

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 742 884**

51 Int. Cl.:

H05H 1/46 (2006.01)

H01J 37/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.09.2013 PCT/FR2013/052035**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.03.2014 WO14041280**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.09.2013 E 13774719 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2019 EP 2896278**

54 Título: **Dispositivo para generar un plasma que presenta una extensión significativa a lo largo de un eje por resonancia ciclotrónica de electrones (RCE) a partir de un medio gaseoso**

30 Prioridad:

11.09.2012 FR 1258495

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

17.02.2020

73 Titular/es:

**H.E.F. (100.0%)
Rue Benoît Fourneyron
42160 Andrezieux-Boutheon, FR**

72 Inventor/es:

**SCHMIDT, BEAT;
HEAU, CHRISTOPHE y
MAURIN-PERRIER, PHILIPPE**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 742 884 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 para generar un plasma que presenta una extensión significativa a lo largo de un eje por resonancia ciclotrónica de electrones (RCE) a partir de un medio gaseoso

La invención se refiere al campo técnico de la producción de plasma por resonancia ciclotrónica de electrones (RCE) a partir de un medio gaseoso, y más particularmente se refiere al campo de los tratamientos de superficie al vacío.

Como se conoce bien por un experto en la técnica, la resonancia ciclotrónica de electrones se produce cuando una onda electromagnética y un campo magnético estático se aplican al mismo tiempo lo suficientemente fuerte como para que la frecuencia del movimiento ciclotrónico de electrones alrededor de las líneas del campo magnético sea igual a la frecuencia de la onda. Por lo tanto, los electrones pueden absorber la energía de onda para después transmitirla al gas con el fin de formar un plasma. El plasma generado por resonancia ciclotrónica de electrones puede intervenir en el tratamiento de superficie de piezas, metálicas o no, tal como la limpieza de piezas por decapado iónico, la asistencia iónica para un procedimiento de deposición PVD, la activación de las especies gaseosas para hacer revestimientos PACVD, etc. Estos métodos de tratamiento de superficie por plasma pueden utilizarse, entre otros, en el campo de la mecánica, óptica, protección contra la corrosión o tratamiento de superficie para la producción de energía.

Según el estado de la técnica, muchos tratamientos de plasma requieren de una fuente cuyo plasma presente una extensión significativa a lo largo de un eje. Una manera de crear un plasma extendido es yuxtaponer varias fuentes de pequeñas dimensiones. Esto se describe, por ejemplo, en la patente EP 1075168, donde el plasma es creado por la yuxtaposición de varias fuentes RCE dipolares, creando así una estructura multidipolar. La configuración descrita en esta patente se ilustra en la figura 1. La resonancia ciclotrónica de electrones (RCE) a frecuencias de microondas es una tecnología bien adaptada a este tipo de fuentes múltiples ya que la distribución de potencia se puede realizar fácilmente. Sin embargo, es difícil, con una simple yuxtaposición de tales fuentes, obtener una muy buena uniformidad de deposición. Además, la estructura dipolar de estas fuentes no permite orientar el plasma hacia los sustratos a tratar, generando así pérdidas significativas de plasma hacia las paredes. Estas pérdidas corresponden a las pérdidas de energía, que son limitantes para la velocidad de deposición.

Otras fuentes RCE tienen configuraciones magnéticas que reducen las pérdidas al orientar el plasma más hacia los sustratos a tratar. Este es el caso, por ejemplo, de la fuente descrita en la patente WO 2008/017304 (figura 2). Como se especifica en esta patente, varias de estas fuentes colocadas lado a lado permiten el tratamiento a través de una anchura superior al tamaño de una sola fuente. Sin embargo, tal configuración no proporcionará una buena uniformidad de tratamiento, habiendo necesariamente una calda en la densidad del plasma donde las fuentes tocan debido a la interacción magnética entre las fuentes.

Existen otras fuentes de plasma RCE que tienen una extensión intrínseca significativamente en una dirección. Estas fuentes se describen en las patentes DE 4136297, DE 19812558 y WO 2005/027595. El punto común de estas fuentes es tal que el plasma real forma una parte del conductor externo de una estructura coaxial o de una guía de onda hueca. La figura 3, que corresponde a la técnica anterior de la patente DE 19812558, muestra de forma representativa la estructura de tal fuente. La fuente de la patente DE 4136297 posee un cilindro hueco hecho de un material dieléctrico que separa el interior de la guía de onda del plasma. La desventaja de este elemento es que cualquier depósito conductor sobre su superficie evitará la formación del plasma. Por ejemplo, tal fuente no puede ser utilizada para el decapado de piezas metálicas ya que el vapor de metal que emana del decapado podría contaminar el dieléctrico. Las fuentes de patentes DE 19812558 y WO 2005/027595 son potencialmente menos sensibles a tal contaminación, pero no optimizan el flujo de plasma hacia las piezas a tratar.

El documento US 4.745.337 describe otro ejemplo de producción y confinamiento de plasma en un recinto cerrado.

La invención tiene por objeto superar estos inconvenientes de manera sencilla, segura, eficaz y racional.

Por lo tanto, el problema que la presente invención pretende resolver es proporcionar una fuente de plasma lineal que tenga una buena uniformidad, que oriente el plasma hacia los sustratos a tratar, reduciendo así las pérdidas hacia las paredes, y que pueda hacerse insensible a cualquier depósito conductor que se forme en su superficie.

Para resolver tal problema, se concibe y se desarrolla un dispositivo para generar un plasma por resonancia ciclotrónica de electrones RCE a partir de un medio gaseoso y que comprende al menos dos guías de onda coaxial constituidas cada una por un conductor central y un conductor externo para llevar microondas a una cámara de tratamiento, caracterizado porque, al menos las dos guías de inyección de ondas electromagnéticas se combinan con un circuito magnético alargado en una dirección, rodeando dicho circuito magnético las guías de onda creando un campo magnético capaz de conseguir una condición de RCE en la proximidad de dichas guías de onda. Por proximidad significa que la zona RCE debe estar lo más cerca posible de la antena, sin que las líneas de campo magnético que atraviesan la zona RCE sean interceptadas principalmente por la antena de una inyección.

Se desprende a partir de estas características que el carácter puntual de la inyección de las ondas electromagnéticas se suaviza por la desviación de electrones (simbolizada por una flecha (50) en la figura 4) en el campo del sistema

magnético (20) que rodea estas inyecciones (4), recordando que una inyección (4) está constituida por una guía de onda coaxial (1)-(2) y por una antena (5-6 o 7). Por desviación significa el movimiento lento de los electrones perpendicular a las líneas de campo (40). Este movimiento se debe al gradiente y la curvatura de estas líneas. En efecto, el espacio entre dos inyecciones recibe, por la desviación, los electrones calientes de las zonas de resonancia de las dos inyecciones. En la desviación, los electrones pierden su energía al crear iones. La tasa de ionización disminuye a medida que la distancia de la inyección aumenta, pero las dos desviaciones opuestas se añaden, lo que hace que la intensidad de la fuente varíe poco en función de la posición a lo largo de su lado más largo.

Para resolver el problema planteado de formar una trampa magnética para los electrones con el fin de limitar las pérdidas, el circuito magnético tiene, cerca de las guías de onda, dos polos de polaridades opuestas. El primer polo forma una primera línea que rodea la guía o guías de onda, mientras que el segundo polo forma una segunda línea, que rodea dicha primera línea.

Cabe recordar acuerdo con la invención que las inyecciones de ondas están formadas por guías coaxiales cuyo conductor central termina en una antena. Si embargo, no resulta evidente para un experto en la técnica que tal sistema funcione pues un circuito magnético alargado en una dirección, tal como se reivindica, no permite que la zona de RCE rodee el punto de inyección, como es el caso, por ejemplo, de la fuente de la patente mencionada anteriormente WO 2008/017304. De hecho, la transferencia de energía hacia el plasma se vuelve más difícil puesto que, en primer lugar, el volumen de RCE en la proximidad de las inyecciones y es más pequeño y, en segundo lugar, el entorno de la antena no es homogéneo: la onda pasa de una guía que tiene una simetría de revolución a un medio (plasma) que no tiene esta simetría, y la onda se refleja así parcialmente. Este segundo punto es particularmente problemático ya que el sistema experimenta una transición cuando se enciende el plasma: antes de la ignición del plasma, el medio (vacío) es homogéneo, pero después ya no es así. Esta transición constituye un cambio de impedancia que es difícil de gestionar. Las inyecciones están generalmente equipadas con un dispositivo de adaptación de impedancia, pero estos dispositivos son habitualmente manuales y no se proporcionan para una modificación durante el procedimiento.

Por estas diferentes razones, ha sido necesario desarrollar diferentes formas de antenas adaptadas específicamente para el funcionamiento del dispositivo con un sistema magnético alargado.

Para ello, en una primera realización, el conductor central tiene un disco concéntrico de mayor diámetro que la abertura de la guía de onda (4) para proteger el interior de dicha guía, que está situada lo más cerca posible de la zona de RCE, y estando coronada por una varilla dispuesta en alineación coaxial con el conductor central.

En una segunda realización, el conductor central está terminado por una placa alargada a lo largo del eje más largo del circuito magnético, teniendo al menos uno de los extremos de dicha placa disposiciones para entrar en contacto con la superficie de la fuente para crear un cortocircuito, siendo la anchura de la placa superior a la abertura de la guía de onda.

La anchura de la placa es constante a lo largo de toda su longitud, o la anchura de la placa disminuye al alejarse del conductor centra, y con respecto a dicho al menos un lado de dicho conductor.

A partir de las características subyacentes de la invención, el dispositivo puede aplicarse en el caso de una cámara de tratamiento que comprende un cuerpo con un circuito de refrigeración, presentando dicho cuerpo un alojamiento para el montaje del circuito magnético alargado compuesto por la primera línea de imanes según la primera polarización y la segunda línea de imanes según una polarización opuesta y que rodea la primera línea, la cual rodea las guías de ondas montadas en orificios formados a través del espesor del cuerpo, estando la primera y segunda líneas de imanes conectadas al lado opuesto del plasma, por una placa ferromagnética, estando el cuerpo y el sistema magnético separados del plasma mediante una lámina de protección antimagnética.

Considerando las diferentes formas posibles de las antenas, con el fin de adaptarlas al funcionamiento del sistema magnético alargado:

- el conductor central de cada guía es una varilla cilíndrica centrada con respecto al conductor externo insertado en el cuerpo formando un buen contacto eléctrico, estando una ventana dieléctrica colocada en el interior de la guía debajo de la abertura que se cubre con el disco coronado por la varilla para actuar como una antena.

- el conductor central de cada guía es una varilla cilíndrica centrada con respecto a los conductores externos insertados en el cuerpo formando un buen contacto eléctrico, estando una ventana dieléctrica colocada en el interior de la guía debajo de la abertura, que está cubierta con la placa alargada a lo largo del eje de las inyecciones, siendo dicho alargamiento asimétrico con respecto al conductor central para una guía de onda situada en un extremo redondeado del circuito magnético, siendo el alargamiento sólo en la dirección del extremo opuesto y simétrico con respecto al conductor central para una guía de onda situada en la parte lineal del circuito magnético, presentando cada parte alargada la disposición que actúa como un corto circuito.

La invención se analiza a continuación con más detalle con la ayuda de los dibujos adjuntos, en los que:

- La figura 1 es una vista esquemática de la técnica anterior descrita en la patente EP 1075168.
- La figura 2 es una vista esquemática de la técnica anterior descrita en la patente WO 2008/017304.
- La figura 3 es una vista esquemática de la técnica anterior descrita en la patente DE 19812558.
- La figura 4 es una vista esquemática del principio de la presente invención.
- 5 - Las figuras 5A y 5B muestran posibles realizaciones de la estructura magnética, según la invención.
- La figura 6 muestra una primera forma de antena según la presente invención.
- Las figuras 7A, 7B y 7C muestran otras formas de antenas según la invención.
- La figura 8 es una vista en perspectiva de una primera realización de la presente invención que tiene una sección transversal a nivel de una entrada de microondas.
- 10 - La figura 9 es una vista en perspectiva de una segunda realización de la presente invención que tiene una sección transversal en el plano de inyecciones de microondas y una segunda sección transversal entre dos inyecciones perpendicularmente a este plano.

El principio básico de la invención, es decir, el circuito magnético alargado que rodea varias inyecciones de microondas, se ilustra esquemáticamente en las figuras 4 y 5.

El circuito magnético tiene, en las proximidades de la superficie de la fuente, dos polos de polaridad opuesta para formar una trampa magnética para los electrones. El primer polo forma una primera línea (21) que rodea las guías de inyección (4) de las ondas electromagnéticas y el segundo polo forma una segunda línea (22) que rodea esta primera línea.

La figura 5 muestra dos formas posibles para este circuito magnético. La primera (figura 5A) tiene la ventaja de ser más sencilla de realizar, pero la zona RCE es tangencial a las inyecciones en la parte lineal. La segunda forma (figura 5B) intenta optimizar el volumen RCE en la proximidad de las inyecciones.

Al establecer la fuerza relativa de los 2 polos de la estructura magnética, es posible influir en el flujo de plasma hacia los sustratos a tratar. Por ejemplo, al reforzar el polo externo de circuito (22), convergerán las tiras de plasma 2 de la parte lineal en el espacio frente a la fuente, lo que permite aumentar en este punto la velocidad de tratamiento de las piezas. Esto es útil para reducir las pérdidas laterales si las paredes del recinto de vacío están cerca. Si en cambio se refuerza el polo interno del circuito (21), las 2 tiras de plasma se desvían lateralmente. En algunos casos, esto puede tener una ventaja como, por ejemplo, para una superficie de tratamiento cilíndrica para la cual se pueden crear 2 zonas de tratamiento tangentes a la superficie del cilindro.

Las inyecciones de onda están formadas por guías coaxiales cuyo conductor central termina en una antena.

La invención propone dos formas de optimizar la forma de las antenas.

Los siguientes ejemplos numéricos se dan para una fuente de plasma que comprende guías de onda coaxiales cuyos conductores externos tienen diámetros internos de 17 mm, y cuyos conductores internos tienen diámetros externos de 8 mm.

En una primera realización, ilustrada en la figura 6, el conductor central (1) primero ensancha el disco (5). Este disco tiene un diámetro mayor que la abertura de la guía de onda (1) - (2), lo que permite proteger el interior de la guía de un posible depósito y acercar más la onda a la zona RCE. De hecho, su borde se sitúa a unos pocos milímetros de la zona RCE. Este disco tiene un espesor de unos pocos milímetros, típicamente entre 1 y 5 mm, y forma con la superficie de la fuente una ranura de unos pocos milímetros, ventajosamente entre 2 y 5 mm. Este disco está coronado por una varilla (6) que se encuentra en la extensión del conductor central (1). La longitud de esta varilla está entre $\lambda/8$ y $\lambda/2$, siendo λ la longitud de onda de las microondas. La longitud exacta depende del diámetro del disco y la forma de la zona RCE. Ajustando la longitud de esta varilla se optimiza la antena. Por ejemplo, en una realización con un diámetro de disco de 25 mm, la longitud óptima para la varilla es de entre 30 y 35 mm para una longitud de onda de 122,4 mm (2,45 GHz). Por lo tanto, a pesar de su simetría de revolución, esta antena produce un buen acoplamiento del campo de microondas al plasma. La función de la varilla es hacer coincidir la impedancia de vacío con la del plasma.

En una segunda realización, el conductor central termina en una placa (7) de unos pocos milímetros de espesor, que esta vez no tiene la simetría de revolución, sino que se alarga a lo largo del eje el más largo del sistema magnético (figura 7A-7B). En anchura, esta placa excede la abertura de la guía de onda y termina a unos pocos milímetros de la zona RCE. Su longitud total es entre $\lambda/4$ y λ . Al ajustar esta longitud, es posible optimizar el acoplamiento al plasma. En los extremos, esta placa se pone en contacto (8) con la superficie de la fuente para crear un cortocircuito, evitando así que irradie microondas a las placas vecinas. Este cortocircuito obliga a la onda a producir en este punto un nodo en el campo eléctrico. La onda se refleja y regresa al punto de inyección. La distancia entre el punto de inyección y el retorno a masa fija la fase de la onda reflejada cuando alcanza el punto de inyección. Al modificar esta distancia, es posible ajustar esta fase a la de la onda reflejada por el plasma. Una solución "natural" parece ser aquella en la que la longitud total de la placa es λ , es decir, 61 mm para una frecuencia de 2,45 GHz, longitud para la cual se forma una onda estacionaria entre los 2 extremos. Sin embargo, en un caso real, se encuentra que esta longitud teórica no era óptima para la eficiencia del plasma y que era necesario aumentar la longitud aproximadamente un 10 % para obtener resultados satisfactorios.

La anchura de la placa puede permanecer igual en toda la longitud de la placa (figura 7A) o disminuir alejándose del punto de inyección (figura 7B). En una realización preferida, la anchura de la placa disminuye al acercarse a su extremo. Por ejemplo, para una placa que tiene 25 mm de ancho en el medio, la anchura será de solo 10 mm en los extremos.

Para una inyección que está dentro de un giro del circuito magnético, esta segunda forma de antena se modifica para que la placa se alargue solo en la dirección que se aleja del giro (figura 7C). La longitud de esta parte, medida desde el centro de la guía central, se encuentra entre $X/8$ y $X/2$. En el lado de giro, la placa tiene la forma de un medio disco. En una realización ejemplar con un medio disco con un radio de 12,5 mm, la porción alargada mide 34 mm, siempre para una λ de 122,4 mm (2,45 GHz).

Es posible combinar en una misma fuente varios tipos de antenas para optimizar el rendimiento general. También es posible combinar las dos soluciones propuestas por la invención, por ejemplo, la placa alargada coronada por una varilla.

Se hace referencia de nuevo a las figuras 8 y 9, que muestran en sección dos realizaciones de fuente de plasma que incorporan el dispositivo según la invención.

En la figura 8, la cámara de tratamiento comprende un cuerpo metálico antimagnético (10) enfriado por agua que fluye en un circuito de refrigeración (11). Un alojamiento proporcionado en este cuerpo recibe el sistema magnético. En esta realización, el sistema magnético está compuesto por la primera línea de imanes (21) de una primera polarización (31) y la segunda línea (22) que rodea esta primera línea y de polarización opuesta (32). Dentro del cuerpo (10), las dos líneas de imanes (21) y (22) están conectadas por una placa ferromagnética (23). El cuerpo (10) y el sistema magnético están separados del plasma por una lámina de protección (12). Se proporcionan orificios cilíndricos en el cuerpo (10) y la lámina (12) para la inyección de las microondas, por medio de varias guías coaxiales cuyos conductores externos (2) se insertan en el cuerpo de la fuente formando un buen contacto eléctrico con el mismo. El conductor central de cada guía tiene la forma de una varilla cilíndrica (1), centrada con respecto al conductor externo, y que sobresale de la lámina de protección. Se coloca una ventana dieléctrica (3) dentro de la guía a varios centímetros de la abertura. Esta ubicación remota garantiza un bajo ensuciamiento del dieléctrico por cualquier depósito y, en particular, por un depósito conductor que podría evitar el paso de las microondas. El dieléctrico permite sellar entre el interior y el exterior del recinto de tratamiento al vacío. En esta primera realización, la abertura de la guía de onda está cubierta por un disco (5) que evita que la deposición entre en la guía de onda y permite llevar las microondas a la zona RCE. El disco (5) está coronado por una varilla (6) que permite optimizar el acoplamiento con el plasma.

Por lo tanto, en una realización en la que el disco circular tiene un diámetro de 25 mm y un espesor de 3 mm, la longitud de la varilla se ha ajustado entre 16 y 35 mm para una frecuencia de microondas de 2,45 GHz y una potencia de antena de 90 W. En cada configuración, se observa la facilidad de ignición. La ignición se considera fácil si no requiere la modificación de los dispositivos de adaptación de impedancia que se encuentran en cada línea de inyección.

Las mediciones de la corriente eléctrica extraída del plasma y recogida por sustratos colocados a 8 cm de la fuente y que se llevan a una tensión de 20 V, se realizaron como se muestra en la tabla a continuación:

Longitud de varilla	16 mm	20 mm	30 mm	35 mm
Corriente medida	1,37 A	1,38 A	1,41 A	1,41 A
Ignición fácil	No	Sí	Sí	Sí

Aunque la variación de la corriente es baja, debido al hecho de que la adaptación de impedancia se ha optimizado en cada configuración para garantizar una transferencia óptima de la potencia al plasma, es suficientemente significativa para permitir determinar una longitud óptica situada entre 30 y 35 mm en esta configuración.

En la realización ilustrada en la figura 9, el diseño básico de la cámara de tratamiento es el mismo. La diferencia está en las antenas. En esta realización, las placas de antena (7a) y (7b) son alargadas a lo largo del eje de las inyecciones. El alargamiento (7a) es asimétrico con respecto al conductor central (1) para una antena que se encuentra en un extremo de la fuente de plasma, en el centro de un retorno del circuito magnético, estando sólo el alargamiento hacia el extremo opuesto. El alargamiento (7b) es simétrico con respecto al conductor central para una antena situada en la parte lineal del circuito magnético. Al final de cada parte alargada hay un cortocircuito (8) que evita que la antena irradie hacia su vecino. En la presente realización, la anchura de la placa disminuye a medida que se produce el alejamiento del conductor central (1) y se acerca al retorno a masa.

Esta configuración primero se ha probado con antenas cuya distancia entre el retorno a masa y el conductor central de la guía de ondas está entre 31 y 32 mm y, por lo tanto, cerca de $\lambda/4$ (30,6 mm). Esto dio un aumento de la corriente

de aproximadamente un 3 % con respecto a la primera realización. Cuando esta distancia se lleva a 34 mm, la corriente aumenta un 3 % más y, por lo tanto, un 6 % con respecto a la primera realización. En ambos casos, la placa tiene un espesor de 3 mm.

- 5 Las ventajas son evidentes a partir de la descripción.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo para generar un plasma que presenta una extensión significativa a lo largo de un eje por resonancia ciclotrónica de electrones RCE a partir de un medio gaseoso y que comprende al menos dos guías de onda coaxial (4) constituidas cada una por un conductor central (1) y un conductor externo (2) para llevar microondas a una cámara de tratamiento, **caracterizado porque**, al menos las dos guías de inyección de ondas electromagnéticas (4) se combinan con un circuito magnético (21-22) alargado en una dirección, rodeando dicho circuito magnético las guías de onda (4) creando un campo magnético capaz de conseguir una condición de RCE en la proximidad de dichas guías de onda.
- 10 2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el circuito magnético tiene, cerca de las guías de onda, dos polos (21-22) de polaridades opuestas (31-32) a fin de formar una trampa magnética para los electrones.
- 15 3. Dispositivo según la reivindicación 2, **caracterizado porque** el primer polo (21) forma una primera línea que rodea las guías de onda (4), mientras que el segundo polo (22) forma una segunda línea, que rodea dicha primera línea.
- 20 4. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el conductor central (1) de cada guía de onda presenta disposiciones (7, 8) capaces de proteger la abertura de dicha guía y de actuar como antenas.
- 25 5. Dispositivo según la reivindicación 4, **caracterizado porque** el conductor central (1) tiene un disco concéntrico (5) de mayor diámetro que la abertura de la guía de onda (4) para proteger el interior de dicha guía, estando dicha guía situada lo más cerca posible de la zona de RCE, y estando coronada por una varilla (6) dispuesta en alineación coaxial con el conductor central (1).
- 30 6. Dispositivo según la reivindicación 4, **caracterizado porque** el conductor central está terminado por una placa alargada (7) a lo largo del eje más largo del circuito magnético, teniendo al menos uno de los extremos de dicha placa disposiciones (8) para entrar en contacto con la superficie de la fuente para crear un cortocircuito, siendo la anchura de la placa (7) superior a la abertura de la guía de onda (4).
- 35 7. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado porque** la anchura de la placa (7) es constante a lo largo de toda su longitud.
8. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado porque** la anchura de la placa (7) disminuye a medida se aleja del conductor central (1), y con respecto a al menos un lado de dicho conductor (1).
- 40 9. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, **caracterizado porque** la cámara de tratamiento comprende un cuerpo (10) con un circuito de refrigeración (11), presentando dicho cuerpo (10) un alojamiento para el montaje del circuito magnético alargado compuesto por la primera línea de imanes (21) según la primera polarización y la segunda línea de imanes (22) según una polarización opuesta y que rodea la primera línea (21), la cual rodea las guías de ondas (4) montadas en orificios formados a través del espesor del cuerpo (10), estando la primera y segunda líneas de imanes conectadas por una placa ferromagnética (23), estando el cuerpo y el sistema magnético separados del plasma mediante una lámina de protección (12).
- 45 10. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, **caracterizado porque** el conductor central (1) es una varilla cilíndrica centrada con respecto al conductor externo insertado en el cuerpo (10) formando un buen contacto eléctrico, estando una ventana dieléctrica (3) colocada en el interior de la guía (4) debajo de la abertura que se cubre con el disco coronado por la varilla para actuar como una antena.
- 50 11. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, **caracterizado porque** el conductor central es una varilla cilíndrica centrada con respecto al conductor externo insertado en el cuerpo (10) formando un buen contacto eléctrico, estando una ventana dieléctrica (3) colocada en el interior de la guía (4) debajo de la abertura, que está cubierta con la placa alargada (7) a lo largo del eje de las inyecciones, siendo dicho alargamiento asimétrico con respecto al conductor central para una guía de onda situada en un extremo redondeado del circuito magnético, siendo el alargamiento sólo en la dirección del extremo opuesto y simétrico con respecto al conductor central para una guía de onda situada en la parte lineal del circuito magnético, presentando cada parte alargada la disposición (8) que actúa como un corto circuito.
- 55

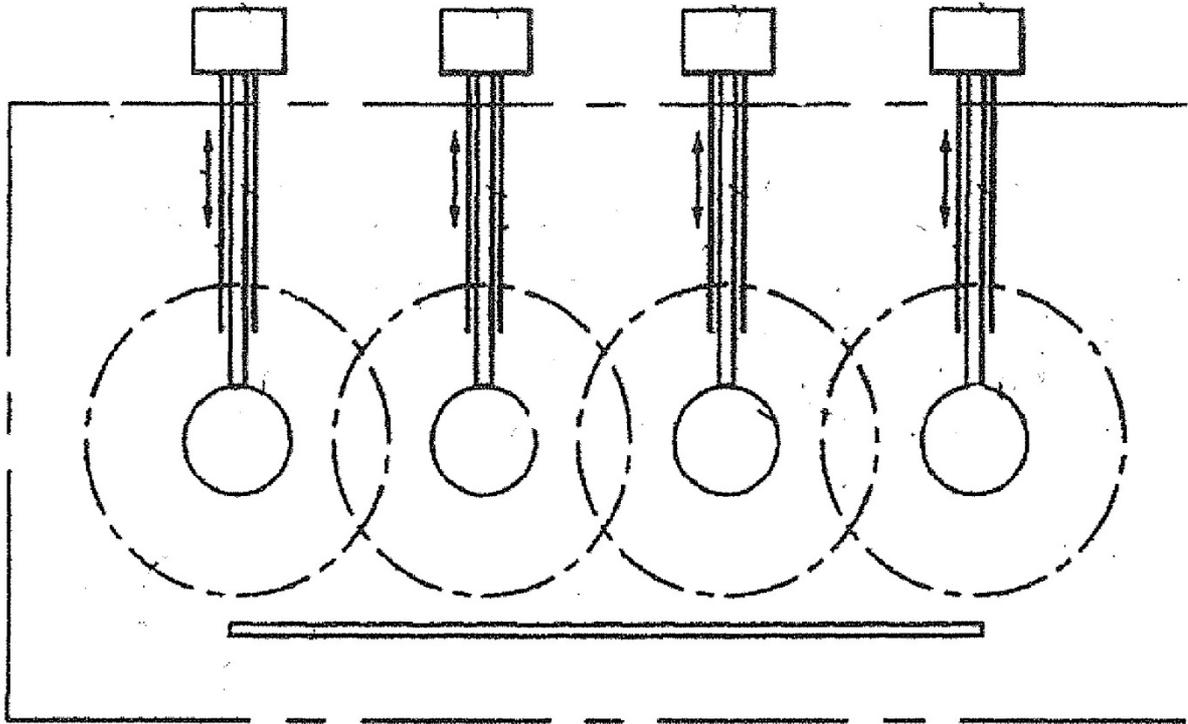


FIG. 1

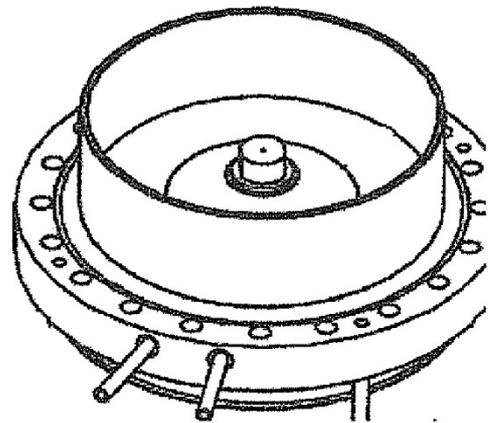
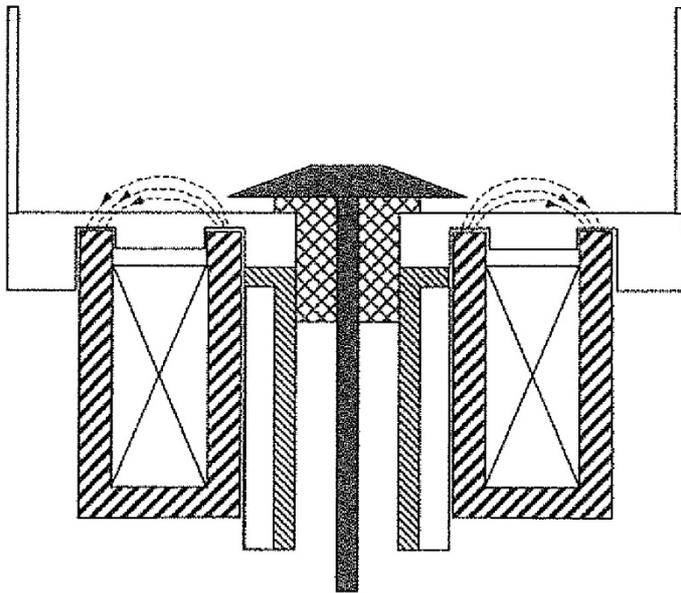


FIG. 2

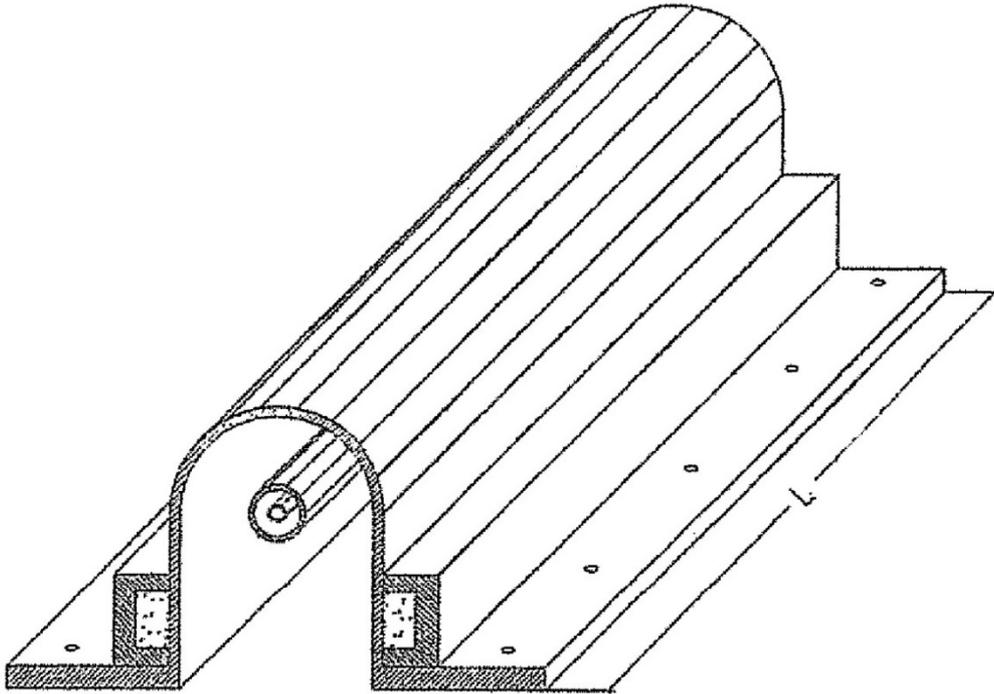


FIG. 3

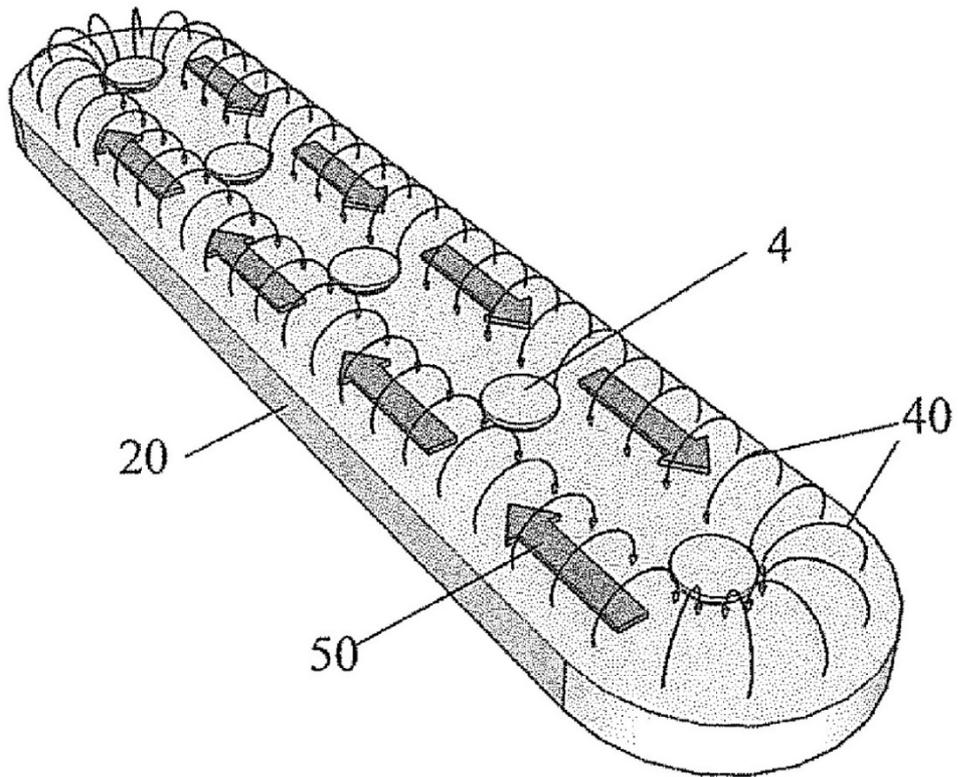


FIG. 4

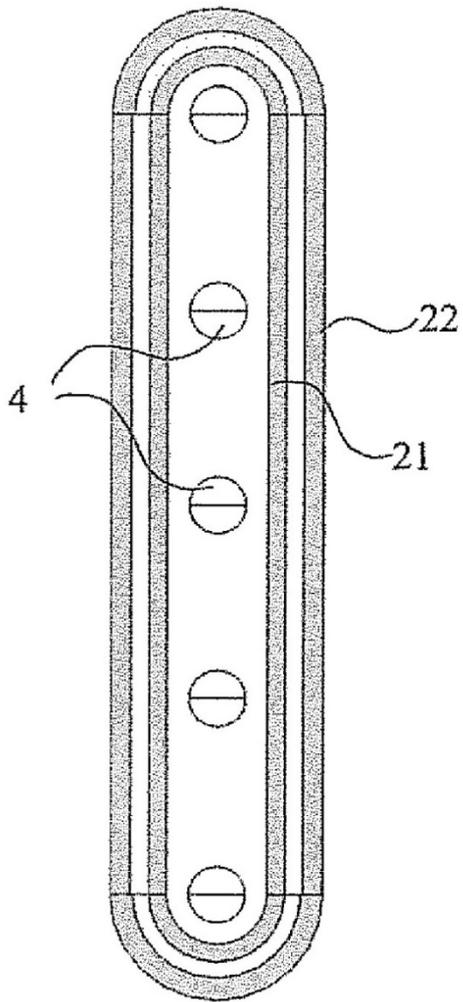


FIG. 5A

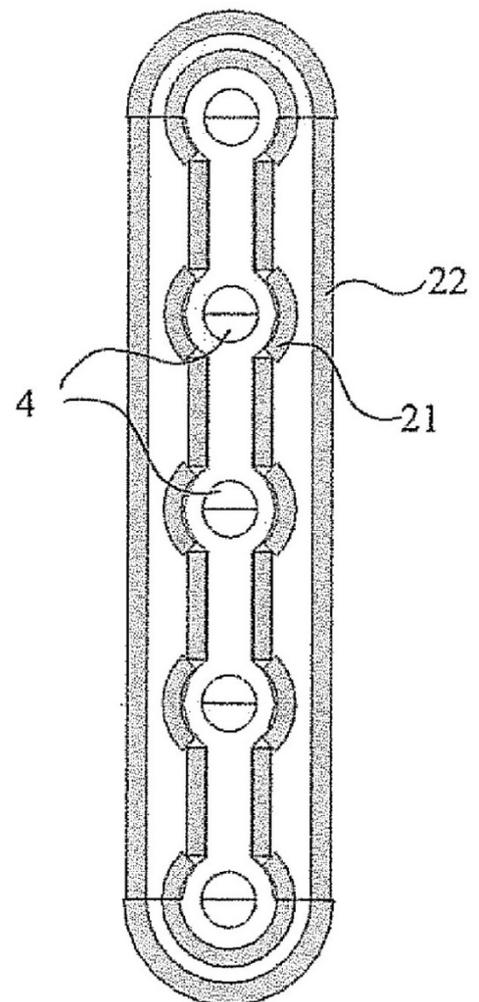


FIG. 5B

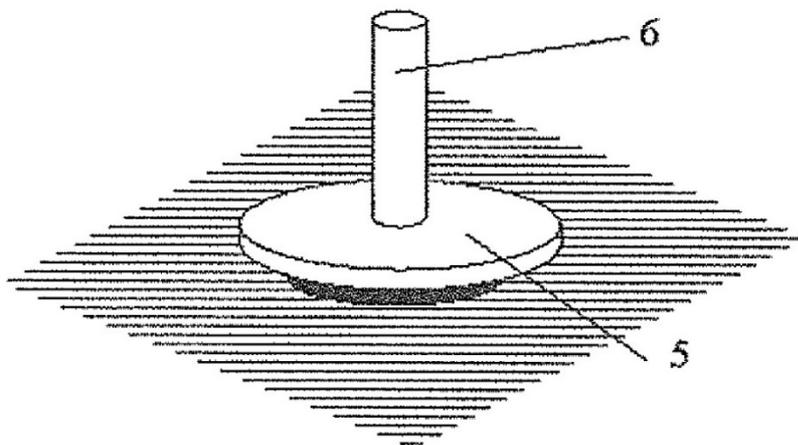


FIG. 6

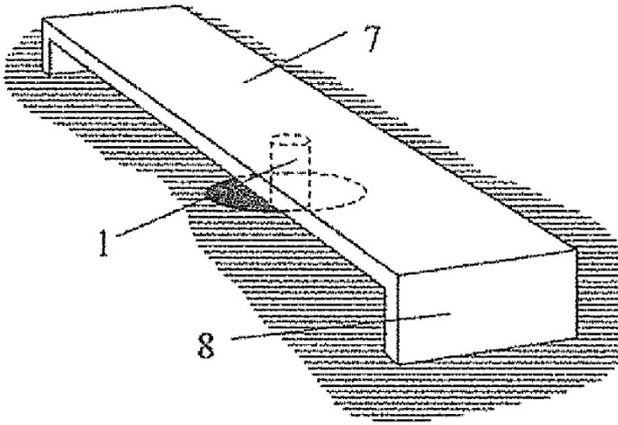


FIG. 7A

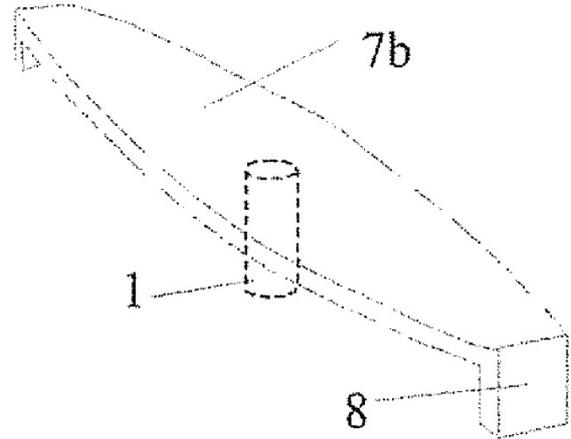


FIG. 7B

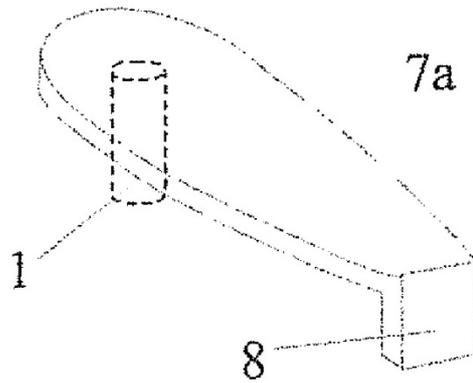


FIG. 7C

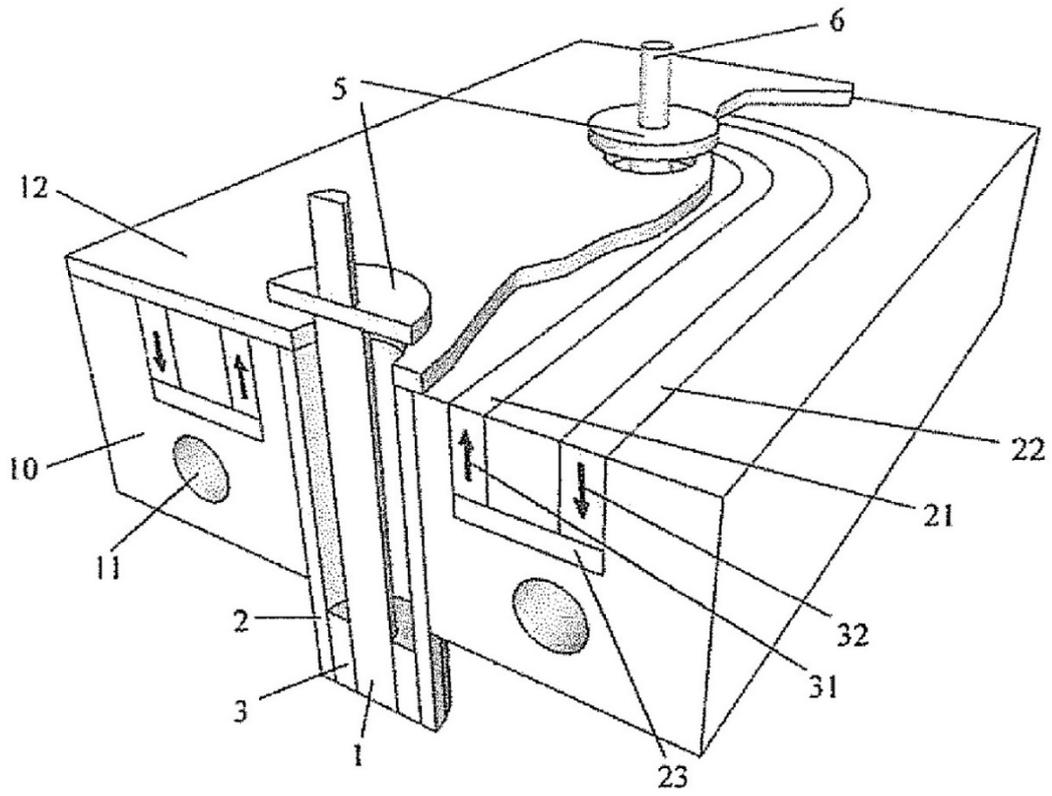


FIG. 8

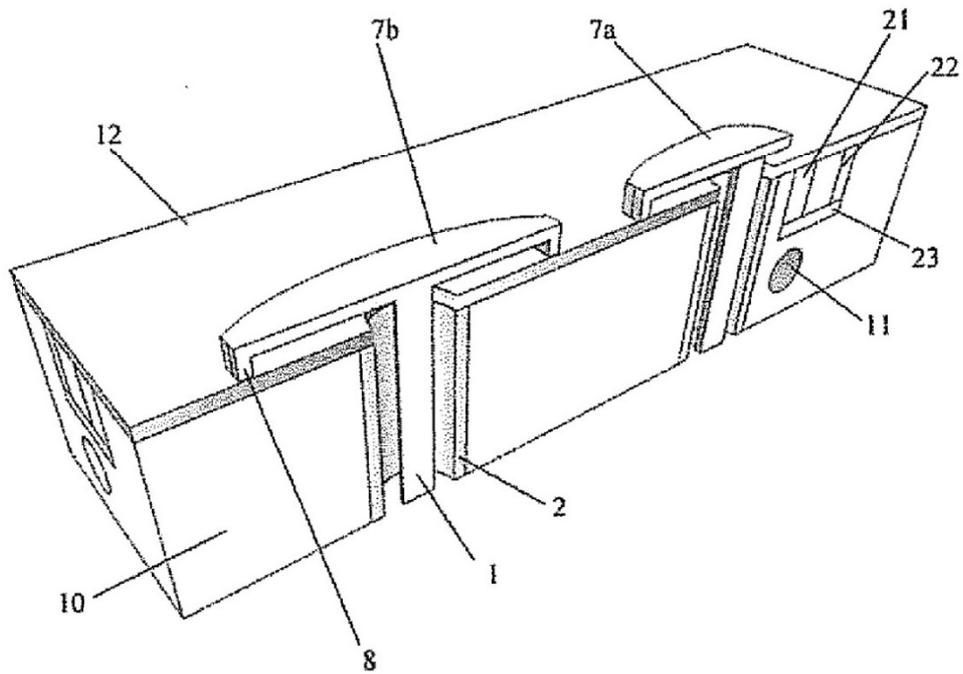


FIG. 9