01)

A61N 1/06 (2006.01)

H05H 1/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.04.2008** **E 08746627 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.06.2014** **EP 2145514**

54 Título: **Dispositivo de plasma frío armónico y métodos asociados**

30 Prioridad:

23.04.2007 US 913369 P
27.02.2008 US 38159

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
06.10.2014

73 Titular/es:

COLD PLASMA MEDICAL TECHNOLOGIES, INC.
(100.0%)
618 WOOD HOLLOW COURT
APOPKA, FL 32712, US

72 Inventor/es:

WATSON, GREGORY A.

74 Agente/Representante:

RIZZO, Sergio

ES 2 502 896 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

Dispositivo de plasma frío armónico y métodos asociados

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Campo de la invención

- 5 [0001] La presente invención hace referencia a dispositivos y métodos para la creación de plasmas fríos y, más concretamente, a dispositivos de mano y a métodos para su empleo.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 [0002] Se sabe que existen en la naturaleza plasmas calientes a presión atmosférica. De entre ellos cabe destacar el rayo, que constituye un ejemplo de plasma (caliente) de arco de corriente continua. Hasta la fecha se han conseguido aplicaciones de plasma de arco a través de varios procesos de fabricación: por ejemplo, para su uso en recubrimientos para superficies. En la técnica son también conocidos los procesos de plasma frío a presión atmosférica. Es sabido que en la mayoría de los procesos de plasma frío a presión baja se hace uso de electrodos positivos a negativos en diferentes configuraciones, que liberan electrones libres en un medio de gas noble.

- 15 [0003] Los dispositivos que utilizan una configuración de electrodo positivo a negativo para formar un plasma frío a partir de gases nobles (helio, argón, etc.) exhiben con frecuencia una degradación del electrodo, así como dificultades de sobrecalentamiento originadas por la operación continua del dispositivo. Se hace difícil obtener unas condiciones del proceso que permitan la presencia de una población densa de electrones de plasma frío sin resultar en degradación del electrodo y/o sobrecalentamiento.

- 20 [0004] En WO 2005/084569 A1 se describe un conjunto desechable constituido por un instrumento de mano para el tratamiento de tejidos de plasma de gas, el cual presenta un tubo dieléctrico resistente al calor que se aloja en la carcasa frontal instrumental. La carcasa presenta un elemento de enganche que permite la unión desmontable del conjunto al cuerpo del instrumento de mano. Este último contiene electrodos internos y externos que, al fijarse el conjunto desechable al cuerpo de la pieza de mano, se suceden respectivamente dentro y fuera del tubo dieléctrico.

- 25 [0005] Por lo tanto, sería beneficioso proporcionar un dispositivo que produzca un plasma frío que supere las dificultades presentadas por los dispositivos anteriores conocidos.

RESUMEN DE LA INVENCION

- [0006] Los diferentes aspectos de la invención vienen definidos por las reivindicaciones 1 y 13.

- 30 [0007] El dispositivo de la presente invención proporciona la transmisión de plasma frío a presión atmosférica dentro de una unidad de mano sin hacer uso de una configuración de electrodo negativo. El dispositivo es capaz de descargar plasma frío a 18,3 - 20,5 °C (65-69 °F) en aire ambiente de forma simultánea con diferentes longitudes de onda de RF y sus armónicos.

- 35 [0008] El dispositivo comprende una red de sintonización de RF conectada a una fuente de alimentación de baja tensión, a su vez conectada a una serie de bobinas de alto voltaje y condensadores que se hayan conectados en red para producir una señal de RF dieléctrica de 150 kV. La señal de energía de RF se transfiere al dispositivo de plasma frío a través de un cable protegido que permite la transferencia de energía eléctrica sin ninguna pérdida sustancial de energía de descarga de corona. La señal de energía de RF se transfiere a una carcasa que alberga un espacio interior definido por una pared, y se dispersa a través de un electrodo que comprende una pluralidad de placas posicionadas sustancialmente en paralelo, separadas uniformemente dentro del espacio interior. Las placas de electrodo se apoyan en una varilla de soporte comunicada en señal con una fuente de energía de radiofrecuencia. La varilla se extiende a través de cada una de las placas, manteniendo una distancia entre ellas. El área de la superficie de una placa de aguas arriba es mayor que una superficie de una placa de aguas abajo, y las placas presentan distintos grosores para crear múltiples frecuencias.

- 45 [0009] El gas de helio se puede introducir en el espacio interior aguas arriba de las placas, donde se inicia la separación de electrones. El gas energizado fluye aguas abajo hacia una cámara de compresión magnética, que comprende un primer imán toroidal con una primera alineación posicionada dentro del espacio interior aguas abajo de las placas, así como un segundo imán toroidal con una segunda alineación opuesta a la primera alineación, posicionada dentro del espacio interior aguas abajo del primer imán. Ambos imanes se hallan posicionados de forma sustancialmente paralela y coaxial, y cada uno alberga un orificio central.

[0010] Se sitúa un soporte entre los imanes primero y segundo, el cual incluye una abertura a través del mismo. Fijado a dicho soporte se encuentra una rejilla de inducción en frecuencia armónica con el electrodo. La rejilla comprende un elemento de capacitancia central que puede colocarse en comunicación eléctrica con una fuente de alimentación y con una pluralidad de varillas de metal, cada una con un elemento de capacitancia fijado en los extremos opuestos. Las varillas se disponen aproximadamente de forma simétrica sobre el elemento de capacitancia central, y las dos varillas de metal situadas más al exterior se sitúan en comunicación eléctrica con la fuente de alimentación.

[0011] En el presente dispositivo, el gas que entra en el espacio interior es energizado por el electrodo, se canaliza a través del orificio del primer imán, y entra en contacto con la rejilla para energizar aún más el gas y crear así un plasma frío multifrecuencia. Una red eléctrica de frecuencia equilibrada con capacitancia origina la separación final de electrones, que se invierte magnéticamente dando lugar a su salida de la carcasa a través de un orificio con boquilla.

[0012] Las características de la invención que se refieren a la organización y al método de funcionamiento, así como a otros objetivos y ventajas de la misma, se comprenderán mejor a partir de la siguiente descripción leída en conjunción con el dibujo adjunto. Se entiende expresamente que el dibujo no tiene otra finalidad que la de ilustrar y describir, y no pretende constituir en sí mismo una definición de los límites de la invención. Estos y otros objetivos conseguidos, así como las ventajas proporcionadas por la presente invención, resultarán más evidentes a medida que se lea la descripción que sigue a continuación en conjunción con el dibujo adjunto.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0013]

La FIG. 1 es una vista en perspectiva de una fuente de plasma frío multifrecuencia a presión atmosférica de mano, de acuerdo con la presente invención.

La FIG. 2 es una vista de sección de la fuente de plasma frío multifrecuencia a presión atmosférica de mano de la FIG. 1.

La FIG. 3 es una vista en planta superior de la rejilla de inducción de energía de RF de capacitancia sobre una placa de separación acrílica con puertos de descarga (plasma) cuádruples equilibrados.

La FIG. 4 es el diagrama eléctrico equivalente que conecta la fuente de alimentación y la fuente de sintonización con la fuente de descarga de plasma frío.

La FIG. 5 es una vista de sección de una segunda realización de una fuente de plasma frío de mano.

La FIG. 6 es una vista en planta superior de una rejilla de inducción para el dispositivo de la FIG. 5.

La FIG. 7 es un diagrama de circuito a modo de ejemplo para el dispositivo de la FIG. 5.

La FIG. 8 es un cálculo de la frecuencia de la primera cámara en el dispositivo de plasma.

La FIG. 9 es un cálculo de la frecuencia de la segunda cámara en el dispositivo de plasma.

La FIG. 10 ilustra el flujo de electrones y la orientación en la cámara de compresión de plasma segunda.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERENTES

[0014] A continuación se proporciona una descripción de las realizaciones preferentes de la presente invención con referencia a las Figuras 1-10.

[0015] La presente invención hace referencia a una realización particular de un dispositivo de plasma frío a presión atmosférica de mano 10 (Figuras 1-4), el cual produce plasma frío multifrecuencia 11 sin hacer uso de electrodos de conexión a tierra internos. El plasma frío 11 se origina a partir de la utilización de longitudes de onda de energía de frecuencia múltiple, que son creadas a través de un electrodo 12 que comprende una pluralidad, siete en este caso, de placas cuadradas de latón de diferentes tamaños 13, las cuales presentan un intervalo de espesores de 0,003 a 0,018 cm (0,001 a 0,007 pulgadas), y se disponen de forma sustancialmente paralela con un eje central común. El electrodo 12 se halla situado dentro de un espacio interior 14 de una carcasa 15 con forma de "pistola", si bien ello no pretende ser una limitación, con una parte inferior que comprende un mango dependiente posicionado hacia abajo 16 unido en el extremo superior 17 a una parte superior que comprende un cuerpo de carcasa 18, la cual es sustancialmente cilíndrica en un extremo proximal 19 y se estrecha hacia abajo hasta una boquilla de descarga 20 en un extremo distal 21. En una realización particular, la carcasa 15 presenta un diámetro exterior de 5,7 cm (2,25 pulgadas) y 4,4 cm (1,75 pulgadas) de diámetro interior en una parte central que comprende la cámara primaria 22 y una cámara secundaria 33.

[0016] Las placas 13 se hallan conectadas entre sí en una cámara primaria 22 dentro de la carcasa 15 con una varilla de soporte de latón posicionada de manera sustancialmente central 59 conectada a una fuente de RF para guardar una distancia predeterminada de, por ejemplo, 0,3 cm (0,125 pulgadas) aproximadamente entre las placas 13 con el fin de generar una frecuencia múltiple. El electrodo de frecuencia múltiple 12 está chapado en níquel, plata y oro para inducir una capacitancia de energía antes de liberar una salida de frecuencia múltiple en la cámara primaria 22 con gas helio con el fin de obtener separaciones máximas de electrones. El gas helio se introduce en la

cámara primaria 22 a través de una entrada de gas 23 situada de forma adyacente al extremo proximal 19 de la carcasa 15. La entrada de gas 23 comprende el extremo de un tubo 24 que se extiende a través del mango 16 y termina en una salida de gas 25 adyacente a un extremo inferior 26 del mango 16. El flujo de gas se controla a través de un "disparador" 27, que se halla conectado en relación operativa a una válvula de flujo de gas 28 dentro del tubo 24.

[0017] El gas energizado se canaliza desde la cámara primaria 22 a través de un orificio sustancialmente cilíndrico 29 en un primer imán que comprende un imán permanente al norte 30, y sale a un espacio 31. El campo magnético de una cámara secundaria 33 comprende un campo magnético comprimido creado por un segundo imán que comprende un imán permanente al sur 34, el cual crea un campo magnético de compresión de sur a sur. Dentro de la cámara secundaria 33, en una posición aproximadamente central del campo magnético comprimido, se halla colocada una placa de soporte magnéticamente inerte 35 que comprende, por ejemplo, polimetil metacrilato (acrílico), que a su vez contiene, en un lado proximal, una sistema de rejilla de frecuencia múltiple 36 (FIG. 3) que se activa a través de la inducción.

[0018] En una realización concreta, la placa de soporte acrílica 35 comprende un disco de aproximadamente 0,6 cm (0,25 pulgadas) de espesor.

[0019] La placa de soporte acrílica 35 presenta una pluralidad, en este caso, de cuatro puertos 39, espaciados de forma uniforme y adyacentes a la circunferencia 37. Asimismo, la placa de soporte acrílica 35 lleva fijada una pluralidad, en este caso, de cuatro rejillas de soporte 40, que en este ejemplo de realización se posicionan aproximadamente a 90° entre sí, finalizando cada una en relación espaciada en sus extremos interiores 41 desde un punto central de la placa de soporte 35, y en relación espaciada en su extremos exteriores 42 de la circunferencia del disco 37.

[0020] Los elementos de "trabajo" del sistema de rejilla 36 comprenden una pluralidad, en este caso, de 28 esferas de capacitancia chapadas en níquel, plata y latón bañado en oro 43, fijadas en extremos opuestos 44 de una pluralidad de, en este caso, 14 varillas macizas de níquel, plata, y latón bañado en oro 45. En la presente realización, las varillas 45 presentan cada una dos brazos de prácticamente igual longitud 81 y un codo central de 90° trazada hacia dentro 46. Las varillas 45 se disponen en parejas, de modo que las esferas 43 de una varilla 45 se hallan estrechamente opuestas a las esferas 43 de una varilla compañera 45. Hay en esta realización siete pares de estas características. Cada par adyacente se distribuye de manera que un conjunto opuesto de esferas 43 es adyacente a, al menos, una curva 46 de la varilla 45 más cercana, de manera que, en vista en planta, la rejilla 36 aparece como un conjunto de cuadrados anidados con esquinas interrumpidas alternativamente en las localizaciones de las esferas. Las esferas 43 disminuyen en tamaño de la más externa a la más interna de la esferas 43. En el centro de la rejilla 36 se coloca una esfera central unitaria 47, que es mayor que las esferas 43 a las que está más estrechamente adyacente.

[0021] El sistema de rejilla 36 es alimentado por una potencia de RF 48 que entra en la carcasa 15 adyacente al extremo proximal de la misma 19 a través de un acoplamiento 20. La potencia de alimentación de RF 48 termina en la esfera central 47, y también en los codos más externos de séptimo nivel 46.

[0022] Se cree que este tipo de rejilla de inducción de frecuencia supera en términos de capacitancia a los anillos concéntricos de uso común de capacitancia debido a que contiene dos veces el número de esperas de capacitancia eléctrica para retener y liberar las señales de energía de RF, y puede producir una salida de onda de frecuencia múltiple. La rejilla 36 se ha estructurado en armonía de frecuencia con un electrodo de frecuencia múltiple 12 situado dentro de la cámara primaria 22, que trabajan conjuntamente para crear armónicos de frecuencia múltiple. Conforme el gas energizado entra en contacto con la rejilla 36, se van energizando más electrones. Este gas altamente energizado se dirige a través de los puertos cuádruples 39 hacia la placa acrílica 35. A medida que el gas energizado viaja a través de los puertos cuádruples 39, la orientación de electrones se invierte 180° en los campos magnéticos de compresión de sur a sur para establecer un mayor valor de energía cinética de 15 VDC, y se dirige a través de una alineación de campo magnético de sur a norte para ser descargado desde la cámara secundaria 33. El gas energizado es forzado a salir a través de una boquilla 20 de 12,7cm (5 pulgadas).

[0023] El dispositivo 10 de la presente invención puede producir un plasma frío a presión atmosférica sin el uso de electrodos negativos internos, lo cual permite que el dispositivo funcione durante períodos prolongados de tiempo sin sobrecalentamiento. Un dispositivo de doble cámara con una configuración de electrodo de frecuencia múltiple positiva permite la producción de una población de electrones con el fin de alcanzar una población densa de electrones de plasma denso (frío) a baja temperatura.

[0024] En una realización alternativa 60 de la invención (Figuras 5-7), una pluralidad, en este caso, de 7 placas 61 comprenden discos de latón niquelado no aislados con diámetros decrecientes desde el extremo proximal al extremo distal de la pila. Las placas 61 se hallan posicionadas dentro de una primera cámara 62, a su vez dentro de una carcasa 63. El plasma frío generado 64 pasa al interior de una segunda cámara 80 que contiene un primer imán al norte 65, un sistema de anillo armónico 66, y un segundo imán al sur 67 antes de salir al exterior por el orificio 68.

- 5 **[0025]** En esta realización 60, el resonador comprende un resonador de anillo concéntrico que incluye una placa de soporte acrílica 69 rodeada por una pared de tubo acrílico de 0,6 cm (0,25 pulgadas) 77. Cuatro orificios de salida 70 se hallan posicionados alrededor de la periferia 71 de la placa de soporte 69, y un soporte de anillo 72 se extiende a través de la placa de soporte 69 generalmente a través del centro de la misma. En este caso, una pluralidad de seis anillos parciales de latón concéntricos 73 se colocan en la placa de soporte 69, cada uno de los cuales presenta una esfera de latón niquelado 74 fijada a los extremos 75 de los mismos que se hallan estrechamente opuestos. Los anillos 73 se colocan de manera que los extremos de cada anillo adyacente 75 se hallan 180° opuestos entre sí. Asimismo, se coloca una esfera unitaria central 76 en la placa de soporte 69. Una entrada de radiofrecuencia 48 se suministra a la esfera central 76 y al anillo más exterior 73.
- 10 **[0026]** Las Figuras 8 y 9 constituyen cálculos de frecuencia de las cámaras primera 62 y segunda 80 en el dispositivo de plasma 60. Para la FIG. 8, la frecuencia nº 1 = 12 V en 2 microsegundos = 500 kHz; Frecuencia nº 2 = 3 a 9 V a 1,5 a 2 microsegundos = 750-500 kHz. La tensión estática dieléctrica = 150 kV. Para la fig. 9, la frecuencia nº 1 = 15 V en 2 microsegundos = 500 kHz; frecuencia nº 2 = 0 a 13 V en 1,5 a 2 microsegundos = 750-500 kHz. La tensión estática dieléctrica = 150 kV. En la segunda cámara 80 hay un aumento en la energía de 3 V CC en los
- 15 puertos cuádruples de plasma 70. Hay un aumento de energía a medida que la rotación del espín electrónico se cambia en 180° en los puertos 70 del campo magnético comprimido, lo cual permite un aumento de energía cinética para el flujo de plasma, como se ilustra esquemáticamente en la Figura 10.
- 20 **[0027]** En la descripción anterior, se han utilizado ciertos términos por razones de brevedad, claridad y comprensión. No obstante, no deberá extraerse limitaciones innecesarias de estos términos más allá de los requerimientos de la técnica anterior, debido a que tales palabras se utilizan en este documento para fines de descripción y están destinadas a ser ampliamente interpretadas. Además, las realizaciones del dispositivo ilustrado y descrito en el presente documento se ofrecen a modo de ejemplo, y el alcance de la invención no se limita a los detalles exactos de construcción y uso.
- [0028]** El alcance de la invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo (10, 60) para producir un plasma frío multifrecuencia (11, 64) que comprende:

una carcasa (15, 63) que alberga un espacio interior (14, 62);
 un electrodo (12) que comprende una pluralidad de placas (13, 61) colocadas en forma sustancialmente paralela y de manera espaciada dentro del espacio interior (14, 62), una superficie de una placa aguas arriba con un área de superficie mayor que el área de superficie de una placa aguas abajo;
 una varilla de soporte (59, 72) en comunicación de señal con una fuente de energía de radiofrecuencia, disponiéndose dicha varilla (59, 72) extendida a través de cada una de las placas de electrodo (13, 61) y guardando una distancia entre ellas;
 los medios (23) para introducir gas de helio en el espacio interior (14, 62) aguas arriba de las placas;
 un primer imán toroidal (30, 65) que presenta una primera alineación posicionada dentro del espacio interior (14, 62) aguas abajo de las placas (13, 61);
 un segundo imán toroidal (34, 67) que presenta una segunda alineación, opuesta a la primera alineación, posicionada dentro del espacio interior (14, 62) aguas abajo del primer imán (30, 65), situándose tanto el primer como el segundo imán (30, 34, 65, 67) de forma sustancialmente paralela y coaxial, cada uno con un orificio central; y
 una placa de soporte (35, 69) situada entre los imanes primero y segundo (30, 34, 65, 67), de forma espaciada con relación a estos, albergando dicha placa de soporte (35, 69) una abertura;
 una rejilla de inducción (36) fijada a la placa de soporte (35, 69), en la que al menos una frecuencia resonante fundamental o armónica asociada a la rejilla (36) es idéntica a, al menos, una frecuencia resonante fundamental o armónica asociada al electrodo (12). Tal rejilla (36) comprende:

un elemento central de capacitancia (47, 76), el cual puede colocarse en comunicación eléctrica con una fuente de alimentación (48); y
 una pluralidad de varillas de metal (45, 73), cada una con un elemento exterior de capacitancia (43, 74) fijada en los extremos opuestos (44, 75), disponiéndose dichas varillas (45, 73) de forma aproximadamente simétrica sobre el elemento de capacitancia central (47, 76) a distancias radiales crecientes desde una varilla más interna a una varilla de metal más externa, situándose dicha varilla de metal más externa en comunicación eléctrica con la fuente de alimentación (48),
 por donde el gas entra en el espacio interior (14, 62) y es energizado por el electrodo (12), se canaliza a través del orificio del primer imán, y entra en contacto con la rejilla (36) a través de la abertura de la placa de soporte para energizar aún más el gas, creando un plasma frío multifrecuencia que se canaliza hacia el exterior de la carcasa (15, 63) por medio del orificio del segundo imán en comunicación fluidica con un orificio (20) adyacente a un extremo aguas abajo de la carcasa (15, 63).

2. El dispositivo descrito en la reivindicación 1, en el cual las placas de electrodo (13, 61) se hallan recubiertas con capas de una pluralidad de metales que presentan una estructura atómica escalonada.

3. El dispositivo de la reivindicación 2, en el cual la pluralidad de metales comprende níquel, plata y oro.

4. El dispositivo descrito en la reivindicación 1, en el cual la carcasa (15, 63) incluye una parte superior (18) que presenta una forma sustancialmente cilíndrica y una parte inferior que comprende un mango que cuelga hacia abajo (16) y un gatillo (27) movable fijado al mismo, el medio por el que se introduce el gas helio (23), que comprende un tubo (24) accionable a través del mango (16) y una válvula de flujo de gas (28) en una relación de control con respecto al flujo de gas a través del tubo (24), siendo dicha válvula de flujo de gas (28) controlable a través el gatillo (27).

5. El dispositivo descrito en la reivindicación 1, en el cual la varilla de soporte (59, 72) está compuesta de latón.

6. El dispositivo descrito en la reivindicación 1, en el cual la placa de soporte (35, 69) está compuesta de un material magnéticamente inerte.

7. El dispositivo descrito en la reivindicación 6, en el cual la placa de soporte (35, 69) está compuesta de un material de polimetacrilato de metilo.

8. El dispositivo descrito en la reivindicación 1, en el cual los elementos de capacitancia central y exterior (43, 47, 74, 76) comprenden unas esferas recubiertas de metal de latón.

9. El dispositivo descrito en la reivindicación 8, en el cual el recubrimiento de metal comprende níquel, plata y oro.

- 10.** El dispositivo descrito en la reivindicación 8, en el cual las esferas de capacitancia exteriores (43, 74) presentan diámetros cada vez mayores a medida que aumenta la distancia radial desde la esfera de capacitancia central (47, 76), conteniendo dicha esfera de capacitancia central (47, 76) un diámetro mayor que una esfera de capacitancia exterior más estrechamente adyacente a la misma.
- 5 **11.** El dispositivo descrito en la reivindicación 10, en el que cada varilla (45) comprende dos brazos sustancialmente idénticos en longitud (81), formando un ángulo recto entre ellos frente a la esfera de capacitancia central (47). Tales varillas (45) se disponen en parejas de manera que la esfera de capacitancia exterior (43) de la primera varilla de la pareja se encuentra estrechamente opuesta a la esfera de capacitancia exterior (43) de la segunda varilla de la pareja. Asimismo, la varilla más externa comprende un par de varillas más exteriores.
- 10 **12.** El dispositivo descrito en la reivindicación 10, en el cual cada varilla (73) comprende una pluralidad de anillos parciales concéntricos con un hueco entre los extremos opuestos, situándose las esferas de capacitancia exteriores de cada uno de tales anillos parciales concéntricos (74) de manera estrechamente opuesta.
- 13.** Un método para producir un plasma frío multifrecuencia (11, 64), que comprende:
- 15 la inyección de gas de helio en un electrodo (12), que comprende una pluralidad de placas de electrodo (13, 61) posicionadas de forma sustancialmente paralela, separadas entre sí, siendo el área de superficie de una placa de electrodo aguas arriba mayor que el área de superficie de una placa de electrodo aguas abajo. Tales placas de electrodo (13, 61) se apoyan en una barra de soporte (59, 72), la varilla (59, 72) a su vez se extiende a través de cada una de las placas de electrodo (13, 61) y, manteniendo una distancia entre ellas, el electrodo (12) se utiliza para energizar el gas de helio;
- 20 el suministro de energía de radiofrecuencia a la varilla (59, 72);
la canalización del gas de helio energizado a través de un orificio de un primer imán toroidal (30, 65) que presenta una primera alineación;
la canalización del gas de helio energizado que emerge del orificio del primer imán sobre una rejilla de inducción (36), en el que al menos una frecuencia resonante fundamental o armónica asociada a dicha rejilla (36) es idéntica a, al menos, una frecuencia resonante fundamental o armónica asociada al electrodo (12), comprendiendo dicha rejilla:
- 25 un elemento de capacitancia central (47, 76); y
una pluralidad de varillas de metal (45, 73), cada una con un elemento de capacitancia exterior (43, 74) fijada en los extremos opuestos (44, 75), situándose las varillas (45, 73) dispuestas de forma aproximadamente simétrica con respecto al elemento de capacitancia central (47, 76) a distancias radiales crecientes desde una varilla más interna a una varilla más externa;
- 30 el suministro de energía al elemento de capacitancia central (47, 76) y al elemento de capacitancia exterior (43, 74) fijado a la varilla más externa para energizar aún más el gas helio y crear así un plasma frío multifrecuencia (11, 64); y
- 35 la canalización del plasma frío multifrecuencia (11, 64) a través de un orificio de un segundo imán toroidal (34, 67), que presenta una segunda alineación opuesta a la primera alineación.

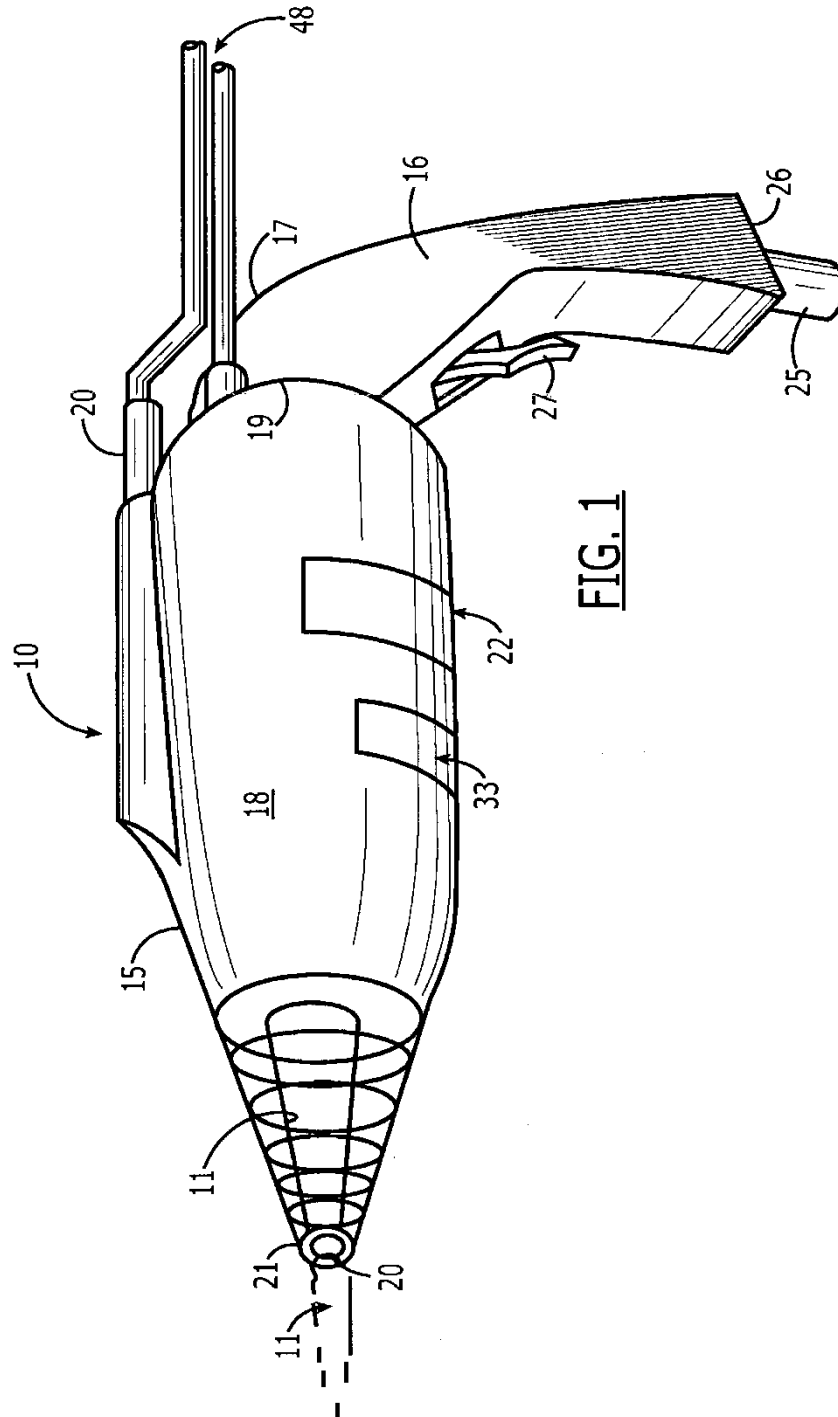
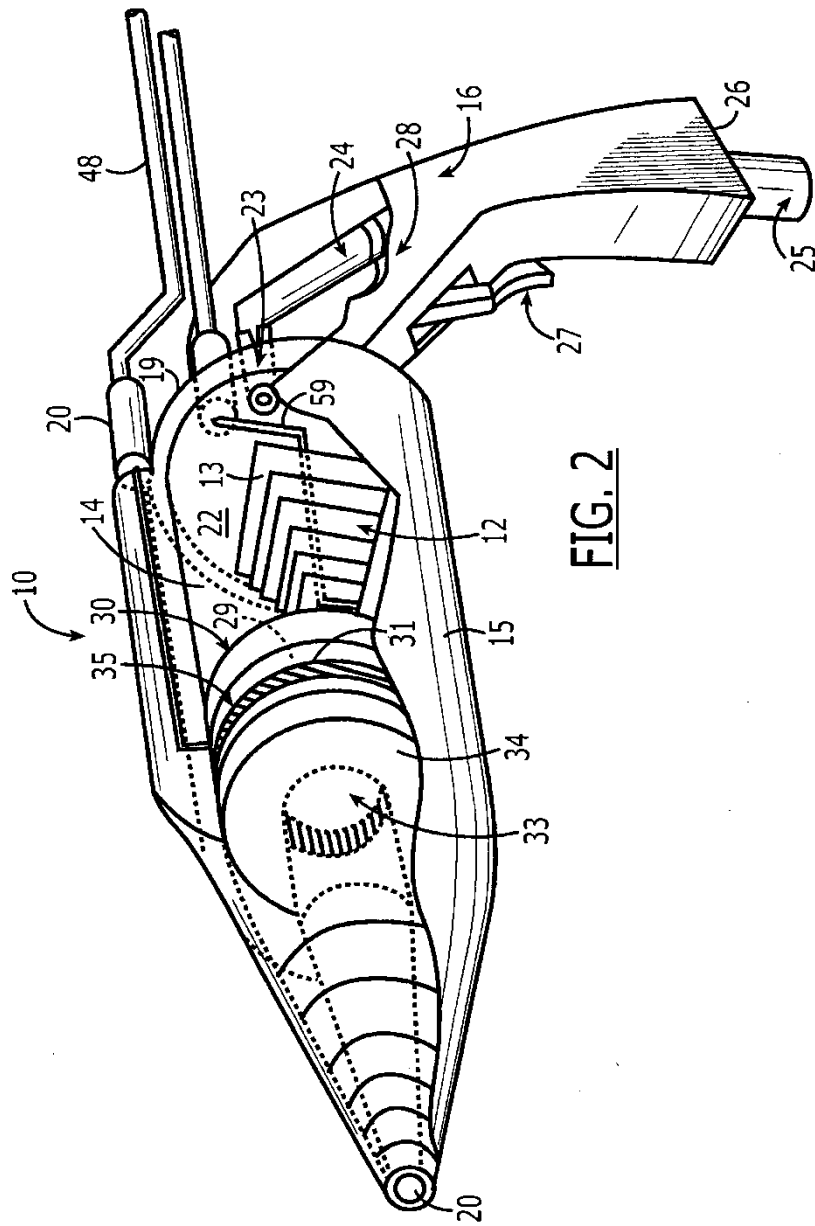


FIG. 1



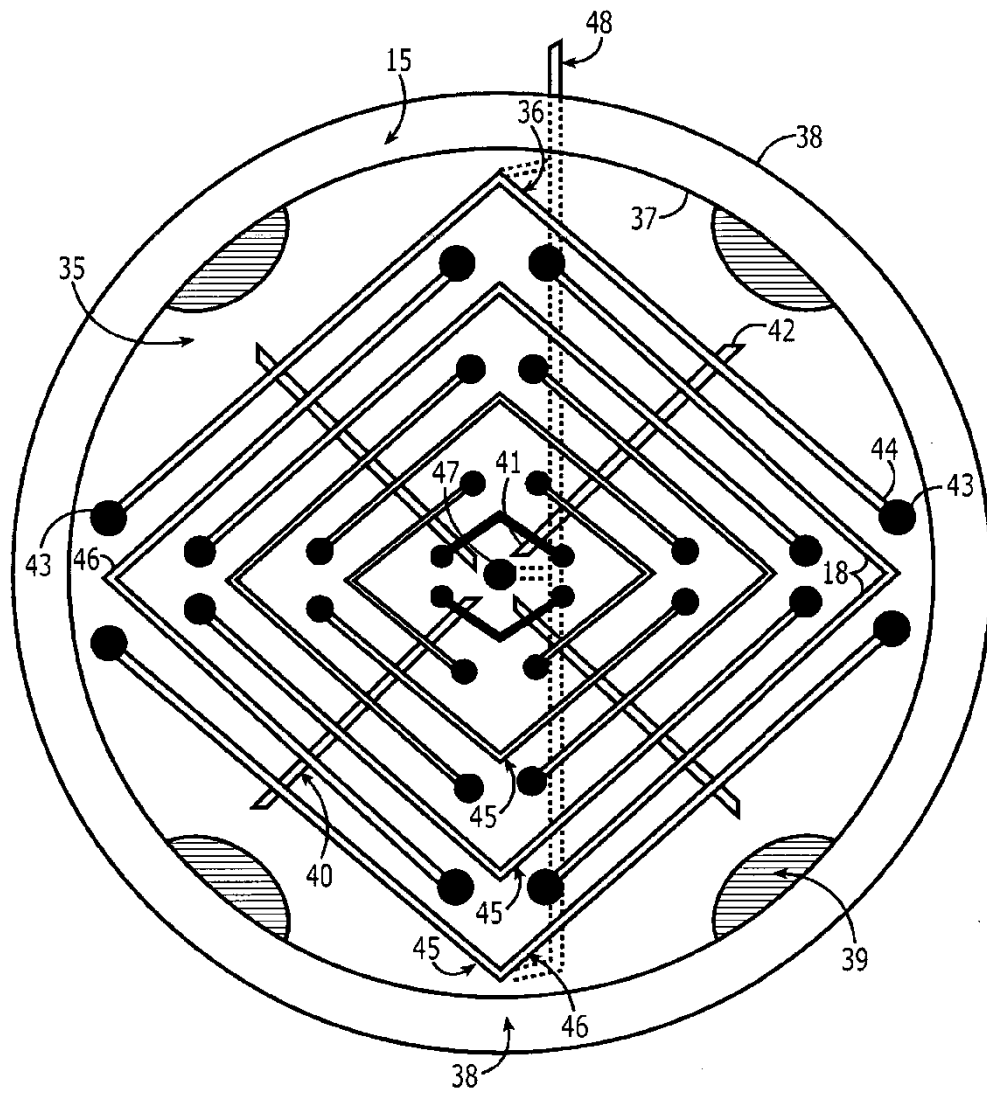
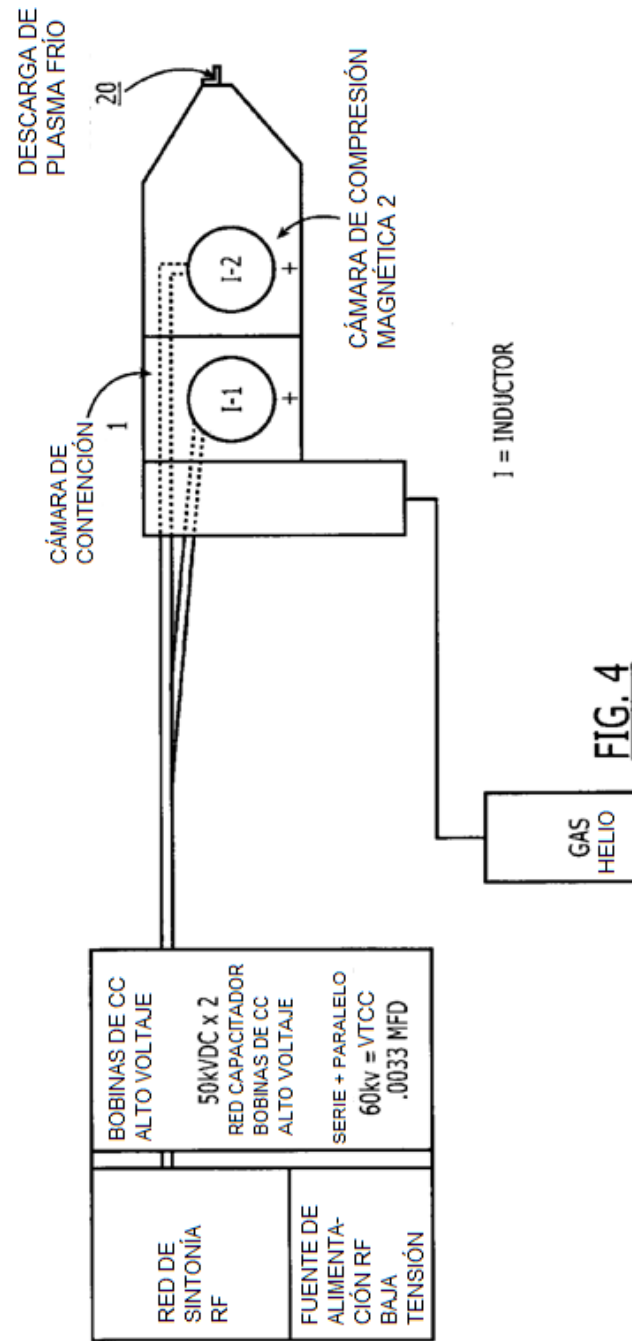
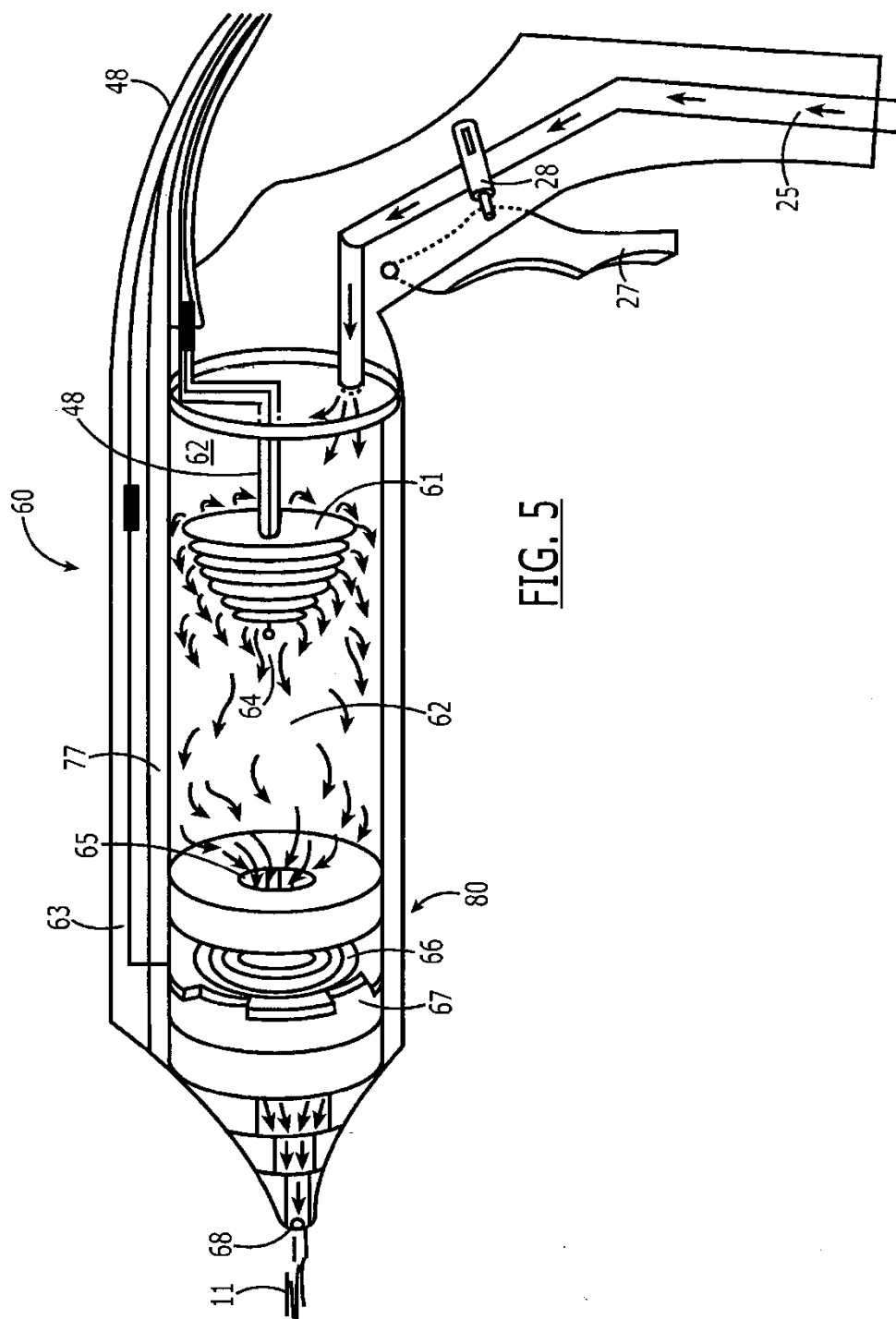


FIG. 3





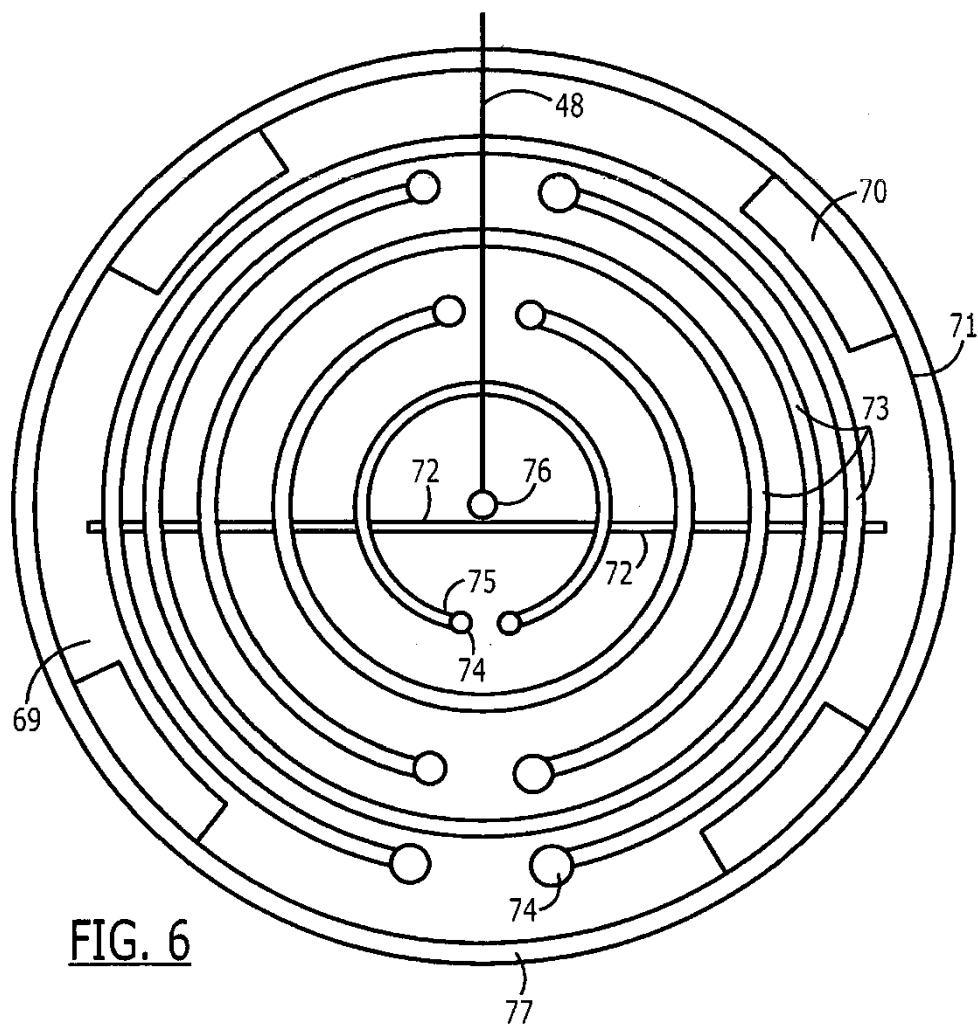


FIG. 6

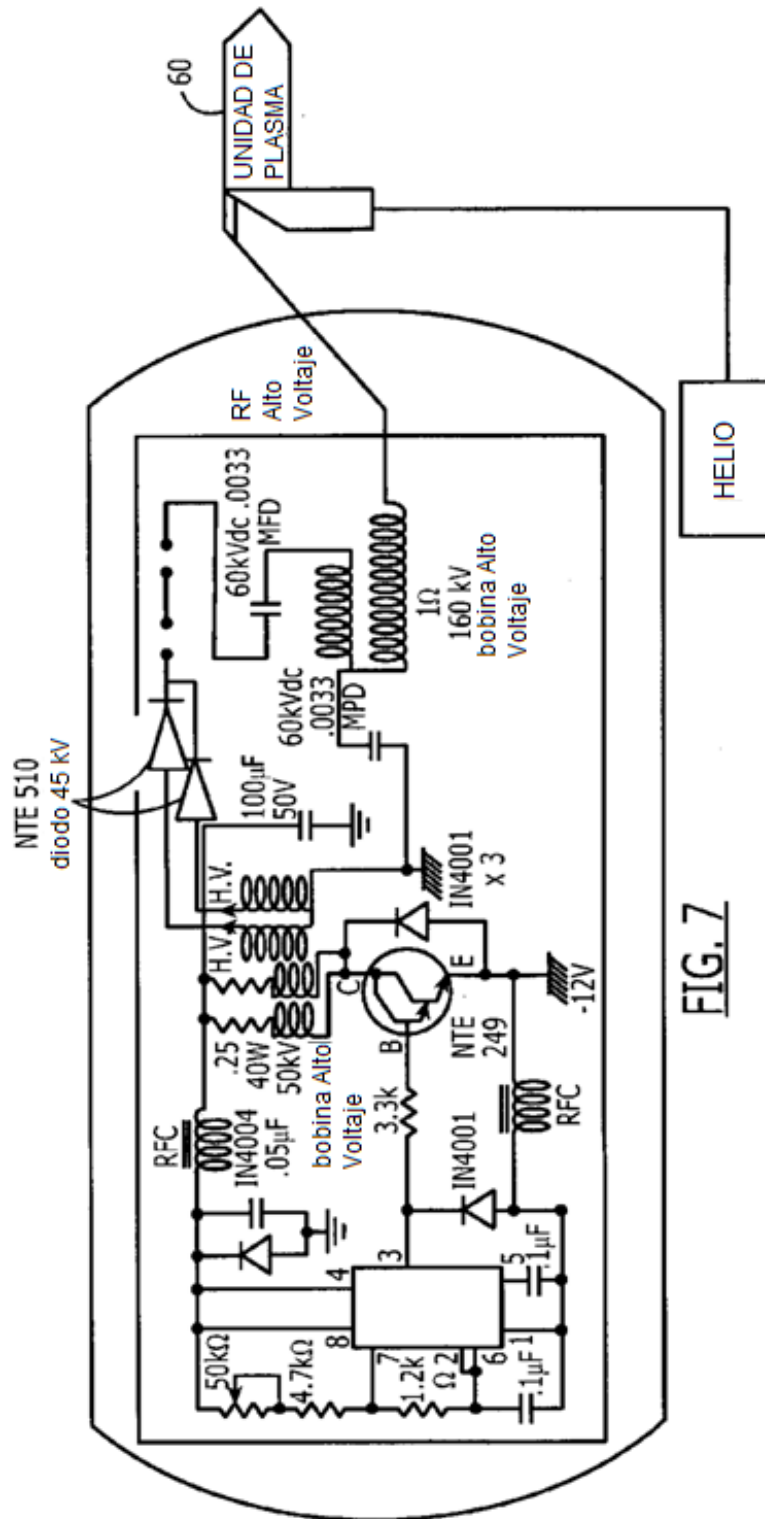
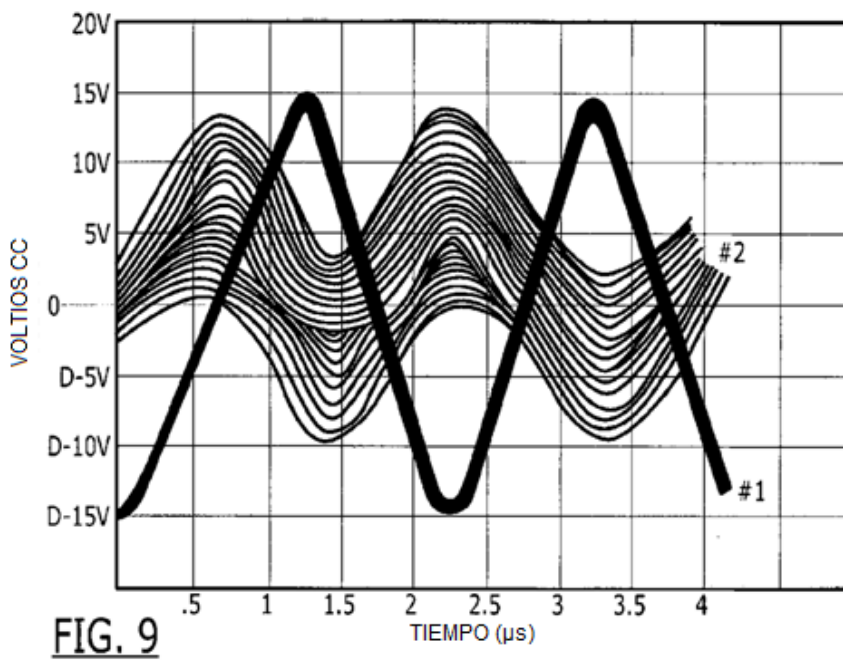
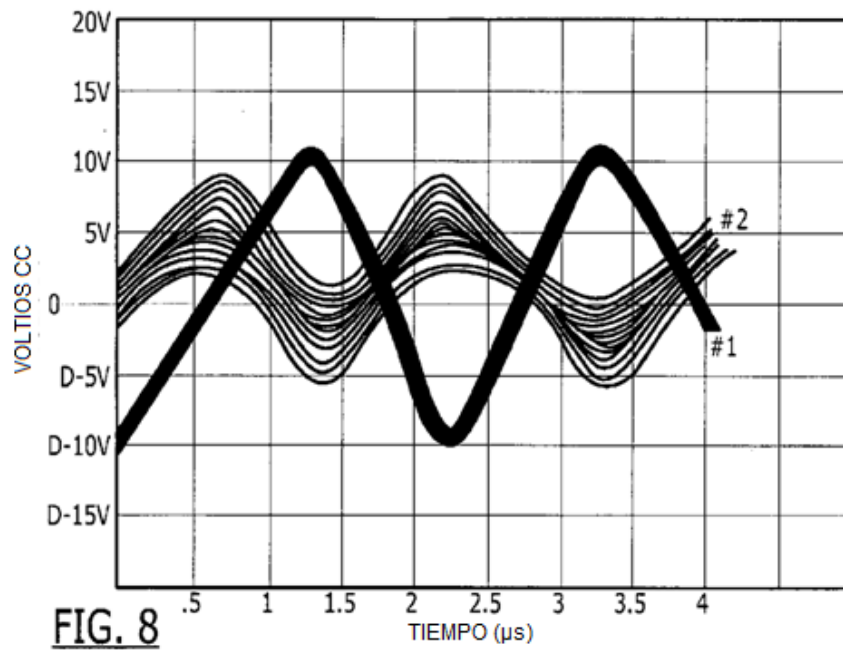


FIG. 7



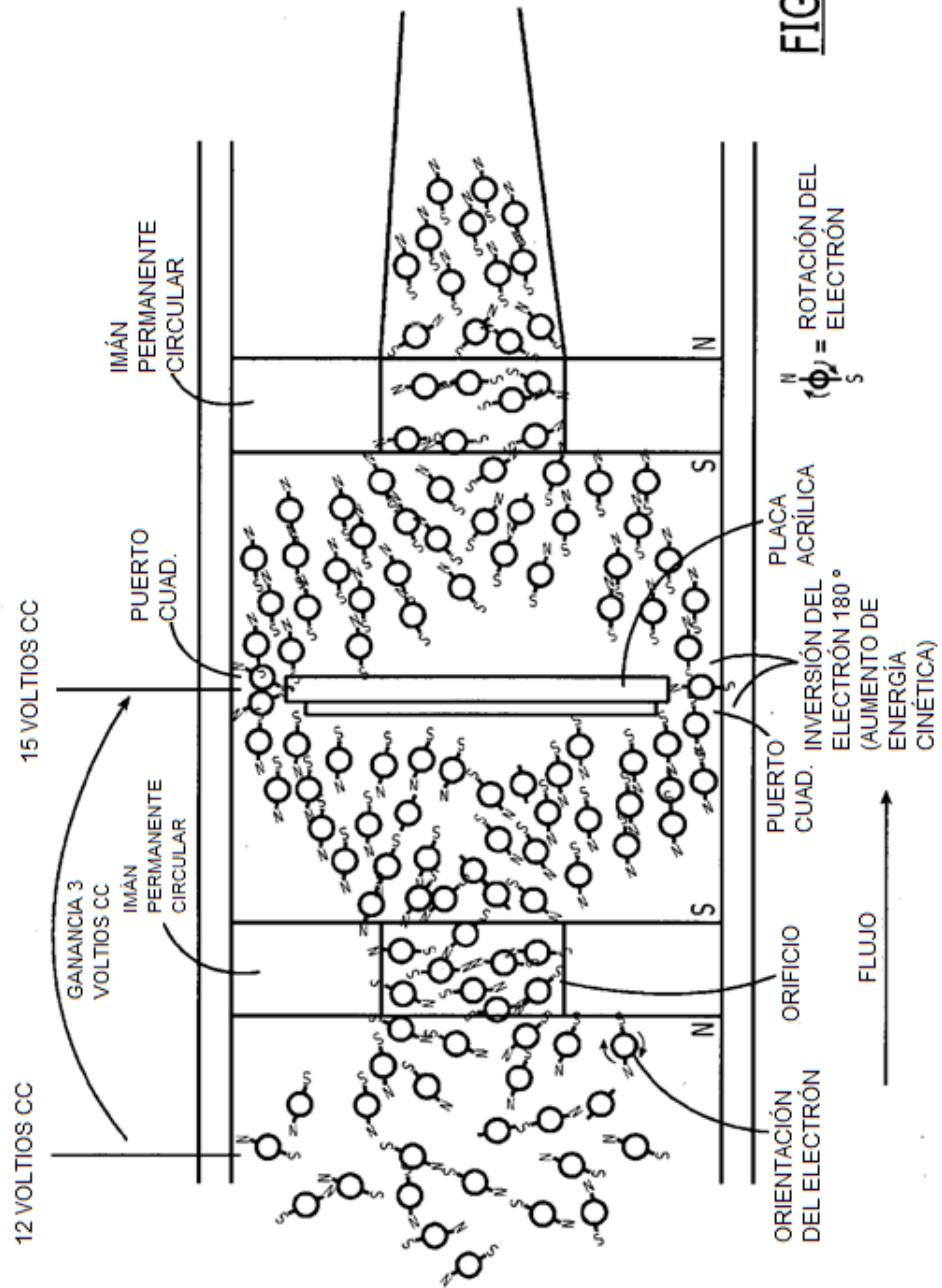


FIG. 10