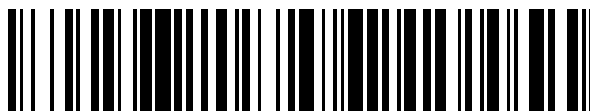


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 568 883**

51 Int. Cl.:

A61L 2/14 (2006.01)
A61L 2/24 (2006.01)
A61L 9/14 (2006.01)
A61L 9/22 (2006.01)
H03F 3/26 (2006.01)
H05H 1/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.11.2008 E 08846256 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.01.2016 EP 2211915**

54 Título: **Aparato de esterilización por plasma que produce radicales hidroxilo**

30 Prioridad:

06.11.2007 GB 0721714
23.04.2008 GB 0807347
17.09.2008 GB 0816989

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.05.2016

73 Titular/es:

CREO MEDICAL LIMITED (100.0%)
Riverside Court, Beaufort Park Way
Chepstow, Gwent, Wales NP16 5UH, GB

72 Inventor/es:

HANCOCK, CHRISTOPHER PAUL

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 568 883 T3

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

DESCRIPCIÓN

Aparato de esterilización por plasma que produce radicales hidroxilo

5 **Campo de la invención**

La invención se refiere a sistemas de esterilización adecuados para su uso clínico, por ejemplo, sobre o en el cuerpo humano o animal. Por ejemplo, la invención puede proporcionar un sistema que puede usarse para destruir o tratar ciertas bacterias y/o virus asociados al sistema biológico humano o animal y/o el entorno circundante. La presente invención es especialmente útil para esterilizar o descontaminar espacios cerrados o parcialmente cerrados, por ejemplo, espacios de camas de hospital.

Antecedentes de la invención

Las bacterias son organismos unicelulares que se encuentran en casi todas partes, existen en grandes cantidades y son capaces de dividirse y multiplicarse rápidamente. La mayoría de las bacterias son inofensivas, pero hay tres grupos dañinos; en concreto: cocos, espirilos, y bacilos. Las bacterias de tipo coco son células redondas, las bacterias de tipo espirilo son células helicoidales y las bacterias de tipo bacilo tienen forma de varilla. Las bacterias dañinas provocan enfermedades como el tétanos y la fiebre tifoidea.

Los virus solo pueden vivir y multiplicarse apropiándose de otras células, es decir, no pueden sobrevivir por sí mismos. Los virus provocan enfermedades tales como resfriados, gripe, paperas y SIDA.

Las esporas de hongos y pequeños organismos llamados protozoos pueden provocar enfermedades.

La esterilización es una acción o proceso que destruye o elimina toda forma de vida, especialmente los microorganismos. Durante el proceso de la esterilización por plasma se producen agentes activos. Estos agentes activos son los fotones ultravioleta de alta intensidad y los radicales libres, que son átomos o conjuntos de átomos con electrones no emparejados químicamente. Una característica atractiva de la esterilización por plasma es que es posible lograr la esterilización a temperaturas relativamente bajas, tales como la temperatura corporal. La esterilización por plasma también tiene la ventaja de que es segura para el operario y el paciente.

El plasma contiene habitualmente electrones e iones cargados, así como especies químicamente activas, tales como el ozono, los óxidos de nitrógeno, y los radicales hidroxilo. Los radicales hidroxilo son mucho más eficaces en la oxidación de contaminantes en el aire que el ozono y son varias veces más germicidas y fungicidas que el cloro, lo que les convierte en unos candidatos muy interesantes para destruir bacterias o virus y para realizar una descontaminación eficaz de los objetos contenidos dentro de espacios cerrados, por ejemplo, objetos o artículos asociados a un entorno hospitalario.

Los radicales OH contenidos dentro de una "macromolécula" de agua (gota de niebla) son estables durante varios segundos y son 1000 veces más eficaces que los desinfectantes convencionales en concentraciones comparables.

Un artículo reciente, de Bai et al., "Experimental studies on elimination of microbial contamination by hydroxyl radicals produced by strong ionisation discharge", Plasma Science and Technology, vol. 10, n.º 4, agosto de 2008, considera el uso de radicales OH producidos por fuertes descargas de ionización para eliminar la contaminación microbiana. En este estudio, se considera el efecto de la esterilización en *E. coli* y *B. subtilis*. La suspensión de bacterias se preparó con una concentración de 10^7 ufc/ml (ufc = unidad formadora de colonias) y se usó una micropipeta para transferir 10 µl de las bacterias en forma de fluido sobre placas de acero inoxidable estériles de 12 mm x 12 mm. El fluido de bacterias se extendió de manera uniforme sobre las placas y se dejó secar durante 90 minutos. A continuación, las placas se pusieron en un recipiente de vidrio estéril y los radicales OH con una concentración constante se pulverizaron sobre los platos. Los resultados de este estudio experimental fueron los siguientes:

1. Los radicales OH pueden usarse para provocar daños irreversibles a las células y, finalmente, matarlas;
2. El potencial umbral para la eliminación de microorganismos es una diezmilésima de los desinfectantes usados en el propio país o en el extranjero;
3. La reacción bioquímica con OH es una reacción de radicales libres y el tiempo de reacción bioquímica para eliminar microorganismos es de aproximadamente 1 segundo, lo que responde a la necesidad de una rápida eliminación de la contaminación microbiana, y el tiempo letal es de aproximadamente una milésima del mismo para desinfectantes nacionales e internacionales actuales;
4. La densidad letal de OH es de aproximadamente unas milésimas de la densidad de pulverización para otros desinfectantes, lo que será útil para eliminar la contaminación microbiana de manera eficiente y rápida en grandes espacios, por ejemplo, áreas de espacios de camas; y
5. Las gotas de neblina o de niebla de OH oxidan las bacterias en CO₂, H₂O y sales micro inorgánicas. El OH restante también se descompone en H₂O y O₂, por lo que este método eliminará la contaminación microbiana sin polución.

El documento US 6.969.487 desvela un proceso de desnaturalización de un agente bioquímico mediante la producción de una niebla de fluido de limpieza que contiene especies de hidroxilo que se activan por energía eléctrica o energía fotónica.

5 El documento US 5.393.490 desvela un proceso de esterilización en seco mediante la exposición de dispositivos médicos o dentales a un plasma de gas de alta reducción, preferentemente formado por la descarga de una mezcla de gases húmedos.

10 El documento WO 02/45756 desvela un método de oxidación avanzada de fuentes químicas y biológicas peligrosas pulverizando una nube que contiene una sustancia fotocatalítica y, a continuación, provocando una activación catalítica al dirigir un haz de luz de alta intensidad a través de la nube.

15 El documento US 6.343.425 desvela un aparato para la limpieza de un artículo elastomérico mediante el flujo de un agente de limpieza gaseoso que comprende un material de limpieza vaporizado y un plasma débilmente ionizado.

Sumario de la invención

20 En su forma más general, la invención proporciona un sistema de esterilización dispuesto de manera controlable para generar y emitir radicales hidroxilo.

De acuerdo con la invención, se proporciona un aparato de esterilización tal como se establece en la reivindicación 1.

25 El aparato de esterilización comprende un aplicador que tiene una zona de generación de radicales hidroxilo y una salida para dirigir los radicales hidroxilo generados fuera de la zona de generación de radicales hidroxilo hacia una zona a esterilizar; un recinto para confinar los radicales hidroxilo en la zona a esterilizar; un generador de potencia conectado para suministrar energía en la zona de generación de radicales hidroxilo; y un generador de neblina conectado para suministrar agua nebulizada (que también puede significar humedad o niebla) en la zona de generación de radicales hidroxilo, en el que el aparato está configurado para crear una alta impedancia en la zona de generación de radicales hidroxilo cuando el agua nebulizada y la energía se suministran en la misma para crear de este modo una descarga de ionización para generar radicales hidroxilo para suministrar fuera del aplicador o dispositivo.

35 Este sistema puede usarse para producir radicales OH para aplicaciones relacionadas con espacios de camas o salas de hospital o la descontaminación o la esterilización de quirófanos.

40 El aparato incluye un conjunto coaxial que tiene un conductor interno rodeado por y separado de un conductor externo, en el que el conductor interno se ahúsa en su extremo distal para concentrar un campo eléctrico en la zona de generación de radicales hidroxilo para promover la descarga de ionización cuando el agua nebulizada y la energía de microondas se suministran a la misma. El conductor interno (central) puede ser parte de una red de transformación de impedancia coaxial dispuesta para generar un campo eléctrico lo suficientemente alto como para permitir que se excite un plasma no térmico útil o que tenga lugar una descarga de ionización.

45 El aparato puede incluir una alimentación de gas conectada para suministrar gas a la zona de generación de radicales hidroxilo, en el que la descarga de ionización creada es un plasma del gas. El plasma podría combinarse con la neblina para producir radicales OH con una concentración que sea adecuada para descontaminar una serie de zonas o espacios aislados definidos por un recinto flexible o portátil que puede llenarse con los radicales producidos por el aplicador o dispositivo. El recinto permite que se concentren los radicales OH y evita que toda la sala se inunde con radicales OH.

50 El generador de neblina puede incluir una válvula contenida dentro del conductor interno del conjunto coaxial, teniendo la válvula una salida localizada para suministrar la neblina en el extremo distal del conductor interno. La válvula puede ser una válvula de aguja. La válvula de aguja puede accionarse mecánicamente, como en el caso de una disposición de pulverizador, o electrónicamente como en el caso de un sistema de inyección de combustible, para permitir que el agua (u otro fluido) se introduzca en el conductor central bajo presión.

55 En el extremo distal del conductor se proporciona una boquilla para actuar como un atomizador para permitir que se produzca una neblina controlable. La válvula usada para controlar el flujo de agua (u otro fluido) a lo largo del conductor central puede ser una válvula de solenoide, que es una válvula electromecánica controlada mediante el envío de una corriente eléctrica a través de un solenoide para cambiar el estado de la válvula, es decir, cuando la corriente fluye a través del enrollamiento del solenoide, el solenoide produce un campo magnético que mueve un émbolo, o una varilla de material magnético, en una dirección específica para abrir la válvula y permitir el flujo de agua a lo largo del conductor central, y, cuando cesa la corriente, la varilla puede moverse de nuevo a una posición de reposo, es decir, se cierra la válvula y se corta el flujo de agua a lo largo del conductor central.

En una realización específica, la válvula puede conectarse en un extremo a un resorte, que puede usarse para mantener la válvula cerrada cuando no se aplica el campo y comprimirse para hacer que la válvula se abra cuando se aplica el campo. Cuando la válvula está abierta, el agua (u otro fluido) fluye en el conductor central y el gas (o aire comprimido, o mezcla de gases) se usa para extraer el agua del conductor central para producir una neblina en la boquilla. El gas también permite que se produzca plasma en la punta distal del conductor central debido a la ionización del gas, provocada por el alto campo eléctrico establecido en la punta distal debido al campo de microondas o de RF y la antena específica usada, y el plasma se combina con la neblina para producir una concentración de radicales OH adecuados para destruir diversas bacterias o virus. Cuando la válvula está cerrada, el agua (u otro fluido) no es capaz de fluir a lo largo del conductor central, pero el gas (o aire comprimido, o mezcla de gases) todavía es capaz de producir un plasma debido a la ionización del gas (o aire comprimido, o mezcla de gases) provocada por el alto campo eléctrico establecido en la punta distal debido al campo de microondas producido por el generador y la estructura de antena o de resonador específica usada. Este plasma también puede usarse para destruir diversas bacterias o virus.

Si el aplicador está configurado para producir plasma y radicales OH a través de una neblina controlada generada en el interior del conductor central, la entrada de gas puede colocarse corriente abajo de la válvula usada para controlar el flujo de agua a lo largo del conductor central. En ciertos casos puede ser preferible que el aplicador use una disposición de válvula mecánica. En este caso, el mecanismo de válvula mecánica, los medios para crear un campo E lo suficientemente alto como para ionizar el gas (o mezcla de gases), el suministro de agua y el gas comprimido (o mezcla de gases comprimidos) están integrados en un dispositivo de mano.

El gas comprimido (o mezcla de gases) puede proceder de un compresor de aire y/o un cilindro(s) de gas y se introduce en el aplicador usando un tubo de conexión adecuado. Las conexiones con el conductor central que actúan como entradas para el suministro de agua y el gas comprimido (o mezcla de gases) deben ser tales que no se altere el campo electromagnético configurado dentro de la estructura de aplicador. Esto puede requerir que el tubo de alimentación esté fabricado de un material dieléctrico de baja pérdida o puede ser necesario configurar las líneas de alimentación como una disposición de tetones de sintonización. En esta disposición específica, se incluye una válvula mecánica para controlar el flujo del gas comprimido (o mezcla de gases) y para introducir el agua en el conductor central. Tras el accionamiento de un botón o gatillo, una válvula de aguja libera un flujo de agua y libera simultáneamente un flujo de gas comprimido en el sistema. El gas comprimido extrae agua del extremo distal del conductor central y las moléculas de agua se atomizan, debido a la inclusión de una boquilla adecuada, a medida que el agua sale del conductor central. Durante el funcionamiento, el usuario puede presionar un botón localizado en el cuerpo externo del aplicador cuando se desee producir los radicales OH. Es preferible que la válvula de solenoide esté contenida dentro del aplicador, ya que la válvula debe liberar el agua, que puede estar bajo presión, directamente en el conductor central (aguja) para permitir que se produzca instantáneamente una neblina en el extremo distal del aplicador, que se combinará con el plasma para producir radicales OH.

Aunque es preferible que el sistema contenga la válvula en el aplicador, la presente invención no se limita a esta disposición, es decir, el control de válvula puede estar contenido dentro del instrumento que contiene el generador de microondas y la electrónica de control asociada. Puede ser preferible que se alimente el agua usando un mecanismo de alimentación por gravedad en lugar de una bomba.

El agua puede introducirse en el sistema corriente abajo del suministro de gas con el fin de usar el gas para extraer o ayudar a la extracción del agua del conductor central. En esta disposición específica, se cambiará el conjunto de válvula para permitir que el gas fluya más allá de la válvula, es decir, se reconfigurarán la válvula y el dispositivo de sellado.

También puede ser preferible que el gas (o mezcla de gases) se combine directamente con el agua en lugar de que estén los dos separados.

Cuando el suministro de agua y el suministro de gas (o mezcla) están separados, es preferible que el gas (o mezcla de gases) se alimente en el conductor central corriente abajo del suministro de agua, es decir, más cerca de la punta distal. Esto es porque el aplicador es capaz de producir plasma o radicales OH de acuerdo con el estado de la válvula de aguja, es decir, si la válvula está abierta se creará OH y si la válvula está cerrada se creará plasma. Esto permite que el aplicador, o instrumento, pueda usarse en diversas aplicaciones relativas al cuerpo humano o animal y los entornos externos. Por ejemplo, puede usarse para matar o destruir priones existentes en la superficie de los instrumentos quirúrgicos.

El generador de neblina puede comprender un generador de niebla ultrasónico.

En una realización, el aparato comprende un generador de potencia de microondas o de RF controlable o una pluralidad de generadores; un suministro controlable de gas (o mezcla de gases); un suministro controlable de neblina o de niebla; un solo aplicador o una pluralidad de aplicadores que producen un plasma adecuado y/o unas concentraciones adecuadas de radicales OH; un conjunto de cable o un medio de transferencia de la potencia de microondas o de RF desde el generador(es) al aplicador(es); un recinto para permitir concentraciones adecuadas de radicales OH a construir o establecer; un sistema de control para controlar el funcionamiento del generador de

microondas (o de RF), el flujo de gas y el sistema de mezclado, y el generador de neblina o de niebla; un medio para introducir el aplicador(es) en el espacio o recinto en el que va a realizarse la descontaminación o esterilización; una interfaz de usuario para permitir que el usuario controle el sistema de esterilización, descontaminación o limpieza por plasma o radicales OH, y un medio para monitorizar la concentración de OH y la eficacia del proceso de limpieza (este puede ser un proceso o instrumento externo).

Los radicales OH se introducen en un entorno cerrado y el entorno se llena con una concentración de radicales adecuados para matar las bacterias o los contaminantes que existen dentro de la sección cerrada. Puede usarse una pluralidad de aplicadores de componentes integrados o separados para introducir los radicales OH en el entorno cerrado en una serie de orificios dispuestos alrededor de la periferia del recinto. El dispositivo usado para crear la descarga de ionización y el dispositivo para crear la neblina pueden ser unidades o subconjuntos separados y las dos unidades pueden colocarse en dos localizaciones diferentes dentro del recinto flexible. El instrumental que contiene el generador de microondas, el gas (o mezcla de gases), el generador de neblina, el sistema de control y la interfaz de usuario está localizado preferentemente fuera del entorno cerrado para permitir que el usuario controle el sistema sin quedar expuesto a altas concentraciones de radicales OH.

El recinto puede ser una disposición portátil que puede moverse por el interior de un hospital, por ejemplo, el recinto puede adoptar la forma de un gran paraguas o una tienda de campaña o un globo grande. El fin del recinto es contener y confinar en el mismo los radicales hidroxilo. Esto puede servir tanto para proteger un entorno externo de efectos no deseados como para concentrar los radicales hidroxilo en la zona a esterilizar. Es muy deseable que el recinto pueda transportarse fácilmente sin sufrir daños. Puede ser deseable que el recinto se mueva por toda una sala de hospital de un espacio de cama al siguiente para realizar un proceso de descontaminación en serie sin la necesidad de cerrar la sala del hospital, reduciendo de este modo el tiempo de inactividad o creando recursos adicionales para el tratamiento o el cuidado de los pacientes, por lo que el recinto ideal debería ser adecuado para encerrar un área que contenga una cama, un armario al lado de la cama y cualquier otro mueble del espacio de cama que pueda estar presente en el área. Puede ser preferible que el recinto flexible tenga doble revestimiento o consista en una pluralidad de paredes, revestimientos o membranas con el fin de garantizar que el mayor número posible de radicales OH estén contenidos dentro del espacio cerrado y que pueda mantenerse una alta concentración de radicales OH.

La vida útil de los radicales OH en el aire puede ser de 1 a 3 segundos. Si el recinto es portátil, es posible que durante el uso haya huecos en la superficie de contacto entre sus bordes y los bordes de la zona a esterilizar. Para evitar el escape de radicales OH, la superficie del recinto, especialmente en los bordes, puede recubrirse con un material que actúe como un buen absorbente de radicales OH.

Como alternativa o adicionalmente, el recinto puede sellar la zona a esterilizar. El sellado puede realizarse mediante unos elementos de unión, o, para las partes del recinto que están en contacto con una superficie de suelo, unos elementos pesados (por ejemplo, que contengan arena o similares) que promuevan un buen contacto entre el recinto y el suelo. En lugar de un sello físico, los radicales OH pueden confinarse en el recinto por una presión de retorno generada en los bordes, actuando por lo tanto, por ejemplo, para mover directamente el gas fuera del recinto de nuevo al recinto.

Pueden proporcionarse uno o más ventiladores para distribuir el aire que contiene radicales OH en el espacio en el recinto. El ventilador(es) puede estar localizado dentro del recinto.

Los radicales OH producidos por este sistema, pueden oxidar las bacterias contenidas dentro del espacio de cama en CO₂, H₂O y sales micro inorgánicas. Los radicales OH restantes pueden descomponerse en H₂O y O₂ y así el sistema debe eliminar la contaminación microbiana sin polución, siendo esto de especial importancia en la aplicación prevista, ya que los pacientes y trabajadores de la salud estarán presentes durante el proceso de descontaminación, es decir, un paciente puede estar situado en cualquiera de los lados del espacio de cama en el que tiene lugar la descontaminación durante el tiempo en el que tiene lugar este proceso. El hecho de que puede que no se produzcan daños por productos mediante el proceso de esterilización significa que puede que no sea necesario sellar totalmente el área de espacio de cama que se esté descontaminado, es decir, puede que no sea necesario poner cinta de sellado alrededor de los bordes del recinto donde el cierre entra en contacto con el suelo y que no sea necesario usar sellos herméticos alrededor de los orificios de entrada por donde los radicales OH se introducen en el recinto. Esto también es beneficioso en términos del tiempo de descontaminación, es decir, el recinto portátil puede moverse de un espacio de cama al siguiente en cuestión de minutos.

Sin embargo, también puede ser beneficioso concentrar el radical OH en una zona cerrada para garantizar una tasa de destrucción de bacterias o insectos del 100 %, y puede ser no deseable tener radicales OH llenando continuamente espacios en los que están presentes los pacientes o el personal. El sistema presentado en el presente documento puede crear una alta densidad de radicales OH de una manera controlable para matar todas las bacterias, virus o insectos en una zona parcialmente cerrada donde no pueda provocarse ningún daño a los pacientes o el personal que están presentes en las zonas cercanas al recinto parcial o colocarse en otro lugar dentro de la sala de hospital.

La estructura flexible significa que el recinto puede moverse y prepararse por un solo miembro del personal del hospital. El generador o el instrumental pueden estar localizados en la parte superior de un pequeño carro o contenidos dentro de un recinto hecho a medida con ruedas, por lo que este proceso de esterilización no exige un uso intensivo de recursos. Una vez que se ha descontaminado el espacio de cama, el paciente puede tumbarse de nuevo en la cama con la seguridad de que el sistema de radicales OH ha descontaminado totalmente el área en la que él/ella se encuentra; esto debería proporcionar un alto nivel de comodidad y tranquilidad al paciente.

El instrumental usado para generar el suministro de radicales OH (incluyendo la botella(s) de gas y el cilindro de agua) puede alejarse en un recinto con ruedas de manera que pueda moverse de cama en cama o de sala en sala. El recinto portátil puede fabricarse de un material de tejido o una lámina de plástico con puntales metálicos para darle soporte, es decir, puede usarse una disposición similar a una tienda de campaña o un paraguas.

El aparato puede incluir un medio para reciclar los radicales OH y/o el gas (o mezcla de gases) de nuevo en el sistema para aumentar la eficiencia de la operación en términos de minimizar el gas y la energía eléctrica usados y reducir la introducción de radicales OH dispersos en los espacios alrededor del recinto en el que pueden estar presentes los pacientes o el personal. El sistema para reciclar los radicales OH puede consistir en una disposición que comprende: una o dos cámaras, una primera bomba (motor) para retirar los radicales OH del sistema, una segunda bomba (motor) para reintroducir los radicales de nuevo en el recinto o en el aplicador y una disposición de tuberías o tubos. El sistema también puede incluir una disposición de válvulas unidireccionales. Puede ser preferible usar una pluralidad de tuberías de salida y de entrada para garantizar que los radicales se hacen circular o se distribuyen de manera regular o uniforme dentro del recinto. El sistema también puede contener un ventilador o una disposición de ventiladores para garantizar que los radicales dentro del recinto se mueven por todo el espacio de descontaminación para garantizar que se destruyen con éxito todas las bacterias dentro del espacio. Cuando el gas se extrae y se alimenta de nuevo en el aplicador, puede usarse un combinador de tipo Y para volver a combinar el gas reciclado con el gas (o mezcla de gases) producido por el cilindro(s). La descarga de ionización puede crearse usando aire o aire comprimido; en este caso, puede usarse un generador de aire comprimido para reemplazar el cilindro(s) de gas.

Esta disposición también puede usarse para alimentar el gas (o mezcla de gases) de nuevo en el aplicador(s) para producir más plasma para permitir que se generen nuevos radicales. En esta disposición, el gas (o mezcla de gases) que se logra bombear de nuevo en la cámara se bombea de nuevo hacia fuera y se alimenta en el aplicador o se almacena en una cámara separada listo para su uso. El gas reciclado y el gas procedente del cilindro(s) principal se combinan, a continuación, usando un conector de gas de tipo Y o similar. Esto reducirá la demanda del suministro de gas externo.

El aparato puede incluir un medio para medir el contenido espectral (la longitud de onda y la magnitud) de la energía producida por el sistema en el extremo distal del aplicador en el que se emite el plasma/OH. El sistema de medición puede comprender una disposición de fotodiodos o detectores de luz y el acondicionamiento de señales asociadas, y la información de los diodos puede alimentarse en el sistema de microprocesador o de control para que pueda controlarse la longitud de onda y la intensidad de la UV y el plasma producidos en la salida del sistema. Los fotodiodos son sensores de luz de semiconductores que generan una corriente o tensión cuando la unión P-N en el semiconductor se ilumina con la luz.

La información de intensidad y longitud de onda puede alimentarse de nuevo en el sistema para permitir que se realicen ajustes del nivel de potencia de microondas, el caudal de gas y la mezcla de gases con el fin de optimizar la generación de los radicales OH. Los dispositivos específicos que pueden usarse para implementar los detectores incluyen: fotodiodos de Si, diodos PIN de Si, fotodiodos de Si de tipo multi-elemento y fotodiodos de avalancha de Si (APD). Puede ser preferible integrar una disposición de mini-espectrómetro en el aplicador o la salida del sistema para proporcionar la función de medición de longitud de onda y de intensidad. En tales disposiciones, pueden usarse los siguientes tipos de sensores: sensores CCD, sensores lineales CMOS y sensores de InGaAs. Un dispositivo específico que puede considerarse es un mini-espectrómetro C10082MD o C10083MD de Hamamatsu, que emplea un sensor de imagen lineal CMOS como el detector.

Estos dispositivos pueden usarse para medir la intensidad de luz dentro de la UV y el intervalo de IR cercano de longitudes de onda. Puede emplearse una gama de sensores para permitir que las mediciones de intensidad de luz se realicen dentro del intervalo de longitudes de onda de 200 nm a 2200 nm.

Para el sistema presentado en el presente documento, puede ser preferible usar una disposición de tipo policromador, por lo que se usa una rejilla como el elemento de dispersión de longitud de onda y un detector de tipo matriz se coloca a lo largo del plano focal de la lente de enfoque. Los policromadores están diseñados para permitir la detección simultánea de múltiples espectros, lo que podría ser ventajoso para su uso en nuestro sistema.

El ajustador de impedancia puede estar dispuesto como una red o sintonizador de coincidencias dinámicamente controlado o estáticamente controlado para permitir que la energía de microondas usada para crear el plasma coincida en impedancia con el estado de alta impedancia requerido para excitar el plasma y el estado de baja impedancia requerido para sostener o mantener el plasma. Como alternativa, podría proporcionarse una disposición

de sintonización fija que permita que se produzca una descarga de ionización en el borde delantero de cada pulso de potencia de microondas. Una disposición como esta garantizará que el dispositivo de generación de potencia de microondas, es decir, un magnetrón, esté protegido de daños debidos a los graves desajustes de impedancia que se producen con frecuencia durante la excitación de plasma o la ocurrencia de descargas de ionización, es decir, se hará que la impedancia de salida del magnetrón coincida con la impedancia que se establece dentro de la zona de generación de hidroxilo cuando se producen las descargas de ionización o la excitación de plasma. Puede ser preferible hacer funcionar el sistema en modo pulsado.

El sistema también puede incluir un medio para medir la longitud de onda y la intensidad del plasma/UV/OH producidos en la salida del sistema (el aplicador) y esta información puede usarse en un bucle de realimentación para controlar la longitud de onda y la intensidad de la energía producida por el sistema.

En la presente invención, el nivel de potencia puede ajustarse de una manera controlada, por ejemplo, la energía de microondas puede modularse de una manera controlada usando al menos un modulador o un medio de modulación.

La invención también se basa en la disponibilidad de la humedad que puede producirse o a través del entorno en el que se genera el plasma (aplicaciones dentro del cuerpo) o mediante la introducción de humedad o niebla o neblina en el aplicador a través de medios externos, por ejemplo, la niebla producida por un transductor ultrasónico y un recipiente de agua. La introducción de niebla o neblina o humedad puede usarse para permitir que se produzcan radicales hidroxilo, que se sabe que son eficaces para matar bacterias u hongos.

En la presente memoria descriptiva, la frecuencia de microondas puede usarse ampliamente para indicar el intervalo de 400 MHz a 100 GHz, pero preferentemente el intervalo de 1 GHz a 60 GHz. Las frecuencias de microondas específicas que se han considerado son: 900 MHz, 2,45 GHz, 3,3 GHz, 5,2 GHz, 10 GHz, 14,5 GHz y 24 GHz. La frecuencia de RF puede usarse ampliamente para indicar el intervalo de 50 kHz a 500 MHz. Las frecuencias de microondas específicas que pueden ser de interés son 100 kHz, 500 kHz, 13 MHz, 27,12 MHz, 40,68 MHz, 50 MHz y 100 MHz.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, se explican las características de la invención en la descripción detallada de ejemplos de la invención ofrecida a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema de esterilización para producir radicales hidroxilo que es una realización de la invención;

La figura 2 es un diagrama esquemático de un sistema de esterilización para producir radicales hidroxilo que tiene un sistema de extracción de gas y de reciclaje;

La figura 3 es un diagrama esquemático de otro sistema de esterilización para producir radicales hidroxilo que tiene un sistema de extracción de gas y de reciclaje;

La figura 4 es un diagrama esquemático de otro sistema de esterilización más para producir radicales hidroxilo que tiene un sistema de extracción de gas y de reciclaje;

La figura 5 es un diagrama esquemático de otro sistema de esterilización para producir radicales hidroxilo que tiene un mecanismo de sintonización automática integrado en un aplicador de plasma;

La figura 6 es un diagrama esquemático de otro sistema de esterilización para producir radicales hidroxilo sin un mecanismo de sintonización automática;

Las figuras 7(a), 7(b) y 7(c) son vistas esquemáticas de una válvula de aguja que comprende un solenoide;

La figura 8 es una vista en sección transversal longitudinal de un aplicador de plasma coaxial que tiene dos transformadores de impedancia y una válvula incorporada en una configuración abierta;

La figura 9 es una vista en sección transversal longitudinal del aplicador de plasma coaxial mostrado en la figura 8 en una configuración cerrada;

La figura 10 es una vista en sección transversal longitudinal parcial de un aplicador de plasma coaxial que tiene una válvula incorporada accionada usando dos enrollamientos en una configuración abierta;

La figura 11 es una vista en sección transversal longitudinal parcial del aplicador de plasma coaxial mostrado en la figura 10 en una configuración cerrada;

La figura 12 es una vista en sección transversal longitudinal completa del aplicador de plasma coaxial mostrado en la figura 10;

La figura 13 es una vista en sección transversal longitudinal parcial del aplicador de plasma coaxial mostrado en la figura 11;

Las figuras 14(a) y 14(b) son vistas esquemáticas del circuito de control para una válvula que se usa en un aplicador de acuerdo con una realización de la invención;

La figura 15 es una vista en sección transversal longitudinal de un aplicador de plasma coaxial que tiene cuatro transformadores de impedancia y una válvula incorporada en una configuración cerrada;

La figura 16 es una vista en sección transversal longitudinal de un aplicador de plasma coaxial que tiene dos transformadores de impedancia en el que el gas y la neblina se alimentan a través de la entrada en el conductor externo de un conjunto coaxial;

La figura 17 es una vista en sección transversal longitudinal de un aplicador de plasma coaxial que tiene cuatro transformadores de impedancia en el que el gas y la neblina se alimentan a través de la entrada en el conductor externo de un conjunto coaxial;

La figura 18 es una vista esquemática del circuito de control para una válvula que se usa en un aplicador de acuerdo con una realización de la invención;

La figura 19 es un diagrama esquemático de un sistema de esterilización para producir radicales hidroxilo en el que la fuente de energía es un generador de RF y el aplicador consiste en una estructura coaxial con un solo conductor central;

La figura 20 muestra una realización de un generador de RF adecuado para su uso en el sistema mostrado en la figura 19;

Las figuras 21(a) y 21(b) son vistas de un primer aplicador de plasma que no es una realización de la invención;

Las figuras 22(a) y 22(b) son vistas de un segundo aplicador de plasma que no es una realización de la invención;

Las figuras 23(a) y 23(b) son vistas de un tercer aplicador de plasma que no es una realización de la invención;

Las figuras 24(a) y 24(b) son vistas de un cuarto aplicador de plasma que no es una realización de la invención; y

Las figuras 25(a) y 25(b) son vistas de un quinto aplicador de plasma que no es una realización de la invención.

Descripción detallada; otras opciones y preferencias

La presente invención se refiere a un sistema y un método de generación de radicales hidroxilo en un intervalo de concentraciones para matar bacterias o contaminantes asociados a los entornos hospitalarios, cirugías ambulatorias u otras áreas en las que se requiere realizar una descontaminación segura y eficaz. La invención también puede usarse para matar bacterias o insectos que existen dentro de las alfombras u otros materiales para suelos en hospitales, oficinas u entornos domésticos.

El sistema presentado en el presente documento usa una combinación de energía de microondas o de RF, un gas (o mezcla de gases) y un generador de neblina (o humedad) para producir un suministro controlable de radicales OH que tienen una concentración lo suficientemente alta como para ser útiles para realizar una descontaminación eficaz de espacios cerrados. En la presente invención, el espacio cerrado puede definirse por un recinto portátil o flexible, que puede ser una parte integral del sistema.

Puesto que los radicales OH son unos agentes de esterilización eficientes, el proceso de descontaminación puede tener una duración breve, por ejemplo, solo unos pocos minutos. Por lo tanto, puede ser posible descontaminar grandes áreas, por ejemplo, salas de hospital completas que contienen hasta 50 áreas de espacios de camas, en breves períodos de tiempo.

La invención también puede proporcionar unas estructuras de aplicador que hacen uso del efecto piel en las frecuencias de microondas para permitir que un conductor hueco (o aguja) constituya la sección de transformador final de una estructura de multiplicador de impedancia o una sola estructura coaxial que produce un campo de microondas lo suficientemente alto para generar plasma cuando se combina con un gas (o mezcla de gases) adecuado. En más detalle, el uso de energía en frecuencias de microondas (por ejemplo, 2,45 GHz) para producir el plasma permite que la pared del conductor usado para formar el conductor central del transformador de impedancia final dentro de la estructura de aplicador se mantenga delgada debido al hecho de que el espesor del conductor requerido para permitir que el campo de microondas se propague a lo largo del conductor es proporcional a la inversa de la frecuencia de la energía de microondas. Por esta razón, cuando la profundidad de piel es poco profunda, un conductor sólido puede sustituirse por un tubo hueco sin pérdida en el rendimiento de microondas. La profundidad de piel puede calcularse usando

$$\delta s = \sqrt{\frac{2}{\omega \mu \sigma}},$$

o

$$\delta s = \sqrt{\frac{\rho}{\pi f \mu}},$$

donde δ es la profundidad de piel (m), ω es la frecuencia en radianes (Hz), σ es la conductividad (S), ρ es la resistividad (Ωm), f es la frecuencia (Hz), μ es la permeabilidad del espacio libre (H/m), es decir, $4\pi \times 10^{-7}$ H/m, y π es 3,1415927.

Para las estructuras de pequeño diámetro, es necesario usar la energía en frecuencias de microondas si el espesor de pared exterior se hace lo suficientemente pequeño.

El porcentaje de la potencia transferida en función del espesor de material puede expresarse como

$$\%P = \frac{1 - e^{-x}}{\delta s} \times 100 ,$$

- 5 donde x es el espesor de la capa de metalización (m), y $\%P$ es el porcentaje de la potencia que fluye en un determinado espesor de metalización (W). Esta ecuación predice que para un espesor de metalización de seis profundidades de piel, se transportará el 99,75 % de la potencia.

10 En la frecuencia de interés y para los materiales de conductor central de interés, el espesor de pared requerido será del orden de 5 μm a 100 μm , pero no está limitado a este intervalo, por lo que esto permite que el conductor central sea hueco para que el agua pueda conducirse a través del mismo bajo presión para formar la neblina requerida en el extremo. El espesor de pared actual también dependerá de la conductividad del material usado para implementar el conductor final (o el conductor central de la línea coaxial si la estructura consiste en un solo conductor central, es decir, no tienen lugar transformaciones de impedancia dentro de la estructura) usado para crear el campo requerido.

15 Una ventaja adicional de usar energía de microondas de alta frecuencia es que las longitudes de onda implicadas hacen que sea posible implementar de manera práctica una pluralidad de secciones de transformador de impedancia de un cuarto de longitud de onda dentro de una estructura de aplicador de tamaño razonable, es decir, a 2,45 GHz el cuarto de longitud de onda es de 30,6 mm y a 24 GHz es de 3,125 mm. Puede ser preferible usar un material que pueda soportar altas temperaturas cuando se implementa el conductor final dentro del aplicador o de la

20 sección de transformador final, por ejemplo, puede usarse una varilla o alambre de tungsteno. Para longitudes de más de 20 mm, el tungsteno puede electrodeponerse o recubrirse con un material que sea un buen conductor eléctrico, es decir, plata o cobre, para reducir las pérdidas. El proceso de recubrimiento puede adoptar la forma de un proceso de electrodeposición, es decir, usar nitrato de plata para recubrir la varilla de tungsteno con plata.

25 La sección hueca puede contener una válvula de aguja, que puede ser una válvula de solenoide o una disposición mecánica, para permitir que una neblina o niebla que se produce en el extremo distal del conductor (o aguja), donde se forma el plasma, se combine con el plasma para producir radicales OH de la densidad o la concentración adecuadas que sean útiles para la desinfección y la descontaminación de una serie de entornos externos e internos. La aguja puede contener una boquilla para permitir que tenga lugar una atomización de las moléculas de agua. El

30 aplicador también puede usar una sola estructura de impedancia coaxial o de guía de ondas junto con un mecanismo o sistema de coincidencia o de sintonización de impedancia ajustable para permitir que los estados de alta y baja impedancia se establezcan en el interior del aplicador en el que se generan el plasma y los radicales OH. El aplicador puede ser una estructura coaxial o una estructura de guía de ondas (cargada o descargada).

35 El sistema también puede contener una disposición de fotodiodos dentro del extremo distal de la sección de guía de ondas o de conductor final del aplicador para permitir que se monitoree la longitud de onda y la amplitud del espectro de plasma/UV. Esta información puede realimentarse al sistema de control de generador para permitir que se realicen ajustes del nivel de potencia de microondas o de RF, la frecuencia de modulación y/o el caudal/mezcla de gases para garantizar que se produce la concentración óptima de plasma y/o de radicales OH. Un calorímetro

40 también puede estar contenido dentro del aplicador para medir la energía que se produce en la salida del sistema.

Puede alimentarse agua presurizada en el sistema (por ejemplo, alimentada por succión). En un ejemplo, el gas alimentado puede disponerse para extraer el agua a lo largo del conductor central para crear la neblina. Como alternativa, puede usarse un suministro de agua alimentada por gravedad.

45 El aplicador puede incluir un generador de niebla ultrasónico dispuesto para crear una neblina en el interior del aplicador o en su extremo distal. El generador de niebla ultrasónico puede comprender un transductor ultrasónico configurado para vibrar de manera ultrasónica cerca del extremo distal del aplicador, donde el transductor se recubre con un flujo de líquido, por ejemplo, agua, para que pueda crearse una niebla, que se combinará con el plasma para

50 crear un suministro de radicales OH en la punta del conductor central.

La fuente de radiación puede ser una fuente de energía de microondas o una fuente de energía de RF, por ejemplo, funcionando a 50 MHz o 10 MHz. En este caso, puede usarse un solo conjunto coaxial de impedancia dentro del aplicador para crear el campo E necesario para provocar la descarga de ionización con el gas (o mezcla de gases)

55 preferido. En este caso, se usaría una sola sección de impedancia debido al hecho de que no sería práctico usar secciones de transformador de un cuarto de longitud de onda, es decir, un transformador de un cuarto de longitud de onda a una frecuencia de funcionamiento de 10 MHz es de 7,5 metros de longitud. En esta disposición, puede ser necesario incluir una red de coincidencias automáticas en la salida del generador de RF o dentro del aplicador con el fin de crear la condición de alta impedancia (alta tensión) necesaria para provocar la descarga de ionización inicial

60 seguida por la condición de baja impedancia necesaria para mantener el plasma. Esta red de coincidencias contendría elementos agrupados, es decir, inductores y condensadores físicos en lugar de elementos distribuidos que se usan para describir estructuras coaxiales y de guía de ondas.

El sistema puede contener un mecanismo de coincidencia de impedancia para hacer coincidir la energía de microondas o de RF en el plasma para garantizar que el plasma se excita y se mantiene de manera eficiente, pero la invención no se limita al uso de dicho mecanismo.

5 La fuente de microondas o de RF puede adoptar la forma de un generador basado en transistor de estado sólido, un magnetrón, un tubo progresivo, un klistrón o similares, dependiendo del nivel de potencia de microondas o de RF requerido que, a su vez, depende de la concentración de radicales OH y el volumen de esterilización o el espacio
10 requerido a descontaminar, por ejemplo, un volumen de 1 m³ o más. Puede ser necesario establecer un conjunto de 100 fuentes de plasma con 100 aplicadores que emiten plasma o radicales OH, requiriéndose 100 W de potencia de microondas o de RF para generar el plasma de cada fuente; en este caso, se requerirá un generador de 10 kW. En tal disposición, puede acoplarse una neblina o humedad o niebla controlable en cada fuente de plasma individual en o cerca del penacho de plasma para permitir que se produzcan los radicales OH.

15 Los gases que pueden usarse en la invención incluyen: aire, helio, argón, nitrógeno, aire comprimido, y dióxido de carbono, pero la presente invención no se limita al uso de estos gases específicos. La presente invención no se limita al uso de un solo gas inerte, por ejemplo, pueden usarse diversas concentraciones de argón, aire y helio, es decir, un 1 % de aire y un 99 % de helio.

20 La figura 1 muestra una realización del sistema, que comprende un generador de potencia de microondas o de RF controlable 101, que puede contener un amplificador de estado sólido que hace uso de las siguientes tecnologías de dispositivos de microondas/RF: LDMOS, BJT, IGBT, MOSFET, GaAs o GaN. El requisito de nivel de potencia de microondas requerido para producir una densidad lo suficientemente alta de radicales OH dentro del volumen cerrado también puede lograrse usando las siguientes tecnologías basadas en tubos o cavidades de resonancia:
25 magnetrón, tubo de ondas progresivas, klistrón (klistrón reflejo, klistrón de dos cavidades, klistrón multicavidad), oscilador de ondas regresivas, girotrón, klistrodo/tubo de salida inductivo (IOT), o similares, como los medios de producción de la potencia de salida requerida.

El generador de potencia de microondas/RF también contiene componentes de control y de protección y puede incluir un mecanismo de sintonización para permitir que se establezcan de manera automática estados de alta
30 impedancia y de baja impedancia de acuerdo con la condición de plasma, y un circulador de microondas con una carga de descarga de potencia para proteger el amplificador contra los daños debidos a los altos niveles de potencia reflejada que pueden volver a aparecer debido a un desajuste de impedancia en el aplicador o en otro lugar dentro de la alineación de circuitos de microondas entre el puerto de salida del circulador y el puerto de entrada del aplicador. Los detalles completos del generador de potencia de microondas se ofrecen más adelante en la presente
35 descripción.

Un gas adecuado (o mezcla de gases) 401 se alimenta en el controlador de gas 402, que se usa para controlar el caudal y la mezcla de gases introducidos en el aplicador de entrega de OH 300 basándose en las señales de control proporcionadas por el microprocesador 140. Puede ser preferible usar argón (Ar) como el gas usado para crear el
40 plasma, puesto que también podría usarse Ar para enjuagar el sistema y ya se usa y está disponible en los hospitales.

También se muestra un generador de neblina 505 conectado al aplicador de entrega de OH 300 y controlado por el microprocesador 140. El generador de neblina puede comprender un suministro de agua y una bomba de agua (esto
45 se describirá con más detalle más adelante en la descripción), o un transductor ultrasónico.

El microprocesador 140 se usa para controlar el generador de potencia de microondas 100, el controlador de gas 402 y el generador de neblina 505. El microprocesador puede adoptar la forma de un único ordenador de a bordo, un microcontrolador, un procesador de señales digitales, o una combinación de estos dispositivos. Puede ser
50 preferible que se incluya un segundo microprocesador en el sistema para que actúe como un dispositivo de vigilancia para monitorizar el estado del primer microprocesador (principal) para garantizar que está funcionando correctamente. Una interfaz de usuario 150 está conectada al microprocesador 140 y se usa para que el usuario pueda introducir información en el sistema y visualizarla o emitir información para el usuario.

55 La interfaz de usuario 150 puede adoptar la forma de un monitor de pantalla táctil, un teclado de membrana o una disposición de interruptores o botones y una pantalla LED o LCD, o similares.

El aplicador de entrega de OH 300 recibe la potencia de microondas producida por el generador 100, el gas (o mezcla de gases) del controlador de gas 402 y la neblina (o agua presurizada) del generador de neblina 505 y
60 produce un suministro de radicales hidroxilo. Los detalles más específicos relacionados con el diseño del aplicador de OH 300 se proporcionan más adelante en la presente descripción. El suministro de los radicales OH se canaliza a través de un mecanismo de entrega 301 en un recinto portátil 600. El mecanismo de entrega o canal de entrega 301 puede ser una tubería o tubo flexible que puede acoplarse a la pared del recinto portátil 600 sin fugas ni pérdida de radicales OH 302. El recinto portátil 600 puede ser una tienda de campaña flexible, un paraguas o una disposición
65 similar que puede prepararse para encerrar el espacio o volumen en el que se requiere la esterilización. El recinto portátil 600 y el canal de entrega 301 pueden fabricarse usando un plástico o un tejido flexibles. El recinto 600 puede

comprender una pluralidad de paredes o revestimientos con el fin de minimizar el riesgo de pérdida de radicales OH debido a los daños en el recinto cuando se mueve por todo el hospital o por el desgaste y el desgarramiento general durante el uso. El recinto 600 y el canal 301 podrían combinarse para formar un artículo desechable o podrían reutilizarse. En la disposición mostrada en la figura 1, el volumen o el espacio que se esteriliza contiene un conjunto de cajones 610, una cama 620 y una mesita de noche 630 para representar un típico conjunto de elementos contenidos en el espacio de cama ocupado por un paciente en una típica sala de hospital. La figura 1 también muestra el interior del recinto 600 inundado con los radicales OH 302, que se usan para esterilizar o descontaminar el suelo, los cajones 610, la cama 620 y la mesita 630. Si los radicales OH se escapan debido a los huecos de aire entre la base del recinto portátil 600 y el suelo o debido a los pequeños agujeros o desgarros en el tejido usado para formar el recinto 600 esto no debería suponer ningún riesgo para los pacientes que ocupan los espacios de cama adyacentes debido al hecho de que los radicales OH que no oxidan las bacterias en dióxido de carbono (CO₂), agua (H₂O) y micro sales orgánicas se descompondrán en H₂O (303) y O₂ (304).

Una disposición de ventiladores o una soplante pueden disponerse en el interior del recinto para mover en círculos los radicales OH con el fin de garantizar que se descontamina todo el espacio y los objetos contenidos en el mismo y se destruyen todas las bacterias. Alternativa o adicionalmente, puede localizarse una pluralidad de orificios alrededor de la periferia del recinto flexible para introducir los radicales OH en el recinto.

Puede ser preferible que el recinto portátil 600 sea un material de doble pared o que consista en dos paredes separadas con el fin de garantizar que los radicales OH se confinan en el espacio contenido dentro del recinto portátil.

Puede ser preferible que la parte inferior del recinto portátil 600 se una al suelo u otra superficie requerida para unirse al mismo, es decir, paredes o puertas, usando un método que evite o minimice los espacios de aire con el fin de garantizar que los radicales OH se confinen en el espacio contenido dentro del recinto portátil. Este método puede emplear cinta adhesiva, tiras de velcro, sacos de arena alrededor del borde inferior, o similares. Puede ser necesario que el recinto se una a la pared o una puerta o un tabique, o similares, así como al suelo de una sala de hospital, o similar, con el fin de garantizar que puedan descontaminarse artículos tales como cuadros y radiadores. Puede ser preferible que el recinto solo recubra una pared o una puerta o un tabique, o similares, es decir, que no se una al suelo en absoluto. En estas disposiciones, será necesario garantizar que el recinto se una correctamente a la pared o la puerta o el tabique, o similares. La figura 2 muestra una disposición similar a la proporcionada en la figura 1, pero incluye un sistema de extracción y de reciclaje de gas (o mezcla de gases) sobrante y de realimentación en el aplicador o el dispositivo de entrega de OH 300 para ayudar en la producción de nuevos radicales OH. El sistema de extracción y de reciclaje 800 comprende una tubería o canal o tubo 850 para retirar el gas del recinto portátil 600, una primera cámara 811, una primera bomba 810, una válvula 830, una segunda cámara 812, una segunda bomba 820, un tubo 865 para extraer gas de la segunda cámara 812 y transportarlo al combinador de gases 840, un tubo para transferir gas del controlador de gases 402 al combinador de gases 840, y un tubo 860 para transferir gas del combinador de gases 840 al dispositivo de entrega de OH 300 para permitir que se generen nuevos radicales OH. Las dos cámaras 811, 812, las bombas 810, 820 y la válvula 830 podrían reemplazarse por una sola cámara (811 u 812) y una sola bomba (810 u 820). La ventaja del uso de dos cámaras separadas (con la válvula unidireccional 830 y las bombas 810, 820) puede estar en que da tiempo para que los radicales OH se transformen de nuevo en un gas y alcancen un estado estable antes de reciclarse o de transferirse de nuevo al sistema para crear nuevos radicales OH. La figura 3 muestra una disposición similar a la ofrecida en la figura 1, pero en la que los radicales OH se extraen y se reciclan directamente, es decir, el gas no se extrae y se realimenta en el aplicador para crear nuevos radicales OH, sino que los radicales OH se extraen usando un primer tubo o tubería 850, se alimentan en el sistema de extracción y de reciclaje 800 y se bombean directamente de vuelta en el recinto portátil 600 a través del segundo tubo o tubería 870. Es necesario que el proceso de extracción y de reciclaje se produzca en un periodo de tiempo que sea más corto que la vida útil del radical OH con el fin de garantizar que el radical OH no se convierta en otra forma, es decir, O₂ o H₂O, antes de que se haya completado el proceso de reciclaje.

La figura 4 muestra un sistema similar para la extracción y el reciclaje de los radicales OH, pero en el que se usan dos tubos 850, 855 para aspirar los radicales fuera del recinto portátil 600 y se usan dos tubos 870, 875 para transferir los radicales OH de vuelta al recinto portátil 600. El sistema de extracción y de reciclaje 800 comprende una primera cámara 811 para retener los radicales OH, una primera bomba 810 para aspirar los radicales, una válvula 830 para transferir los radicales OH de la primera cámara 811 a la segunda cámara 812, una segunda cámara 812 para retener o almacenar los radicales OH y una segunda bomba 820 para bombear los radicales OH fuera de la segunda cámara 812 de vuelta a la cámara portátil 600 a través de las tuberías de transporte de OH 870, 875. En esta disposición, el generador de microondas, el sistema de suministro de gas y el generador de neblina se han integrado en una sola unidad, el generador de OH 1000.

La figura 5 proporciona un diagrama más detallado del generador de potencia de microondas 101, el controlador de gas (o mezcla de gases)/gas 401/402, el generador de neblina 505, y el dispositivo de entrega de OH 300. En la disposición específica mostrada en la figura 5, se usa un mecanismo de sintonización dinámica para garantizar que las condiciones de excitación del plasma de alta impedancia y de mantenimiento del plasma de baja impedancia pueden establecerse de manera automática para garantizar que se genera un plasma eficiente.

Considerando la figura 5 con más detalle, la fuente de energía de microondas 10 es preferentemente un oscilador de fuente de microondas de baja potencia, es decir, un dispositivo que es capaz de producir niveles de potencia desde más de -10 dBm a menos de 20 dBm, que produce una sola frecuencia bien controlada, pero en el que esta sola frecuencia puede ajustarse a lo largo de una banda estrecha de frecuencias, es decir, tiene una frecuencia central de 2,45 GHz, que puede ajustarse entre 2,44 GHz y 2,46 GHz. El oscilador de fuente 10 puede ser un oscilador controlado por tensión (VCO), un oscilador resonador dieléctrico (DRO), un oscilador de diodo Gunn o un dispositivo similar que sea capaz de producir una señal de microondas de baja potencia controlable. También puede usarse un sintetizador de frecuencias que comprende una pluralidad de VCO o DRO. Cabe señalar que si va a usarse un dispositivo de generación de potencia de tubo o de cavidad resonante en una realización específica, entonces puede no ser necesario incluir el oscilador de fuente 10.

La salida del oscilador de fuente 10 está conectada al puerto de entrada de un controlador de nivel de potencia 20, cuya función es permitir que el nivel de potencia de la señal procedente del oscilador de fuente 10 se ajuste a lo largo de un intervalo que sea adecuado para permitir que se excite el plasma y, a continuación, permitir que se ajuste la energía de plasma. Este, a su vez, puede controlar el número de radicales OH producidos por el sistema. El controlador de nivel de potencia 20 puede ser un atenuador de diodo PIN que puede ser de tipo reflectante o de absorción. La salida del controlador de nivel de potencia 20 está conectada a la entrada de un primer modulador 30, cuya función es conectar y desconectar (modular) la potencia de microondas producida en la salida del controlador de potencia 20 usando una señal producida por el microprocesador 140 para permitir que la potencia de microondas de salida producida en la salida del amplificador de potencia 500 esté en un formato pulsado en lugar de un formato de onda continua. La capacidad de controlar la acción de conmutación del primer modulador 30 permite controlar (modular) el tiempo de encendido de pulso, el tiempo de apagado de pulso y el formato de pulso. Esto permite determinar la relación entre los tiempos de encendido y apagado (el ciclo de trabajo) y la frecuencia (la inversa de la suma del tiempo de encendido y el tiempo de apagado). El esquema de modulación empleado en este caso puede no ser necesariamente periódico, es decir, puede consistir en un tren de pulsos con diversos ciclos de trabajo y frecuencias. La capacidad para controlar de esta manera los tiempos de encendido y de apagado de pulso proporciona un medio adicional para controlar la energía producida por el plasma y el número o la densidad de los radicales OH producida por el sistema.

La salida del primer modulador 30 se alimenta en la entrada del amplificador de potencia 500. El amplificador de potencia 500 es, preferentemente, un amplificador basado en semiconductor cuya función es amplificar el nivel de potencia en la salida del primer modulador 30 a un nivel que sea suficiente para permitir que se excite un plasma y para permitir que se entregue la energía suficiente en el plasma para que el plasma produzca un efecto clínico útil en términos de reducir o matar bacterias o virus y para que el plasma se combine con una neblina para permitir que se produzcan radicales OH con una concentración lo suficientemente alta para permitir que tenga lugar la descontaminación o esterilización eficaz de un entorno externo, o un recinto cerrado. El amplificador de potencia 500 puede comprender una pluralidad de etapas, es decir, etapa de accionador, etapa de preamplificador y etapa de alta potencia. El amplificador puede usar los siguientes dispositivos semiconductores: transistores bipolares de unión de alta frecuencia (BJT), transistores bipolares de heterounión (HBT), transistores de efecto campo metal-óxido-semiconductor (MOSFET), o transistores de efecto campo metal-semiconductor (MESFET). En términos de los materiales semiconductores que pueden usarse para fabricar estos dispositivos, son de especial interés el arseniuro de galio (GaAs) y el nitruro de galio (GaN). Los FET de GaN ofrecen una mayor eficiencia (potencia de salida de microondas/potencia de entrada CC) en comparación con los FET de GaAs. Esta característica es de especial interés cuando se desarrolla un sistema de plasma que es capaz de proporcionar energía de microondas de alta potencia, ya que se reducen los efectos térmicos provocados por las pérdidas de potencia de CC, lo que aumenta la portabilidad del sistema y minimiza los problemas de diseño térmico que deben superarse cuando se desarrolla el sistema.

Para aplicaciones relacionadas con la esterilización o la descontaminación de salas de hospital o espacios de hospital u otras aplicaciones en las que un paciente no está implicado directamente con el tratamiento de plasma, puede ser necesario crear grandes cantidades de radicales OH o de plasma. Por ejemplo, para cubrir una sección del suelo de una sala de hospital, o para esterilizar un colchón de una cama de hospital, que pueden estar infectados con el virus SARM u otros contaminantes. Por lo tanto, puede ser deseable usar un conjunto de aplicadores de plasma que contienen un mecanismo integral para generar una neblina para permitir que se generen radicales OH y en el que la fuente de potencia de microondas podría derivarse de un dispositivo de generación de energía de microondas de potencia más alta, tal como un magnetrón o un klistrón, un tubo de ondas progresivas (TWT), un tuistrón (combinación híbrida de un accionador klistrón y una sección de salida TWT juntos en el mismo desarrollo), o un girotrón. Es más difícil controlar el nivel de potencia producida por estos dispositivos de lo que es cuando se usan dispositivos semiconductores, pero esto puede no ser un problema cuando el plasma y/o los radicales OH producidos por el sistema de limpieza no están en contacto directo con el tejido del paciente. Por ejemplo, se han obtenido niveles de potencia pulsada de más de 10 MW usando el tuistrón y los klistrones multicavidad. Las realizaciones prácticas pueden incluir magnetrones similares a los usados en los hornos de microondas disponibles en el mercado.

Es deseable poder desconectar los suministros de potencia de dispositivo principales (el suministro de drenaje en los FET y el suministro de colector en los BJT) durante los períodos en los que no se requiere producir potencia de

microondas, es decir, cuando el contacto de conmutador del primer modulador (conmutador PIN) 30 está en la posición de apagado. Para realizar esta función puede emplearse un segundo modulador 130. El segundo modulador 130 puede estar compuesto de una pluralidad de conmutadores MOSFET o BJT de potencia de frecuencia más baja que permiten que los suministros de potencia de CC se conecten a los BJT o FET de potencia de alta frecuencia solo cuando se requiere generar potencia de microondas para producir el plasma y los radicales OH. El funcionamiento de los dispositivos de potencia de frecuencia más baja que forman el segundo modulador 130 pueden controlarse variando la tensión de puerta o corriente base de los FET de potencia o los BJT de potencia, respectivamente. Las señales de control necesarias para accionar el segundo modulador (tensiones de puerta-fuente necesarias para el encendido y apagado de los FET) se proporcionan por el microprocesador 140 y las señales usadas para controlar el funcionamiento del segundo modulador 130 pueden sincronizarse con la señal de control usada para controlar el funcionamiento del primer modulador 30. El segundo modulador 130 puede tener un tiempo de respuesta más lento que el del primer modulador 30, por lo tanto, puede ser deseable modular o pulsar usando el primer modulador 30 dentro de una ventana de tiempo cuando el segundo modulador 130 está habilitado o conectado. Por ejemplo, el segundo modulador 130 puede conectarse durante un intervalo de tiempo de 100 ms y desconectarse durante un intervalo de tiempo de 1 segundo; durante el período de encendido, el primer modulador 30 puede producir 50 pulsos con un tiempo de encendido de 1 ms y un tiempo de apagado de 1 ms, es decir, un ciclo de trabajo del 50 % durante la ventana de 100 ms. El primer modulador 30 y el segundo modulador 130 permiten controlar la energía producida por el plasma y la generación de radicales OH para garantizar unos efectos clínicos óptimos en términos de matar las bacterias y/o los virus asociados al cuerpo humano o animal y lograr la descontaminación o esterilización de los espacios hospitalarios.

La salida del amplificador de potencia de microondas 500 se alimenta en el puerto de entrada del circulador de potencia de microondas (o aislador de potencia) 50, cuya función es garantizar que los altos niveles de potencia de microondas reflejada, debido a los desajustes de impedancia en el aplicador 300 o cualquier otro lugar en la trayectoria entre el aplicador 300 y el puerto de entrada al primer acoplador de potencia de avance 60, no puedan dañar la etapa de salida del amplificador de potencia 500. En la disposición mostrada en la figura 5, se muestra una carga de descarga de potencia 51 de 50Ω conectada al tercer puerto del circulador de potencia de microondas 50. Cualquier potencia que llegue a reflejarse de vuelta a lo largo de la trayectoria mencionada anteriormente entre el aplicador 300 y el primer acoplador 60 será absorbida por la carga de descarga de potencia 51.

El puerto de salida del circulador de potencia de microondas 50 está conectado con el puerto de entrada de línea principal del primer acoplador direccional de potencia de avance 60, cuya función es tomar muestras de una parte de la potencia que va hacia delante producida por el amplificador de potencia 500. Esta información puede usarse para controlar el nivel de potencia de microondas producida por el amplificador de potencia 500 para garantizar que el nivel de potencia demandada es el mismo que el nivel de potencia suministrada (real), es decir, esta información puede usarse en un bucle de control de realimentación para ajustar automáticamente la potencia de entrada que entra en el amplificador con el fin de compensar la variación de potencia de salida provocada por el calentamiento o el envejecimiento de los componentes de microondas usados en la alineación de circuitos, u otros cambios de componentes. La información proporcionada por el primer acoplador direccional que va hacia delante 60 también puede usarse en el algoritmo de sintonización para controlar la posición de los tetones usados en la red de coincidencias (o filtro de sintonización) 100. La salida de línea principal del primer acoplador direccional de potencia de avance 60 está conectada al puerto de entrada de línea principal del primer acoplador direccional de potencia reflejada 70, cuya función es tomar muestras de una parte de la potencia reflejada que vuelve desde el puerto de entrada del filtro de sintonización 100, debido a un desajuste de impedancia provocado o por la posición de los elementos de sintonización o por la configuración de impedancia en el interior del filtro de sintonización o por la configuración de impedancia en el aplicador 300 de acuerdo con el estado del plasma o la concentración de radicales OH en el extremo distal del aplicador 300 y los dos transformadores de impedancia dentro del aplicador 300. La información proporcionada por el primer acoplador direccional de potencia reflejada 70 también puede usarse en el algoritmo de control para controlar la posición de los tetones usados en la red de sintonización de tetones (o filtro de sintonización) 100. Esta información también puede usarse como parte de un mecanismo de seguridad para monitorizar la condición de los componentes de microondas usados en la alineación de circuitos.

La salida de línea principal del primer acoplador direccional de potencia reflejada 70 está conectada al puerto de entrada del filtro de sintonización 100, cuya función es configurar una condición que permita la impedancia del aplicador 300 para que sea de tal manera que el plasma pueda, en primer lugar, excitarse (alta impedancia) y, a continuación, mantenerse (baja impedancia). La condición para que se excite el plasma es una condición de alta tensión (alta impedancia) y para que se mantenga es una condición de alta corriente (baja impedancia). El filtro de sintonización 100 puede ser un sintonizador de tetón que contiene un único o una pluralidad de varillas o tetones de sintonización, o puede ser una disposición de diodos varactores o de PIN de potencia, en la que se cambia la tensión de polarización en cada diodo para permitir que varíe la capacitancia. Esta variación de capacitancia se usa para permitir que se establezcan las condiciones sintonizadas basándose en los requisitos del estado de plasma. En el sistema mostrado en la figura 5, se incluye una unidad de ajustador de tetón 110; esta se asocia con un mecanismo de sintonización mecánica, en el que las varillas de sintonización se mueven dentro y fuera de una cavidad de guía de ondas, por ejemplo, una sección rectangular o cilíndrica hueca fabricada de un material con una alta conductividad. En este caso, se muestran tres tetones de sintonización, pero la presente invención no se limita al uso de tres, es decir, pueden usarse uno, dos, o cuatro. Puede ser preferible emplear tres tetones de sintonización

debido al hecho de que tres tetones permitirán que cualquier impedancia, desde un circuito abierto a un cortocircuito, se configure dentro de la cavidad de guía de ondas. Las señales usadas para controlar el ajustador de tetones proceden del microprocesador 140, y estas señales pueden basarse en las señales producidas por la unidad de detección 120 de acuerdo con la información disponible en los puertos acoplados de los acopladores direccionales 60, 70, 80 y 90. Las señales de control proporcionadas al ajustador de tetones 110 también pueden tener la forma de dos formatos de señales fijas; el primero para crear una condición de alta impedancia conocida que se usa para excitar el plasma, y el segundo para crear una condición de baja impedancia conocida para mantener el plasma. El ajuste dinámico de los tetones de sintonización también puede usarse para optimizar y controlar la energía de plasma y la concentración de OH producida por el sistema.

Cuando las realizaciones de la presente invención emplean una red de sintonización similar a la mostrada en la figura 5, puede que no sea necesario incluir transformadores de impedancia dentro del aplicador 300 debido al hecho de que la red de sintonización 100 es capaz de establecer cualquier impedancia. En este caso, puede ser deseable diseñar un aplicador coaxial o de guía de ondas usando cables coaxiales o cavidades de guías de ondas convencionales que soportan un TEM o el modo dominante, respectivamente.

Podría usarse un controlador PID entre el microprocesador 140 y el ajustador de tetones 110 para controlar la respuesta del ajustador de tetones electromecánico 110. Como alternativa, las funciones de control PID pueden manejarse por el microprocesador 140. Una alternativa adicional es reemplazar el sistema de sintonización mecánica con una disposición de diodos varactores o de PIN de potencia, en la que la tensión de polarización aplicada a los diodos se usa para ajustar la capa de agotamiento dentro de los diodos para producir una variación de capacitancia que puede usarse para establecer las condiciones de alto campo E y alto campo H deseadas en el extremo distal del aplicador 300.

El puerto de salida del filtro de sintonización está conectado a la entrada de línea principal del segundo acoplador direccional de potencia de avance 80, cuya función es tomar muestras de una parte de la potencia que va hacia delante saliendo del filtro de sintonización o red de sintonización 100. Esta información puede combinarse con la información producida en el puerto acoplado del primer acoplador de potencia de avance 60 (o usarse de manera independiente) para controlar el nivel de potencia de microondas producida por el amplificador de potencia 500 para garantizar que el nivel de potencia demandada es el mismo que el nivel de potencia suministrada (real), es decir, esta información puede usarse en un bucle de control de realimentación para ajustar automáticamente el nivel de potencia de entrada que entra en el amplificador para compensar la variación de potencia de salida provocada por el calentamiento o el envejecimiento de los componentes de microondas usados en la alineación de circuitos, o los cambios en las características del filtro de sintonización 100. La información proporcionada por el segundo acoplador direccional que va hacia delante 80 también puede usarse en el algoritmo de sintonización para controlar la posición de los tetones usados en la red de sintonización de tetones (o filtro de sintonización) 100. La salida de línea principal del segundo acoplador direccional de potencia de avance 80 está conectada al puerto de entrada de línea principal del segundo acoplador direccional de potencia reflejada 90, cuya función es tomar muestras de una parte de la potencia reflejada que vuelve del conjunto de cables de microondas 200 debido a un desajuste de impedancia provocado por la impedancia establecida dentro del aplicador 300, de acuerdo con el estado del plasma o la concentración de radicales OH producidos en el extremo distal del aplicador 300 y los dos transformadores de impedancia contenidos dentro del aplicador 300. La información proporcionada por el segundo acoplador direccional de potencia reflejada 90 también puede usarse en el algoritmo de sintonización para controlar la posición de los tetones usados en la red de sintonización de tetones (o filtro de sintonización) 100. Esta información también puede usarse como una parte de un mecanismo de seguridad para monitorizar la condición de los componentes de microondas usados en la alineación de circuitos, es decir, usados para detectar una rotura en la alineación de circuitos o una conexión suelta o cualquier otro defecto que pueda producirse en la alineación de circuitos de microondas desde la salida del acoplador de medición al extremo distal del aplicador 300.

La salida de línea principal del segundo acoplador direccional de potencia reflejada 90 está conectada al extremo proximal del conjunto de cables de microondas 200, cuya función es transportar la energía de microondas usada para excitar y mantener el plasma y generar una concentración de radicales OH desde el generador de microondas controlable al aplicador 300. El conjunto de cables de microondas 200 puede tomar la forma de un cable coaxial diseñado para soportar la propagación de la energía de microondas en la frecuencia de interés, o cualquier otra estructura de transporte de energía de microondas de baja pérdida, por ejemplo, una guía de ondas flexibles o flexibles/retorcibles.

El extremo distal del conjunto de cables de microondas 200 está conectado al extremo proximal del aplicador 300, cuya función es tomar la energía de microondas, el gas (o mezcla de gases) y el agua presurizada en el dispositivo y usarlos para producir plasma y radicales OH adecuados para realizar la descontaminación o la esterilización eficaz de los espacios de cama o los objetos o para matar las bacterias/virus asociados al tejido biológico humano o animal. El aplicador mostrado en la figura 5 comprende un primer transformador de impedancia 390-310, un segundo transformador de impedancia 390-320, un conector de entrada de microondas 180, un medio de introducción de agua (o agua presurizada u otro material) 485 en la zona central del conductor hueco 320, un medio de introducción de un gas (o una mezcla de gases u otro material) 475 en la zona central del conductor hueco 320, un sistema de válvula de aguja y de accionamiento para controlar el flujo del agua (o agua presurizada), una boquilla

para atomizar las moléculas de agua 324, un medio 900 de medición de la longitud de onda y la intensidad de la energía producida por el aplicador y las tuberías o tubos de acoplamiento 470, 480 para suministrar el gas (o mezcla de gases) y el agua (o agua presurizada), respectivamente, en la estructura de aplicador general 300.

Los niveles (o señales) de potencia de avance y reflejada muestreados disponibles en los puertos acoplados de los acopladores direccionales 60, 70, 80, y 90 se alimentan en la unidad de detección 120, cuya función es acondicionar las señales producidas por los acopladores para proporcionar o la información de amplitud o la información de amplitud y fase en las entradas del microprocesador 140, en el que esta información de amplitud o de amplitud y fase se extrae y se usa para controlar el filtro de sintonización 100. La información procedente de los puertos acoplados de los acopladores direccionales 60, 70, 80, y 90 puede encaminarse a la unidad de detección 120 usando un conmutador PIN unipolar de cuatro posiciones o un conmutador coaxial controlado por las señales producidas por el microprocesador 140 para permitir que se use un único detector para procesar la información producida por los cuatro acopladores. También puede usarse una disposición de conmutadores controlables electrónicamente separados para lograr la misma función.

La unidad de detección 120 puede adoptar la forma de un detector de diodos, un detector homodino o un detector heterodino. Cuando se usa un detector de diodos, este puede adoptar la forma de un diodo túnel, un diodo Schottky o cualquier otro diodo que pueda hacerse funcionar como un rectificador en la frecuencia de interés para proporcionar una información de amplitud o de magnitud adecuada en relación con los niveles de potencia de avance y reflejada disponibles en los acopladores direccionales 60, 70, 80, o 90. El diodo forma parte de un circuito de acondicionamiento de señales que incluye la compensación de variación de temperatura. Un ejemplo de un circuito de este tipo es uno que contiene un termopar que produce un cambio en la resistencia de acuerdo con un cambio en la temperatura o un circuito que contiene dos diodos emparejados. El detector homodino pueden adoptar la forma de un mezclador de microondas y un oscilador local que funciona en la misma frecuencia que la señal producida por el oscilador de microondas 10 para permitir que se extraiga la información de banda base para proporcionar una información de magnitud y de fase. El detector heterodino puede adoptar la forma de al menos un mezclador de frecuencias de microondas y al menos un oscilador local, en el que la frecuencia del oscilador local se compensa con respecto a la frecuencia de señal (principal) de medición. En esta configuración, la frecuencia(s) del oscilador local es diferente de la producida por el oscilador de microondas 10. Esta disposición también puede contener unos filtros de paso de banda y de paso bajo para filtrar señales en las frecuencias no deseadas contenidas dentro de la señal de frecuencia intermedia (IF) producida en la salida del mezclador(es) de frecuencias de microondas y para eliminar las señales producidas en la frecuencia(s) del oscilador local o en la frecuencia del oscilador de microondas principal 10 cuando se producen dentro de la alineación de circuitos de microondas en localizaciones en las que no son deseadas. Puede emplearse una disposición de mezclador I-Q cuadrada para permitir que se extraiga información de magnitud y de fase de la señal de banda base.

La unidad de controlador 140 se usa para controlar el funcionamiento del sistema de generación de plasma y de radicales OH. Es responsable de controlar el funcionamiento de los siguientes componentes usados en el sistema: el controlador de nivel de potencia 20, el primer modulador 30, el segundo modulador 130, el mezclador de gases 400, los conmutadores de flujo 430-440, los controladores de ajuste de flujo 450-460, el generador de aire comprimido 420, el ajustador de tetones 110, la bomba de agua 502, la fuente de corriente 700, y la interfaz de usuario 150. El microprocesador 140 también lee las señales producidas por la unidad de detección 120 y el circuito de detección de fotodiodos 910 y usa esta información para calcular los ajustes requeridos por las posiciones de los tetones de sintonización, el caudal del agua usada para crear la neblina, el caudal de la mezcla de gases, y el nivel de potencia de microondas y el formato de modulación. Es deseable determinar cuándo introducir la mezcla de gases en el aplicador 300 en relación con la energía de microondas proporcionada por el amplificador 500. Es deseable garantizar que el aplicador 300 esté lleno de gas antes de introducir la energía de microondas en la estructura con el fin de garantizar que se excite el plasma, o se produzcan las descargas de ionización, tan pronto como se active la fuente de microondas. También es deseable garantizar que se establecen las condiciones correctas u óptimas en el interior del sintonizador de tetones antes de que se active la fuente de microondas. Una secuencia de sucesos que se relacionan con la configuración y el funcionamiento del sistema puede ser la siguiente:

1. Establecer los tetones en una posición en la que se producirá una alta impedancia conocida en el extremo distal del segundo conductor 320 del segundo transformador de impedancia 390-320;
2. Determinar el caudal de gas, la mezcla de gases, y la secuencia de pulsos requeridos para producir la concentración de plasma y de radicales OH óptima para la aplicación específica;
3. Determinar el nivel de potencia de microondas y el formato de modulación requerido para producir la concentración de plasma y de radicales OH óptima para la aplicación específica;
4. Determinar el caudal de agua requerido para producir una neblina adecuada para permitir que se genere una concentración adecuada de radicales OH;
5. Introducir la mezcla de gases en el aplicador;
6. Activar la fuente de corriente 700 para permitir que la válvula de aguja se abra para permitir que se cree agua nebulizada en el extremo distal del conductor central 320;
7. Después de un período de tiempo, cuando pueda garantizarse que el aplicador está lleno de gas y se ha creado una neblina, introducir la energía de microondas en el aplicador;
8. A continuación, una concentración útil de radicales OH debe estar disponible en el extremo distal del aplicador.

- 5 Cuando el sistema está funcionando en el modo de pulso, puede ser deseable detener el flujo de gas durante el tiempo que la fuente de microondas está en el estado de apagado y empezar de nuevo justo antes de conectar de nuevo la energía de microondas. Por ejemplo, la potencia de microondas puede suministrarse usando un ciclo de trabajo del 10% cuando el tiempo de encendido es de 10 ms y el tiempo de apagado es de 90 ms. En este caso, puede ser deseable iniciar el flujo de gas 5 ms antes del inicio del pulso de microondas y apagarlo 5 ms después de que la energía de microondas se haya desconectado, por lo que durante cada 10 ms de energía de microondas el gas fluirá durante 20 ms, por lo que para un ciclo de trabajo del 10% de potencia de microondas, el ciclo de trabajo para el suministro de gas será del 20%. En esta disposición, en un período de tiempo (o un pulso) el consumo de gas se reducirá por un factor de 5.
- 10 Puede ser deseable detener el flujo de gas al mismo tiempo que se desconecta la potencia de microondas ya que llevará un tiempo finito para el gas cesar el flujo dentro del aplicador.
- 15 También puede ser necesario comenzar inicialmente el flujo de gas durante un período de tiempo más largo con el fin de garantizar que el gas ha alcanzado el aplicador y ha tenido tiempo suficiente para que pueda llenar el interior del aplicador.
- 20 Una función adicional de la unidad de microprocesador 40 es activar las alarmas y manejar las características de seguridad y los procedimientos de apagado del sistema en el caso de que se produzca un fallo. Puede ser necesario incluir una segunda unidad de microprocesador o un dispositivo similar en el sistema que pueda usarse como un dispositivo de vigilancia para manejar los procedimientos de monitorización de seguridad y de apagado del sistema.
- 25 La unidad de microprocesador 40 puede adoptar la forma de un ordenador de una sola tarjeta, un microcontrolador (o dispositivo PIC), un ordenador de una sola tarjeta y un dispositivo PIC (usado como un dispositivo de vigilancia), más de un ordenador de una sola tarjeta, más de un dispositivo PIC, un procesador de señales digitales, o cualquier combinación de estos dispositivos.
- 30 La interfaz de usuario 150 proporciona un medio para permitir al usuario controlar el sistema y proporciona información al usuario con respecto al estado y el funcionamiento del sistema. La interfaz de usuario puede tener la forma de un monitor de pantalla táctil, una pantalla plana LCD y un conjunto de teclas de membrana, o cualquier otro medio de emisión y de introducción de información de usuario.
- 35 El subsistema responsable del control del gas o de la mezcla de gases está compuesto de al menos un cilindro de gas 410 y/o un generador de aire comprimido 420, un medio para controlar la velocidad de flujo de los gases, y un medio para mezclar los gases entre sí. La velocidad de flujo del gas puede controlarse usando una válvula de flujo con un controlador de flujo en combinación con un conmutador de flujo adecuado, que puede ser un conmutador de solenoide. En las realizaciones específicas de la invención, pueden no implementarse los conmutadores de flujo 430, 440 y el ajuste de flujo puede implementarse usando los controladores de ajuste de flujo 450, 460. Por otro lado, pueden omitirse los controladores de ajuste de flujo 450, 460, y el control de flujo puede implementarse por el ajuste mecánico de la válvula conectada al cilindro de gas 410 combinado con el control eléctrico del conmutador de flujo 430, 440. En el caso de que se use un generador de aire comprimido 420, puede ser posible hacer funcionar el sistema usando solo el conmutador de flujo 440. Puede necesitarse el mezclador de gases 400 cuando se use más de un tipo de gas y sea necesario optimizar la mezcla o variar la mezcla durante el funcionamiento.
- 40 El mezclador de gas 400 puede adoptar la forma de un dispositivo neumático que funciona equilibrando las presiones de los suministros de gas de entrada para garantizar que los gases componentes se mezclan a la misma presión independientemente de sus presiones de entrada y caudales individuales. Los gases pueden combinarse en una cámara alimentada por orificios variables, que se establecen por el control de mezcla. Los mezcladores pueden venir establecidos de fábrica para los gases especificados. Por ejemplo, si se considera un sistema de dos gases, el control de mezcla puede calibrarse directamente en cualquier proporción. Este único control establece la mezcla requerida. En un mezclador de tres gases, en el que hay dos reguladores proporcionales, la proporcionalidad puede establecerse con dos controles para establecer la mezcla total.
- 45 Cuando el flujo es intermitente, es decir, para el funcionamiento por pulsos, puede requerirse una válvula de control especial para garantizar la alimentación precisa de un tanque de balasto. Puede añadirse la creación de alarmas y sensores para monitorizar las condiciones de presión en el mezclador para garantizar unas condiciones de mezcla correctas y para garantizar que ninguno de los cilindros está vacío.
- 50 El funcionamiento del mezclador de gases 400, los conmutadores de flujo 430, 440, los controladores de ajuste de flujo 450, 460, y el generador de aire comprimido 420, se controla usando el microprocesador 140, y el ajuste de estos dispositivos puede tener lugar usando un sistema de realimentación de bucle cerrado en el que los ajustes se basan en las señales de realimentación procedentes de la unidad de detección 120 y/o el circuito detector de fotodiodos 910.
- 55 El suministro de agua 501 puede adoptar la forma de un tanque o recipiente que puede contener un volumen de agua necesario para permitir que se realice la descontaminación sin la necesidad de rellenar de manera continua el
- 60
- 65

sistema con agua, por ejemplo, puede usarse un recipiente de 10 litros. Puede ser preferible conectar el tanque de suministro de agua 501 a un suministro de agua externo para evitar que el nivel caiga por debajo de un límite especificado. Puede ser deseable incluir un sensor de nivel y una válvula accionada electrónicamente para permitir que el agua entre en el tanque de una manera controlable. La señal procedente del sensor de nivel se introducirá en el microprocesador 140 y las señales de control necesarias para accionar la válvula se proporcionarán por el microprocesador 140 (el suministro de agua externo, el sensor de nivel y la válvula de control de agua no se muestran en este caso). El suministro de agua desde el tanque 501 se alimenta en la bomba de agua 480, cuya función es suministrar agua bajo presión en el aplicador 300, a través de las tuberías de alimentación 480, 485. El funcionamiento de la bomba de agua se controla usando las señales de control proporcionadas por el microprocesador 140. La primera tubería de alimentación 480 debe fabricarse de un material que sea flexible y estanco al agua y que permita el suministro de agua a transportar desde el sistema que contiene la fuente de microondas o de RF, el gas (o mezcla de gases) y el generador de neblina al aplicador 300. La presión de agua será tal que el agua pueda empujarse por el conductor central 320. La segunda tubería de alimentación 485 debe formarse a partir de un material dieléctrico de baja pérdida que no altere el campo de microondas establecido en el interior del aplicador 300. La tubería de alimentación 485 puede actuar como un tetón de sintonización, por lo que introduce una reactancia capacitiva o inductiva en el punto de entrada; si este es el caso, puede ser necesario introducir un segundo tetón de sintonización en el sistema para crear una coincidencia conjugada o para anular la reactancia introducida por la segunda tubería de alimentación 485 (este tetón de sintonización no se muestra en la figura 5). Se usa una tercera tubería de alimentación 475 para introducir el gas (o mezcla de gases) en el sistema. La tercera tubería de alimentación también puede introducir una reactancia adicional, por lo que la posición de la tercera tubería puede disponerse de tal manera que proporcione la coincidencia conjugada necesaria para anular la reactancia introducida por la segunda tubería de alimentación 485.

Considerando ahora el aplicador 300 en más detalle, la realización ofrecida en la figura 5 muestra una estructura de microondas que contiene dos transformadores de impedancia compuestos por un primer conductor central 310, un segundo conductor central 320 y un conductor externo común 390. Es preferible que las longitudes de los conductores centrales primero y segundo 310, 320 sean iguales a un múltiplo impar de un cuarto de la longitud de onda en la frecuencia de funcionamiento; los detalles completos del funcionamiento de esta estructura de microondas, junto con una estructura que contiene cuatro transformadores, se ofrecen a continuación en la descripción que hace referencia a las figuras 16 y 17.

La energía de microondas se alimenta en la estructura a través del conector 180, que puede ser un conector de microondas de tipo N, uno de tipo SMA o uno de tipo 7/16". El segundo conductor central 320 puede hacerse hueco en virtud del hecho de que la corriente de microondas fluye en el exterior del conductor debido a un fenómeno conocido como el "efecto piel" y por el que solo se requiere una fracción del conductor para propagar la energía de microondas, por ejemplo, puede requerirse menos de 0,1 mm en una operación de 2,45 GHz cuando el conductor está fabricado de un material altamente conductor, es decir, cobre, latón o plata. El hecho de que el efecto piel permita que el conductor central sea hueco, se usa para permitir que una disposición de válvula se inserte en el interior del conductor 320. Esta válvula puede conocerse como una válvula de aguja y puede adoptar muchas formas; estas serán conocidas para un experto en la materia. La disposición de válvula mostrada en la figura 5 consiste en un resorte 321, cuyo primer extremo está fijado a la pared de extremo del primer conductor central 310 y cuyo segundo extremo está conectado al primer extremo del émbolo o varilla de válvula 322. Es preferible que el émbolo o varilla 322 se fabrique de un material que tenga una alta permeabilidad relativa, es decir, mayor de 100, para permitir que se genere una fuerza lo suficientemente alta como para mover la varilla o émbolo 322 cuando está magnetizado. Los posibles materiales que pueden usarse para lograr esto incluyen: níquel, cobalto, manganeso, cromo y hierro, que también se conocen como materiales ferromagnéticos. La varilla o émbolo 322 está rodeado por una bobina de alambre 730, que también está contenida, preferentemente, dentro de segundo conductor 322. También puede ser preferible que la bobina de alambre 730 se enrolle alrededor de un conformador no metálico que aloja el émbolo 322 y se inserta en el interior del segundo conductor central 320. Se requiere una corriente de magnetización para producir un campo magnético para alinear los dominios magnéticos dentro del émbolo 322 para producir una fuerza que permita mover el émbolo 322. La disposición ofrecida en la figura 5 representa la situación por la que no se aplica la corriente de magnetización a la bobina 730 y la válvula está abierta y por la que el agua fluirá a lo largo de segundo conductor central 320. Una junta o arandela 323 está fijada a la pared interna del segundo conductor central 320 y cuando el segundo extremo del émbolo 322 se empuja contra la junta 323 puede bloquearse el flujo de agua a lo largo del conductor.

El extremo distal del segundo conductor central 320 contiene una boquilla 324, que se usa para atomizar las moléculas de agua que salen del extremo del conductor 320 para permitir que se forme una neblina.

La corriente de magnetización requerida para mover el émbolo o varilla 322 se proporciona por una fuente de corriente 700. La fuente de corriente 700 puede ser una fuente de corriente controlada por tensión, que puede adoptar la forma de un MOSFET, en la que el nivel de tensión de puerta-fuente (V_{gs}) gobierna la corriente de drenaje (I_d) que fluye a través de la bobina 730, o una fuente de corriente controlada por corriente, que puede adoptar la forma de un transistor bipolar de unión (BJT), en la que la corriente de base (I_b) controla la corriente de colector (I_c) que fluye a través la bobina. Como alternativa, puede ser preferible usar un amplificador operativo configurado como una fuente de corriente controlada por tensión, que puede configurarse para permitir que una fuente, o señal, de

tensión de alta impedancia disponible a partir de un conversor de digital a analógico (DAC) contenido dentro de un microprocesador 140 controle el nivel de corriente que fluye a través del solenoide o bobina 730.

- 5 Un circuito para tal fuente de corriente controlada por tensión se ofrece en la figura 18, que muestra una disposición que consiste en un amplificador operativo configurado como un conversor de tensión a corriente, en el que la corriente (i) que fluye a través de la bobina o solenoide 730 para producir una fuerza (F) para mover el émbolo 322 puede expresarse como

$$i = - \left[\frac{V_{\text{entrada}} R_f}{R_s R_i} \right],$$

- 10 donde V_{entrada} R_f es la tensión a partir del DAC 141 contenido dentro del microprocesador 140, R_f es la resistencia del resistor de realimentación 701, R_s es la resistencia del resistor de detección de corriente 703, y R_i es la resistencia del resistor de entrada 702.

- 15 Un posible amplificador operativo que podría usarse para implementar este circuito es un amplificador operativo de potencia PA05 o PA05A de Apex Microtechnology Corporation; este dispositivo puede suministrar hasta 30 A de corriente y una tensión de carril a carril de hasta 100 V.

- 20 El segundo conductor central 320 también contiene unas tuberías de entrada para el suministro de agua 485 y para el gas (o mezcla de gases) 475. Estas tuberías están fabricadas, preferentemente, de un material dieléctrico de baja pérdida que no afecta a la propagación del campo de microondas dentro de la estructura. Como alternativa, las tuberías pueden fabricarse de secciones metálicas y disponerse para formar dos tetones que tienen una reactancia de igual magnitud, pero de signo opuesto a la frecuencia de funcionamiento, con el fin de anularse uno a otro y que no tienen un efecto real sobre el campo de microondas.

- 25 En la figura 5 también se incluye un conjunto de fotodiodos 900 y un circuito detector 910 para permitir que se monitoree la longitud de onda y la intensidad de la energía producida por el sistema y que esta información pueda usarse en un bucle de realimentación para controlar la energía de salida. La información obtenida de los fotodiodos puede usarse para variar los siguientes parámetros con el fin de optimizar el contenido espectral o la energía de salida: mezcla de gas, caudal de gas, nivel de potencia de microondas, frecuencia de modulación (o formato) y cantidad de neblina o de niebla que se genera. Los dispositivos específicos que podrían usarse como detectores incluyen fotodiodos de silicio, diodos PIN de silicio, fotodiodos de silicio de tipo multi-elemento y fotodiodos de avalancha de silicio. Los fotodiodos son sensores de luz semiconductores que generan una corriente o tensión cuando la unión P-N en el semiconductor se ilumina con luz. Puede ser preferible que se integre una disposición de mini-espectrómetro en el sistema para proporcionar la función de medición de longitud de onda y de intensidad. En tales disposiciones, pueden usarse los siguientes tipos de sensores: sensores CCD, sensores lineales CMOS y sensores de InGaAs. Un dispositivo específico que puede considerarse es un mini-espectrómetro C10082MD o C10083MD de Hamamatsu, que emplea un sensor de imagen lineal CMOS como detector. Estos dispositivos pueden usarse para medir la intensidad de luz dentro de la UV y el intervalo de IR cercano de longitudes de onda. 30 Puede emplearse una gama de sensores para permitir que las mediciones de intensidad de luz se realicen dentro del intervalo de longitudes de onda de 200 nm a 2200 nm. Puede ser preferible usar una disposición de tipo policromador, por lo que se usa una rejilla como el elemento de dispersión de longitud de onda y se coloca un detector de tipo matriz a lo largo del plano focal de la lente de enfoque. Los policromadores están diseñados para permitir la detección simultánea de múltiples espectros, lo que podría ser ventajoso para el uso de la invención.

- 45 La figura 6 muestra una disposición similar a la mostrada en la figura 5, pero en la que se excita y se mantiene el plasma sin el uso del filtro de sintonización 100 y el ajustador de tetones 110. En este caso, el aplicador 300 podría disponerse para producir un campo eléctrico lo suficientemente alto como para permitir que tenga lugar la descarga de ionización. A continuación, la neblina o niebla se introduce de una manera similar para permitir que se produzcan concentraciones de radicales OH. En esta disposición, puede ser preferible que la energía de microondas se entregue como un tren de pulsos, en el que cada pulso produce una excitación de plasma para permitir que se genere un penacho de plasma cuasicontinuo, por ejemplo, el perfil de entrega de energía de microondas puede consistir en un tren continuo de pulsos que se enciende durante un periodo de tiempo de 1 ms y se apaga durante un periodo de tiempo de 10 ms. La tasa de repetición de pulsos y la longitud de pulso pueden usarse para determinar la energía de plasma y esto puede optimizarse para permitir que se produzca la concentración de radicales OH deseada en el extremo del aplicador. Debido a la necesidad de monitorizar solo la potencia de avance y reflejada entre la salida del circulador de potencia 50 y la entrada al conjunto de cables de microondas 200, solo se requieren dos acopladores 60, 70 para implementar la realización de la invención. Puede ser preferible que el acoplador de potencia reflejada 70 se conecte entre el tercer puerto del circulador de protección 50 y el extremo no 55 puesto a tierra de la carga de descarga 51 con el fin de proporcionar una directividad de señal de medición mejorada, lo que conducirá a una información de medición más precisa disponible para el microprocesador 140.

Las figuras 7(a), 7(b) y 7(c) muestran con más detalle la disposición de válvula de aguja. La figura 7(a) muestra el estado del émbolo 322 sin que se aplique la fuerza de magnetización. Puede observarse que los dominios magnéticos 328 están en desorden o en un estado aleatorio. La figura 7(a) muestra la válvula en la posición cerrada, en la que el extremo del émbolo 322 se empuja hacia arriba contra la junta 323. El resorte 321 se muestra en el estado extendido. El resorte 321 puede ser un resorte rígido si el dispositivo va a establecerse de manera útil en esta disposición ya el resorte extendido debe garantizar que el émbolo 322 se ajuste herméticamente contra la junta 323 para evitar cualquier fuga de agua. Puede ser preferible cambiar esta configuración para extender el resorte 321, cuando un campo de magnetización se configura para mover el émbolo 322 a una posición en la que se cierra la válvula y, cuando se elimina el campo, también se retira la tensión de resorte para permitir que el émbolo 322 se libere para abrir la válvula. En la disposición mostrada en este caso, un enrollamiento solenoidal se enrolla alrededor de un conformador 326 que está fabricado, preferentemente, de un material no magnético, por ejemplo, plástico o nailon. El conformador 326 se inserta dentro del conductor central 320. El enrollamiento de bobina 730 usa, preferentemente, un alambre recubierto esmaltado para permitir que las vueltas adyacentes contacten entre sí sin producir una sola vuelta cortocircuitada; esto también permite que puedan usarse enrollamientos de múltiples capas que, a su vez, aumentan la magnitud de la fuerza que puede establecerse para mover el émbolo. En las disposiciones ilustradas en presente documento el "punto" por encima del enrollamiento indica el inicio del enrollamiento, "X" 731 indica que el cable está entrando en la página y el "." 732 indica que el cable entrante está saliendo de la página. La figura 7(b) muestra la situación en la que la fuente de corriente 720 está conectada (ilustrada en este caso por un cierre de conmutación iniciado por una señal procedente del microprocesador 140), que establece una fuerza de magnetización para permitir que todos los dominios magnéticos 328 se alineen en una orientación específica, que genera una fuerza F , que, a su vez, hace que el émbolo 322 se mueva, por lo que el resorte 321 se comprime. El movimiento del émbolo 322 también permite que se rompa la junta estanca al agua, formada por el extremo del émbolo 322 que empuja contra la arandela o junta 323. La fuerza F que se crea se determina por la permeabilidad relativa del émbolo 322, el número de vueltas del alambre 730 alrededor del conformador 326 y el nivel de corriente i disponible procedente de la fuente de corriente 720. La relación entre estos parámetros se describe mejor por la ecuación 5 ofrecida a continuación:

$$F = \mu_0 \mu_r N i^2 ,$$

donde μ_0 es la permeabilidad del espacio libre ($4\pi \times 10^{-7}$ H/m), μ_r es la permeabilidad relativa (o multiplicador de flujo) del material magnético, N es el número de vueltas enrolladas alrededor del conformador.

Por ejemplo, si la bobina se enrolla con 150 vueltas, el émbolo se fabrica de un material con una permeabilidad relativa de 150, y se aplica una corriente pulsada de 10 A a la bobina, la fuerza disponible será de 4,71 N.

La figura 8 muestra una realización de un aplicador completo de acuerdo con la presente invención, en el que se usan unas secciones de transformador de dos cuartos de onda 390-310 y 390-320 y la válvula usada para controlar el suministro de agua para crear la neblina está contenida dentro del segundo transformador como se ha descrito anteriormente. En la disposición mostrada en la figura 8, el conmutador controlado por tensión 710 está cerrado y la fuente de corriente 720 está encendida, por lo que se energiza la bobina 730, lo que establece una fuerza (F) para mover el émbolo 322 haciendo que la válvula se abra para permitir que se genere una neblina en la boquilla 324 en el extremo del conductor central 320.

La figura 9 muestra una disposición similar en la que la fuente de corriente 720 está desconectada, que cierra la válvula, evitando que la neblina se forme en el extremo del conductor central 320.

Las figuras 10 y 11 muestran una disposición alternativa en la que dos solenoides o enrollamientos 730 y 731 se excitan de manera independiente de acuerdo con las señales producidas por el microprocesador 140 para permitir que el émbolo 322 se mueva para permitir que la válvula se abra y se cierre. En la disposición ofrecida en la figura 10, la primera fuente de corriente 720 está encendida, por lo que se establece una fuerza de magnetización en el enrollamiento 730 para crear una fuerza física (F) en una dirección que mueve el émbolo 322 hacia el primer conductor 310, abriendo la válvula para permitir que el agua presurizada fluya a lo largo del conductor central 320. En la disposición ofrecida en la figura 11, la segunda fuente de corriente 721 está encendida, por lo que se establece una fuerza de magnetización en el enrollamiento 731 para crear una fuerza física (F) en una dirección que mueve el émbolo 322 hacia la junta 323, cerrando la válvula para evitar que el agua fluya a lo largo del conductor central 320. Cabe señalar que las fuentes de corriente 720 y 721 están configuradas para conducir la corriente a través de sus respectivos enrollamientos 730 y 731 en direcciones opuestas con el fin de alinear los dominios magnéticos en direcciones opuestas, es decir, la dirección de los dominios magnéticos se invierte, para permitir que el émbolo 322 se mueva en una dirección que esté de acuerdo con el enrollamiento actualmente activado.

Las figuras 12 y 13 muestran una realización de un aplicador completo de acuerdo con la presente invención, en la que se usan unas secciones de transformador de dos cuartos de onda 390-310 y 390-320 y la válvula usada para controlar el suministro de agua para crear la neblina está contenida dentro del segundo transformador 320 como se ha descrito anteriormente. En la disposición mostrada en la figura 12, cuando el conmutador controlado por tensión 710 se cierra, la fuente de corriente 720 se enciende y la bobina 730 se energiza; esto establece una fuerza " F " que

mueve el émbolo 322 a una posición en la que su primer extremo se retiene contra el segundo extremo del primer conductor 310; la válvula está en la posición abierta y el agua presurizada procedente de las tuberías de alimentación 480 y 485 es capaz de fluir a lo largo o a través del conductor central 320, donde las moléculas de agua se atomizan en el extremo por la boquilla 324 para crear una neblina adecuada. El gas (o una mezcla de gases) también se alimenta en el conductor central 320, a través de las tuberías de alimentación 470 y 475, y se usa para ayudar a empujar el agua hacia fuera del extremo del conductor central 320 y también ayuda en el proceso de generación de plasma. En la disposición mostrada en la figura 13, el conmutador controlado por tensión 711 está cerrado y la fuente de corriente 721 está encendida, lo que hace que se energice la bobina 731. Esto establece una fuerza "F" que mueve el émbolo 322 a una posición en la que su segundo extremo se empuja contra la junta 323 y en la que la válvula está en la posición cerrada, lo que evita el flujo de agua presurizada, procedente de las tuberías de alimentación 480 y 485 a lo largo o a través del conductor central 320. El gas (o una mezcla de gases) todavía se alimenta en el conductor central 320, a través de las tuberías de alimentación 470 y 475, para permitir que tenga lugar el proceso de generación de plasma y, de este modo, se produzca la esterilización de plasma en el extremo del aplicador 300.

Las figuras 14(a) y 14(b) ofrecen disposiciones en las que se usa una sola fuente de corriente 720 y un conmutador unipolar de dos posiciones controlado electrónicamente para energizar o la primera o la segunda bobina de acuerdo con la posición de contacto de conmutador. La figura 14(a) muestra la disposición en la que se energiza la primera bobina y se desenergiza la segunda bobina para permitir que la válvula 322 se mueva hacia la derecha de la página (que se corresponde con un cierre de válvula y no se genera neblina). La figura 14(b) muestra la disposición en la que se energiza la segunda bobina y se desenergiza la primera bobina para permitir que la válvula 322 se mueva hacia la izquierda de la página (que se corresponde con la válvula que se abre y se genera una neblina). La dirección del flujo de corriente dentro de los enrollamientos se configura para permitir que la fuerza producida por la corriente mueva la válvula o pistón 322 en direcciones opuestas cuando se cambia la posición del conmutador 710.

La figura 15 muestra una disposición de válvula similar a la descrita con referencia a las figuras 8 y 9, pero en la que la estructura contiene cuatro transformadores de impedancia de cuarto de onda para generar el campo eléctrico requerido para provocar la descarga de ionización necesaria para producir plasma y radicales OH. Esta disposición de transformador se describe con más detalle a continuación con referencia a la figura 17, en la que se aborda en detalle el significado de las secciones de cuarto de onda de baja impedancia 310, 330 (Z_{01} , Z_{03}) y las secciones de cuarto de onda de alta impedancia 320, 340 (Z_{02} , Z_{04}) y la disposición física de estas secciones de transformador.

La figura 16 muestra un aplicador que usa dos secciones de transformador 390-310, 390-320 para crear el plasma con un gas (o una mezcla de gases) alimentado en la estructura usando una tubería de alimentación 470 colocada cerca del extremo que contiene el conector de entrada 180 que alimenta la energía de microondas en la estructura y en la que la neblina o niebla se alimenta en la estructura a través de la tubería de alimentación 480. En esta estructura, la primera sección 390-310 es una sección de baja impedancia y la segunda sección 390-320 es una sección de alta impedancia. La longitud de las secciones primera y segunda es preferentemente igual a un múltiplo impar de un cuarto de la longitud de onda en la frecuencia de interés. El extremo distal del conductor central en la segunda sección 320 se señala con el fin de maximizar la descomposición, y los extremos proximal y distal del conductor central en la primera sección 310 se ahúsan para garantizar que la transición desde el generador de 50 Ω a una impedancia menor introducida por el primer transformador y desde esta impedancia a la impedancia mayor de la segunda sección sea lo más gradual posible. En una realización específica, puede elegirse un ángulo de 45°. Las longitudes de las secciones primera y segunda 310, 390 se eligen, preferentemente, para ser un cuarto de la longitud de onda en la frecuencia de funcionamiento. En esta disposición, la impedancia de la primera sección de transformador Z_{01} puede expresarse como

$$Z_{01} = 138 \log_{10} \frac{c}{d},$$

donde c es el diámetro de la superficie interna en el conductor externo 390, y d es el diámetro de la superficie externa del conductor interno 310. De manera similar la impedancia del segundo transformador Z_{02} puede expresarse como

$$Z_{02} = 138 \log_{10} \frac{c}{e},$$

donde e es el diámetro de la superficie externa del conductor interno 320.

La impedancia (o generador) de entrada Z_S es nominalmente de 50 Ω . La impedancia de carga Z_L vista en el extremo distal del aplicador 300 puede calcularse usando

$$Z_L = \frac{Z_{02}^2 Z_S}{Z_{01}^2}.$$

Esta ecuación supone que debe tenerse en cuenta que la longitud física de cada una de las secciones de línea de transmisión (transformadores de impedancia de transformador) es igual a un múltiplo impar del cuarto de longitud de onda en la frecuencia de funcionamiento.

- 5 En una primera realización práctica de la actual invención, se usaron conductores con las siguientes dimensiones: $c = 12,74$ mm; $d = 6,34$ mm, $e = 1$ mm. Usando las ecuaciones anteriores,

$$Z_{01} = 41,82 \Omega,$$

$$10 \quad Z_{02} = 152,5 \Omega,$$

y

$$Z_L = 664,8 \Omega.$$

- 15 La potencia de entrada ($P_{entrada}$) disponible a partir del generador, producirá una tensión de carga (V_L) igual a $V_L = \sqrt{P_{entrada} Z_L}$ en el extremo distal del aplicador 300. Si 1 kW de potencia de microondas está disponible a partir del generador de potencia, $V_L = 815,35$ V. Esto permite que un campo eléctrico de 127998 Vm^{-1} esté disponible para excitar el plasma.

- 20 En una segunda realización práctica, se usaron conductores con las siguientes dimensiones: $c = 12,74$ mm; $d = 9,5$ mm, $e = 1$ mm. En esta realización

$$Z_{01} = 17,5 \Omega,$$

$$25 \quad Z_{02} = 152,5 \Omega,$$

$$Z_L = 3796,94 \Omega,$$

- 30 $V_L = 1948,57$ V, para permitir un campo eléctrico de 305898 Vm^{-1}

- En el extremo del aplicador 300 se muestran un tubo de cuarzo o unas láminas de cuarzo 350, y se incluyen con el fin de intensificar o modificar el campo eléctrico. Es preferible usar un material de cuarzo de baja pérdida. También se muestra que el plasma puede excitarse y mantenerse sin el uso de un tubo de cuarzo.

- 35 La figura 17 muestra una disposición similar para un aplicador que puede usarse para crear radicales OH, pero en el que se usan secciones de transformador de impedancia de cuarto de onda. En esta disposición, la carga de impedancia Z_L vista en el extremo distal del aplicador 300 puede expresarse como

$$Z_L = \frac{Z_{04}^2 Z_{02}^2 Z_S}{Z_{03}^2 Z_{01}^2},$$

- 40 donde Z_S es la impedancia (o generador) de entrada, Z_{01} es la impedancia característica del primer transformador de cuarto de onda, Z_{02} es la impedancia característica del segundo transformador de cuarto de onda, Z_{03} es la impedancia característica del tercer transformador de cuarto de onda, y Z_{04} es la impedancia característica del cuarto transformador de cuarto onda.

- 45 Si se supone que la estructura de aplicador no tiene pérdidas, es decir, ignorando la pérdida de potencia a lo largo de la longitud de la estructura, por lo tanto, potencia de entrada = potencia de salida, el campo eléctrico E establecido en el extremo distal de la cuarta sección 390-320, que se usa para crear la descarga de ionización, puede expresarse como

$$50 \quad E = \frac{\sqrt{P_{salida} Z_L}}{a},$$

- donde P_{salida} es la potencia de salida y a es la distancia entre la punta de conductor central contenido dentro del cuarto transformador y la pared interna del conductor externo del aplicador.

- 55 Una realización práctica puede tener $Z_{01} = Z_{03} = 10 \Omega$, $Z_{02} = Z_{04} = 100 \Omega$, $P_{salida} = P_{entrada} = 1000$ W, y $a = 10$ mm. En consecuencia, en esta realización, $Z_L = 500 \text{ k}\Omega$ y $V_L = 22,4$ kV, lo que permite un campo eléctrico de $2,23 \text{ MVm}^{-1}$.

- 60 A partir de este análisis puede verse que esta disposición puede usarse para crear campos eléctricos extremadamente grandes para permitir que se creen descargas de ionización adecuadas en pequeñas estructuras

de aplicador para permitir que se produzcan altas concentraciones de radicales OH para realizar una descontaminación o esterilización eficaz.

La figura 19 ofrece un sistema de esterilización completo similar al mostrado en las figuras 5 y 6, pero en el que la fuente de energía 10, 20, 30, 500 es un generador de RF en vez de un generador de microondas y el aplicador consiste en una sola estructura de conductor coaxial compuesta por un solo conductor central 320 que se extiende desde el conector 180/185 a la boquilla 324 y el conductor externo 390. El amplificador de RF 500 puede implementarse usando dispositivos de transistor de efecto campo metal-óxido-semiconductor (MOSFET), dispositivos de transistor bipolar de unión de potencia (BJT), dispositivos de transistor bipolar de unión de puerta aislada (IGBT) o similares. Puede ser poco práctico usar transformadores de impedancia de cuarto de onda dentro de la estructura cuando se usan fuentes de energía de frecuencia RF más baja. En esta configuración, el circuito de coincidencias 100 estaría compuesto de inductores y condensadores de elementos agrupados y la variación de la capacitancia y la inductancia podría implementarse usando una disposición de accionadores impulsados a motor, por ejemplo, un motor lineal puede conectarse a una única placa móvil (o a una pila de las mismas) con el fin de moverla o moverlas dentro y fuera de una placa fija (conjunto de placas) para variar el valor de la capacitancia de sintonización. Un accionador lineal adicional puede conectarse a una escobilla móvil que hace contacto con un enrollamiento inductivo fijo para permitir que se varíe el valor de la inductancia. El circuito de coincidencias puede adoptar la forma de una red L de dos elementos agrupados o una red π o I de tres elementos agrupados.

La figura 20 ofrece un circuito para un generador de RF 20, 30, 500 que usa dos MOSFET de potencia conectados en una configuración de contrafase y se usa un filtro de coincidencias π 100 para hacer coincidir la impedancia en la salida del generador de RF con la impedancia establecida dentro de la estructura de aplicador 300. En la disposición específica mostrada en este caso, es deseable que el amplificador esté diseñado alrededor de un par simétrico de MOSFET de potencia de RF de fuente común Q_1 y Q_2 555, 556 alojados en un paquete TO-247. Los dispositivos específicos que pueden usarse para implementar el diseño son el par simétrico ARF448A y ARF448B de Advanced Power Technology (APT). Estos dispositivos específicos están dirigidos a una operación de clase C de frecuencia única de alta tensión principalmente en las bandas ISM de 13,56 MHz, 27,12 MHz y 40,68 MHz. A 50 MHz, estos dispositivos proporcionan una ganancia de potencia de aproximadamente 17 dB. El circuito de coincidencias de puerta de entrada mostrado en el diagrama usa un transformador T_1 552 y una red sintonizada L que comprende un inductor L_1 550 y un condensador C_1 551. El transformador T_1 552 proporciona la alimentación equilibrada requerida por la disposición de contrafase Q_1 y Q_2 555, 556, así como una transformación de 9:1. En la salida, el condensador variable C_8 565 forma parte de una red L adicional. Un estrangulador T_2 559 es un estrangulador bifilar de alimentación de derivación, que está en el extremo de impedancia baja de los estranguladores de compensación L_2 y L_3 557, 558, para garantizar que la tensión de RF a través del mismo sea pequeña para evitar que el núcleo toroidal usado en el estrangulador T_2 559 se sature debido a que se aplique demasiada tensión a través del mismo. Los condensadores de acoplamiento de salida C_2 y C_3 562, 563 tienen una gran área de superficie para que puedan transportar a niveles elevados de corriente de RF. Un transformador T_3 568 está dispuesto como un balun coaxial 1:1. El circuito de coincidencias de impedancia de elementos agrupados es una disposición π que comprende dos inductores de derivación L_5 y L_6 105, 107 y un condensador en serie C_9 106. Estos tres elementos de sintonización pueden ajustarse para permitir que se excite el plasma de alta impedancia y que el plasma de baja impedancia mantenga las condiciones establecidas con el aplicador 300. La coincidencia de impedancia puede realizarse de manera automática usando motores lineales o paso a paso, accionadores lineales (de tipo solenoide o magnetoestrictivo), disposiciones de bobina en movimiento o similares. Los ajustes de sintonización pueden realizarse basándose en la información de tensión y de corriente medida en los extremos de entrada y de salida de la red de sintonización que usa redes de división de tensión, por ejemplo, divisores reactivos compuestos de dos condensadores en serie, y transformadores de corriente, respectivamente. La salida del circuito de coincidencias π 100 está conectada al aplicador 300 a través de un conjunto de cable adecuado (no mostrado en este caso). El aplicador 300 puede adoptar una forma similar a la disposición mostrada en la figura 19.

Las figuras 21(a) y 21(b) muestran un dispositivo que no es una realización de la invención, pero que puede usarse para generar concentraciones de radicales OH adecuados para descontaminar un espacio cerrado, por lo que pueden destruirse una serie de bacterias, esporas y virus. Este sistema también puede usarse para destruir priones. La disposición consiste en una cavidad de guía de ondas 190, que puede ser un diseño de guía de ondas estándar, por ejemplo, WG6 (1,12 GHz a 1,7 GHz), WG7 (1,45 GHz a 2,2 GHz), WG8 (1,7 GHz a 2,6 GHz), WG9A (2,2 GHz a 3,3 GHz), WG10 (2,6 GHz a 3,95 GHz) o WG11A (3,3 GHz a 4,9 GHz), la cavidad de un horno microondas o una sección rectangular o cilíndrica hueca cuyas dimensiones permiten que una energía de microondas en la frecuencia de funcionamiento se propague con baja pérdida. Puede ser preferible diseñar la cavidad de tal manera que el modo TE_{10} dominante se propague en la guía rectangular o que el modo TE_{11} dominante se propague en la guía circular o cilíndrica. Las dimensiones internas de la cavidad de guía de ondas determinan el intervalo de frecuencias que puede propagarse dentro de la cavidad y pone una limitación en el tamaño de los componentes o elementos, por ejemplo, elementos de sintonización, tetones, varillas, electrodos o antenas usados para ayudar en la generación de las descargas de ionización de alta energía.

Las cavidades de guía de ondas que se consideraron en este caso son WG8 = 109,22 mm X 54,61 mm y WG9A = 86,36 mm X 43,18 mm. Es preferible que las cavidades de guía de ondas se fabriquen de un material que sea un buen conductor eléctrico, por ejemplo, aluminio, latón, cobre o plata. Puede ser preferible usar un material menos

costoso y más trabajable que tenga un valor de conductividad ligeramente menor, por ejemplo aluminio y, a continuación, electrodepositar las paredes de la cavidad interna con un material que tenga una conductividad más alta, por ejemplo, la plata. La energía de microondas se activa en la cavidad de guía de ondas 190 usando un conector de microondas adecuado 180, que puede ser uno de tipo N o uno de tipo 7/16", que se conecta a una sonda o antena de activación de campo 186 insertada dentro de la cavidad de guía de ondas 190 de tal manera que el campo máximo del generador se acopla en la cavidad de guía de ondas 190. Puede ser preferible usar una sonda de campo E o un bucle de campo H como sondas de activación de campo. Puede ser preferible acoplar el generador de potencia de microondas 500 directamente en la cavidad de guía de ondas 190, por ejemplo, la salida acoplada de bucle de una de las cámaras de un magnetrón puede conectarse directamente en la cavidad de guía de ondas 190 a través de una sonda de campo E de cuarto de longitud de onda o un bucle de campo H de media longitud de onda. En caso de que se use una sonda de campo E para activar la energía dentro de la cavidad de guía de ondas 190, es preferible que la distancia entre el centro de la sonda y la pared o rejilla de extremo 202 de la cavidad de guía de ondas sea un múltiplo impar del cuarto de longitud de onda en la frecuencia de funcionamiento. En la disposición mostrada en las figuras 21(a) y 21(b), la niebla se introduce en la cavidad a través de un agujero cubierto por una malla o rejilla 196 localizada en la parte inferior de la cavidad. La rejilla 196 debe contener agujeros o ranuras cuya mayor dimensión sea inferior o igual a un octavo de la longitud de onda en la frecuencia de funcionamiento con el fin de garantizar que la energía de microondas contenida dentro de la cavidad de guía de ondas 190 no puede escaparse fuera de la cavidad. En la disposición mostrada en este caso, la niebla se genera usando un transductor ultrasónico 193 colocado en el interior de un recipiente 192 que contiene agua 191. El transductor ultrasónico 193 puede usar elementos piezoeléctricos (PZT) para hacer que la vibración de las moléculas de agua cree la niebla. El nivel del agua 191 debe cubrir los elementos PZT contenidos dentro del transductor US 193 localizado en la parte inferior del recipiente 192. Este nivel de agua puede reponerse insertando una tubería de llenado 480 en la pared del recipiente 192 y conectando la tubería 480 a un suministro de agua. El recipiente 192 puede incluir un sensor de nivel de agua, cuya señal se usa para controlar una válvula accionada electrónicamente para permitir que el nivel de agua se reponga cuando caiga por debajo de un determinado nivel (esta disposición no se muestra en este caso). Esta disposición no se limita a tener el recipiente de agua 192, el transductor ultrasónico 193 y el agua 191 localizados en el exterior de la cavidad de guía de ondas 190, es decir, estos elementos pueden localizarse en el interior de la cavidad de guía de ondas 190. Tres tetones o varillas de sintonización 187, 188, 189 están localizados en la pared superior de la guía de ondas 190. Estos tetones se usan para introducir una reactancia capacitiva o inductiva en la cavidad y permitir que se establezca cualquier impedancia dentro de la cavidad de guía de ondas 190. La posición de los tetones o varillas 187, 188, 189 debe ser tal que se establezca un campo eléctrico lo suficientemente alto dentro de la cavidad de guía de ondas 190 para crear la descarga de ionización necesaria para producir concentraciones útiles de radicales OH. Puede contribuirse a esta descarga mediante el gas (o mezcla de gases) alimentado en la cavidad de guía de ondas 190 a través del tubo de alimentación 470 y la disposición (o electrodo) de dipolo 197/198 insertada en el interior de la cavidad de guía de ondas 190.

El gas (o mezcla de gases) también puede usarse para crear plasma con un contenido espectral que promueve una generación de radicales OH eficiente. La disposición de dipolo (o electrodo) 197/198 está localizada, preferentemente, en una zona dentro de la cavidad de guía de ondas 190 en la que el campo eléctrico es un máximo, regulándose este por la posición de los tetones de sintonización 187, 188, 189. Es preferible que la distancia entre el centro del primer tetón de sintonización 187 y el centro de la sonda de campo E 186 sea un múltiplo impar de un cuarto de la longitud de onda en la frecuencia de funcionamiento. También es preferible que la distancia entre los centros de los tetones de sintonización adyacentes sea tres octavos de la longitud de onda de guía con el fin de garantizar que pueda establecerse cualquier impedancia dentro de la cavidad de guía de ondas 190. Esta disposición no se limita a estas distancias, por ejemplo, puede usarse un cuarto de longitud de onda de guía, o un octavo de longitud de onda de guía para el espaciado de los tetones. Es preferible que la disposición de dipolo 197/198 incluya una disposición de antena de aguja monopolo puntiaguda 197 con una longitud igual a un cuarto de la longitud de onda en la frecuencia de funcionamiento y el monopolo 197 debe localizarse en el centro de una placa o disco circular 198 con un diámetro igual a una mitad de la longitud de onda en la frecuencia de funcionamiento. Esta disposición no se limita al uso de una disposición de dipolo para ayudar en la creación de las descargas de ionización, es decir, pueden usarse otras estructuras de antena o tetones localizados en el interior de la cavidad de guía de ondas.

Las caras de entrada y de salida de la cavidad de guía de ondas 190 están cubiertas con una malla o rejilla de alambre o una lámina de metal, con agujeros perforados en las mismas o ranuras fresadas en las mismas, 202 y 195, respectivamente, cuya dimensión más grande (diámetro o longitud) debe ser menor que o igual a un octavo de la longitud de onda en la frecuencia de funcionamiento con el fin de garantizar que la energía de microondas contenida dentro de la cavidad de guía de ondas 190 no pueda escapar fuera de la cavidad. Un ventilador (o pluralidad de ventiladores) 201, 194 están conectados a la parte exterior de las mallas o rejillas de alambre o las láminas de metal con agujeros perforados en las mismas o ranuras fresadas en las mismas 202 y 195 para permitir que los radicales OH 303 pasen a través, y se extraigan, de la cavidad de guía de ondas 190 y pasen al espacio abierto o cerrado que necesita desinfectarse o esterilizarse.

En la disposición mostrada en las figuras 21(a) y 21(b), una sección de tubería o tubo o guía de ondas rectangular hueca con dos curvas 203 está conectada entre el ventilador de salida 194 y el ventilador de entrada 201 para hacer pasar una parte de los radicales OH producidos en la salida del dispositivo, junto con un volumen de aire, de nuevo

al sistema para permitir que los radicales OH pasen a través de la cavidad de guía de ondas 190 de una manera eficiente. La disposición muestra el primer ventilador 201 totalmente cubierto por la tubería 203 y el segundo ventilador 194 solo parcialmente cubierto con el fin de permitir que los radicales OH 303 se extraigan en el espacio que requiere desinfección, matar insectos, matar bacterias o esterilización. Puede ser preferible cubrir tan solo una sección del primer ventilador 201 para permitir que entre un mayor volumen de aire en la cavidad de guía de ondas 190. Puede ser preferible retirar la tubería 203 y puede ser preferible retirar uno de los dos ventiladores (o disposiciones de ventiladores) 201, 194.

Las figuras 22(a) y 22(b) muestran una disposición similar a la mostrada en las figuras 21(a) y 21(b), excepto que la disposición usada para introducir niebla en la cavidad (transductor ultrasónico 193, recipiente de agua 192, agua 191 y el agujero y la malla en la parte inferior de la guía de ondas 196) se ha reemplazado por una ranura o agujero hecho en la antena de aguja o monopolo 197 y se usa un suministro de agua presurizada para crear una neblina en el extremo del monopolo 197, que se usa para crear los radicales OH a partir de la descarga de ionización provocada por la antena dipolo general 197/198, la posición de los tetones de sintonización 187, 188, 189 y el gas (o mezcla de gases). El agua presurizada se alimenta en la cavidad de guía de ondas 190 a través de la tubería de alimentación 199 y un pequeño agujero perforado en la parte inferior de la cavidad de guía de ondas 190. En esta disposición, se ha retirado la tubería de reciclaje 203.

Las figuras 23(a) y 23(b) muestran una disposición similar a la mostrada en las figuras 21(a) y 21(b), excepto que los tetones de sintonización 187, 188, 189 se han retirado de la cavidad de guía de ondas 190 y la descarga de ionización se crea únicamente por la disposición de dipolo 197/198 (o similar) y el gas (o mezcla de gases) que llena la cavidad de guía de ondas 190. Esta disposición incluye la tubería de reciclaje 203 con un primer ventilador 201 para inyectar aire y radicales a través del sistema y un segundo ventilador 194 para extraer los radicales del sistema hacia el recinto portátil.

Las figuras 24(a) y 24(b) muestran una disposición similar a la mostrada en las figuras 21(a) y 21(b), excepto que se ha retirado la disposición de dipolo 197/198 (o similar) y las descargas de ionización se provocan por la posición de los tetones de sintonización 187, 188, 189 dentro de la cavidad de guía de ondas 190 y el gas (o mezclas de gases) que llena la cavidad de guía de ondas 190. En esta disposición, también se han retirado el primer ventilador 201 y la tubería de reciclaje 203.

Las figuras 25(a) y 25(b) muestran una disposición similar a la mostrada en las figuras 21(a) y 21(b), excepto que los tetones de sintonización 187, 188, 189 se han retirado de la cavidad de guía de ondas 190 y la descarga de ionización se crea únicamente por la disposición de dipolo 197/198 (o similar) y el gas (o mezcla de gases) que llena la cavidad de guía de ondas 190. Además de que la disposición usada para introducir niebla en la cavidad (transductor US 193, recipiente de agua 192, agua 191 y el agujero y la malla en la parte inferior de la guía de ondas 196) se ha reemplazado por una ranura o agujero hecho en la antena de aguja o monopolo 197 y se usa un suministro de agua presurizada para crear una neblina en el extremo del monopolo 197, que se usa para crear los radicales OH a partir de la descarga de ionización creada por la antena dipolo general 197/198, el gas (o mezcla de gases) y la potencia de microondas. El agua presurizada se alimenta en la cavidad de guía de ondas 190 a través de la tubería de alimentación 199, que entra en la cavidad de guía de ondas 190 a través de un pequeño agujero perforado en la parte inferior de la guía de ondas. En esta disposición, también se han retirado el primer ventilador 201, la primera malla de alambre 202 y la tubería de reciclaje 203.

Es preferible que los tetones de sintonización 187, 188, 189, las mallas o rejillas de alambre 195, 196, 202 y la disposición de dipolo 197/198 se fabriquen de un material metálico que tenga una alta conductividad eléctrica, es decir, cobre, aluminio, latón o plata.

Cabe señalar que la altura (la longitud de la pared corta) de la guía de ondas 190 puede variarse en longitudes iguales a un múltiplo impar de la longitud de onda en la frecuencia de funcionamiento para formar secciones de transformador de un cuarto de longitud de onda en la guía de ondas en lugar de en una disposición coaxial que soporta una onda TEM. Estos transformadores de guía de ondas pueden usarse para crear un alto campo eléctrico local en el extremo del aplicador para producir descargas de ionización.

La presente invención puede usarse para abordar las siguientes aplicaciones: esterilización de sala o de espacio de cama de hospital, esterilización o descontaminación de secciones aisladas de quirófanos, esterilización o desinfección de residencias de ancianos, esterilización o desinfección de oficinas, consultas y viviendas particulares de médicos, veterinarios, y dentistas, desinfección o limpieza de alfombras y materiales de suelo, esterilización de lechos de herida, esterilización de equipamiento hospitalario (camas, mesas, sillas, conjuntos de cajones, cortinas, instrumentos, tableros, bolígrafos), esterilización de tejido interno o injertos biológicos, tratamiento de enfermedades de transmisión sexual, tratamiento de úlceras o escaras de decúbito, tratamiento del agua, tratamiento de gérmenes o virus en el aire en escenarios o salas quirúrgicas asociadas a quirófanos, tratamiento del pie de atleta, o tratamiento de la alopecia aerata. La presente invención no se limita a estas aplicaciones específicas.

REIVINDICACIONES

1. Aparato de esterilización que comprende

un aplicador (300) que tiene un zona de generación de radicales hidroxilo y una salida para dirigir los radicales hidroxilo generados fuera de la zona de generación de radicales hidroxilo hacia una zona a esterilizar;

un recinto (600) para confinar los radicales hidroxilo en la zona a esterilizar;

un generador de potencia (101) conectado para suministrar energía de microondas o de RF en la zona de generación de radicales hidroxilo; y

un generador de neblina (505) conectado para suministrar agua nebulizada en la zona de generación de radicales hidroxilo,

caracterizado por que:

el aplicador (300) comprende un conjunto coaxial conectado para recibir la energía de microondas o de RF procedente del generador de potencia, teniendo el conjunto coaxial:

un conductor externo (390);

un conductor interno (310, 320) rodeado por y separado del conductor externo (390), comprendiendo el conductor interno (310, 320) una parte hueca y una boquilla (324) localizada en el extremo distal del conductor interno (310, 320);

una tubería de alimentación (485) para suministrar agua a la parte hueca para suministrar como agua nebulizada a través de la boquilla en la zona de generación de radicales hidroxilo, y

en donde el conductor interno se ahúsa en su extremo distal para crear una alta impedancia en la zona de generación de radicales hidroxilo y para concentrar la energía de microondas o de RF recibida en un campo eléctrico en la zona de generación de radicales hidroxilo cuando el agua nebulizada y la energía de microondas o de RF se suministran en la misma para crear de este modo una descarga de ionización para generar radicales hidroxilo a partir del agua nebulizada para suministrar fuera del aplicador (300).

2. Aparato de esterilización de acuerdo con la reivindicación 1, que incluye una tubería de alimentación de gas (475) para suministrar gas a la parte hueca para suministrar a través de la boquilla en la zona de generación de radicales hidroxilo, en donde la descarga de ionización creada es un plasma del gas.

3. Aparato de esterilización de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que el generador de potencia es un generador de radiación de microondas y comprende un controlador (140) dispuesto de manera ajustable para controlar la energía de microondas suministrada en la zona de generación de radicales hidroxilo.

4. Aparato de esterilización de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el controlador (140) incluye un modulador (30) dispuesto para pulsar la energía de microondas, con lo que la descarga de ionización es creada por el borde delantero de cada pulso.

5. Aparato de esterilización de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el generador de neblina (505) incluye una válvula contenida dentro de la parte hueca del conductor interno (310, 320).

6. Aparato de esterilización de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la válvula es una válvula de aguja que comprende un solenoide.

7. Aparato de esterilización de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el conjunto coaxial incluye una pluralidad de transformadores de tensión, cada uno de los cuales tiene una impedancia diferente, estando la pluralidad de transformadores de tensión dispuestos para concentrar un campo eléctrico en la zona de generación de radicales hidroxilo.

8. Aparato de esterilización de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el generador de radiación de microondas incluye un amplificador (500) y el controlador (140) incluye un atenuador variable (20) dispuesto para controlar un nivel de potencia de una entrada de señal al amplificador (500).

9. Aparato de esterilización de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el controlador (140) incluye un modulador de señales de amplificador (130) dispuesto para modular una señal de activación para el amplificador (500).

10. Aparato de esterilización de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el generador de potencia está dispuesto para generar energía de RF.

11. Aparato de esterilización de acuerdo con cualquier reivindicación anterior que incluye un ajustador de impedancia (100) dispuesto para controlar la impedancia en la zona de generación de radicales hidroxilo cuando se suministran en ella el agua nebulizada y la energía.

12. Aparato de esterilización de acuerdo con la reivindicación 11, que incluye un detector de señales reflejadas (70) dispuesto para detectar la energía reflejada de vuelta de la zona de generación de radicales hidroxilo, en donde el detector de señales reflejadas (70) está conectado a un controlador (140) que está dispuesto para accionar el ajustador de impedancia (100) basándose en la información relativa a la energía de microondas reflejada detectada por el detector de señales reflejadas (70).
5
13. Aparato de esterilización por plasma de acuerdo con la reivindicación 12 que incluye un detector de señales de avance (60) dispuesto para detectar la energía suministrada en la zona de generación de radicales hidroxilo, en donde el detector de señales de avance (60) está conectado al controlador (140) y el controlador (140) está
10 dispuesto para controlar de manera ajustable la energía suministrada en la zona de generación de radicales hidroxilo basándose en la información relativa a la energía de microondas de avance y reflejada detectada por los detectores de señales de avance y reflejadas (60, 70), respectivamente.
14. Aparato de esterilización por plasma, de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el recinto sella
15 la zona a esterilizar.

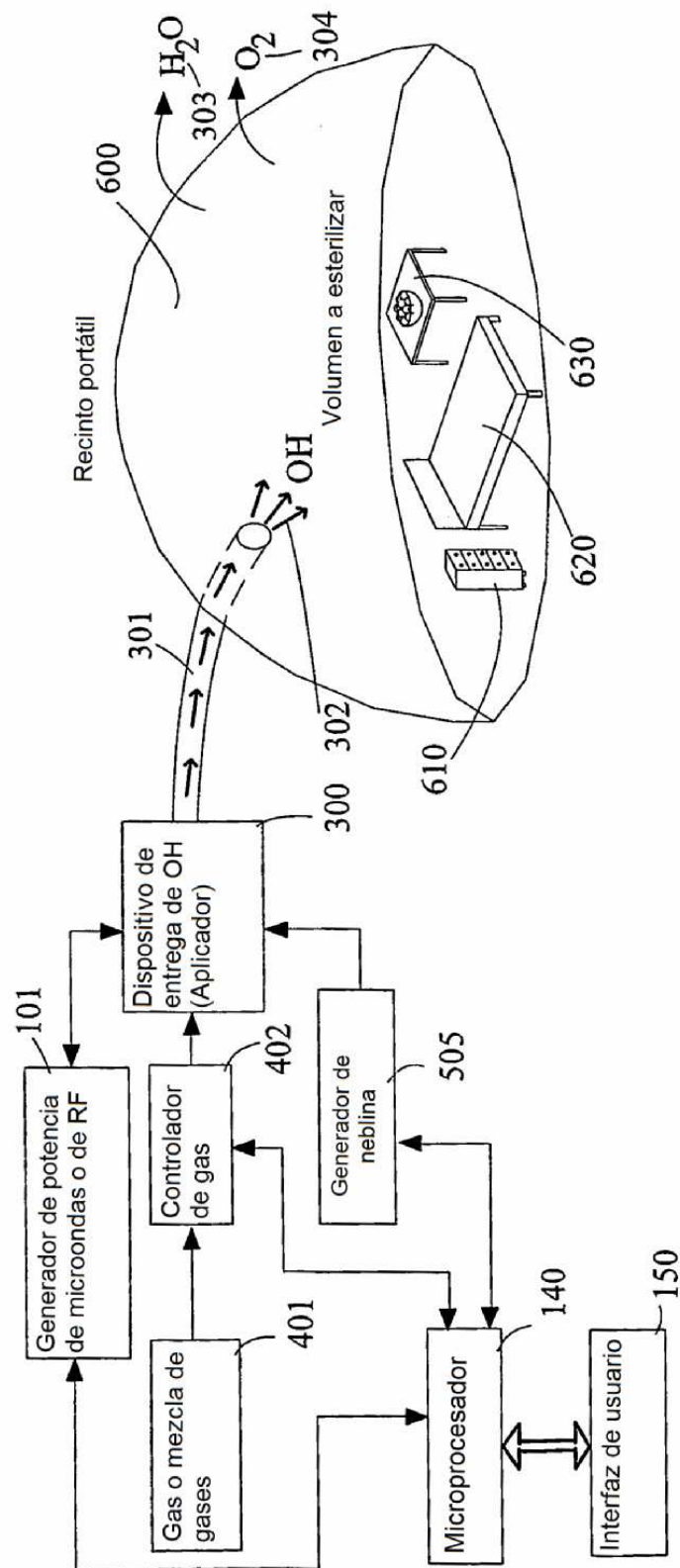


Figura 1

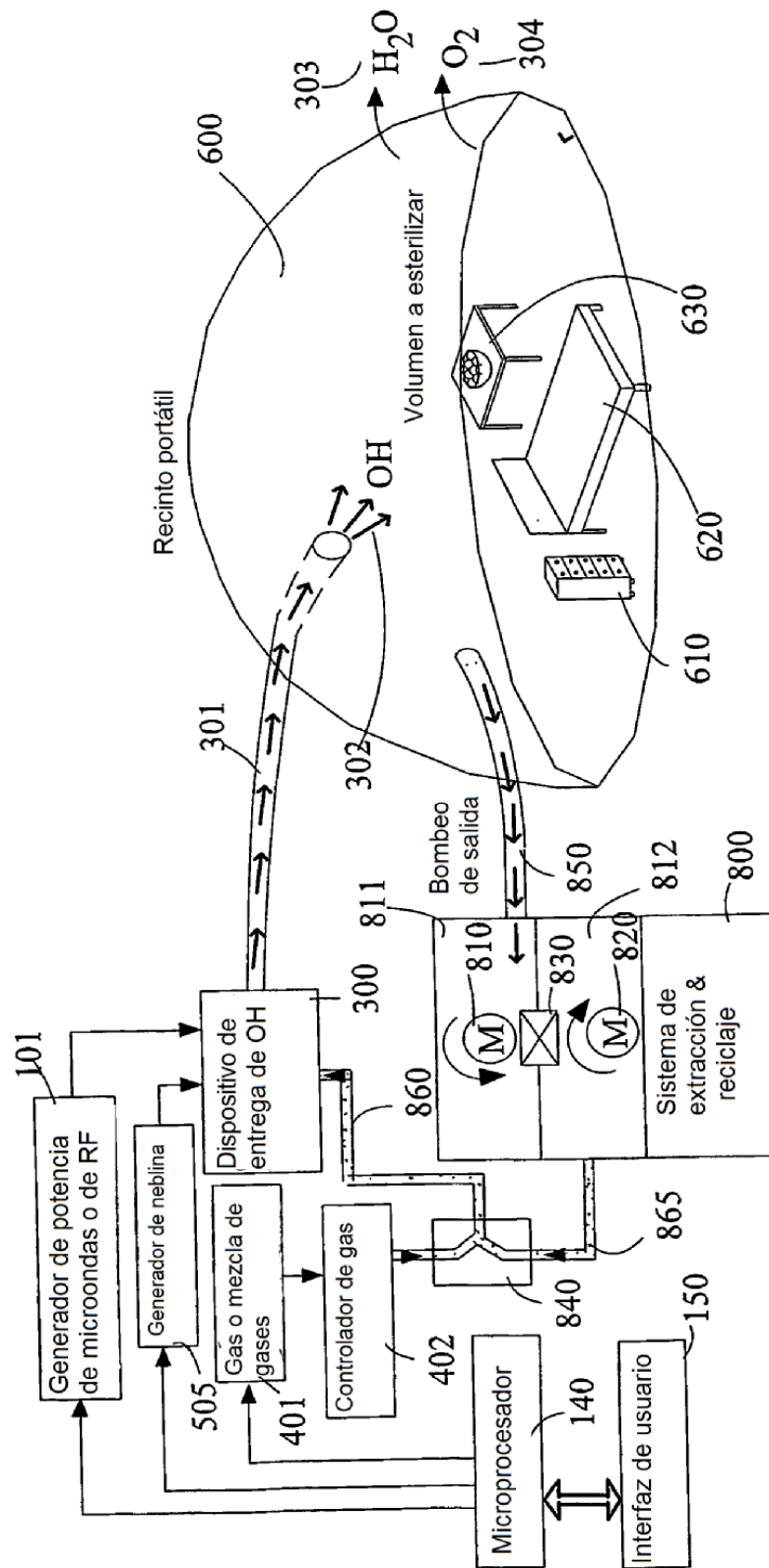


Figura 2

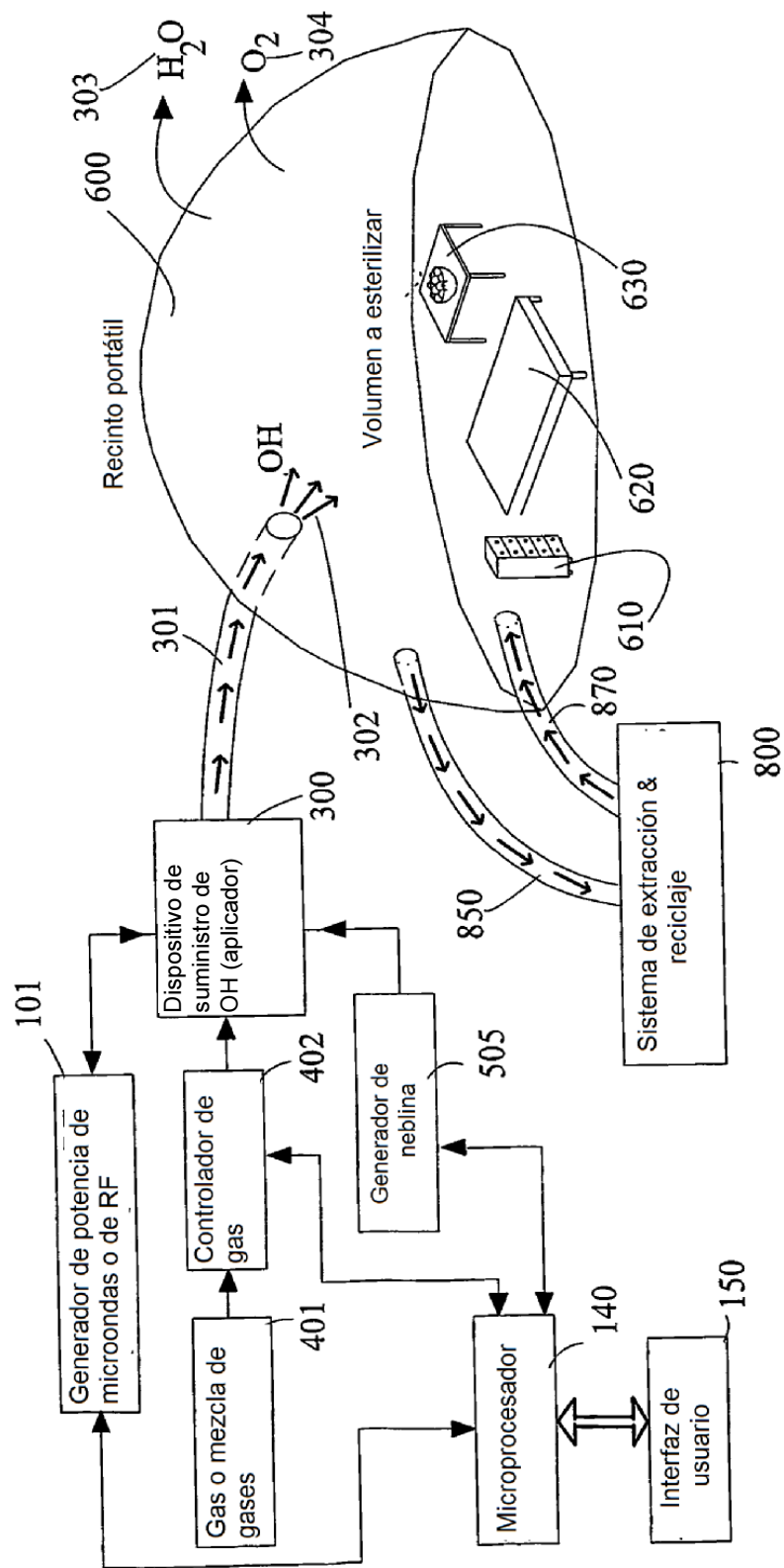


Figura 3

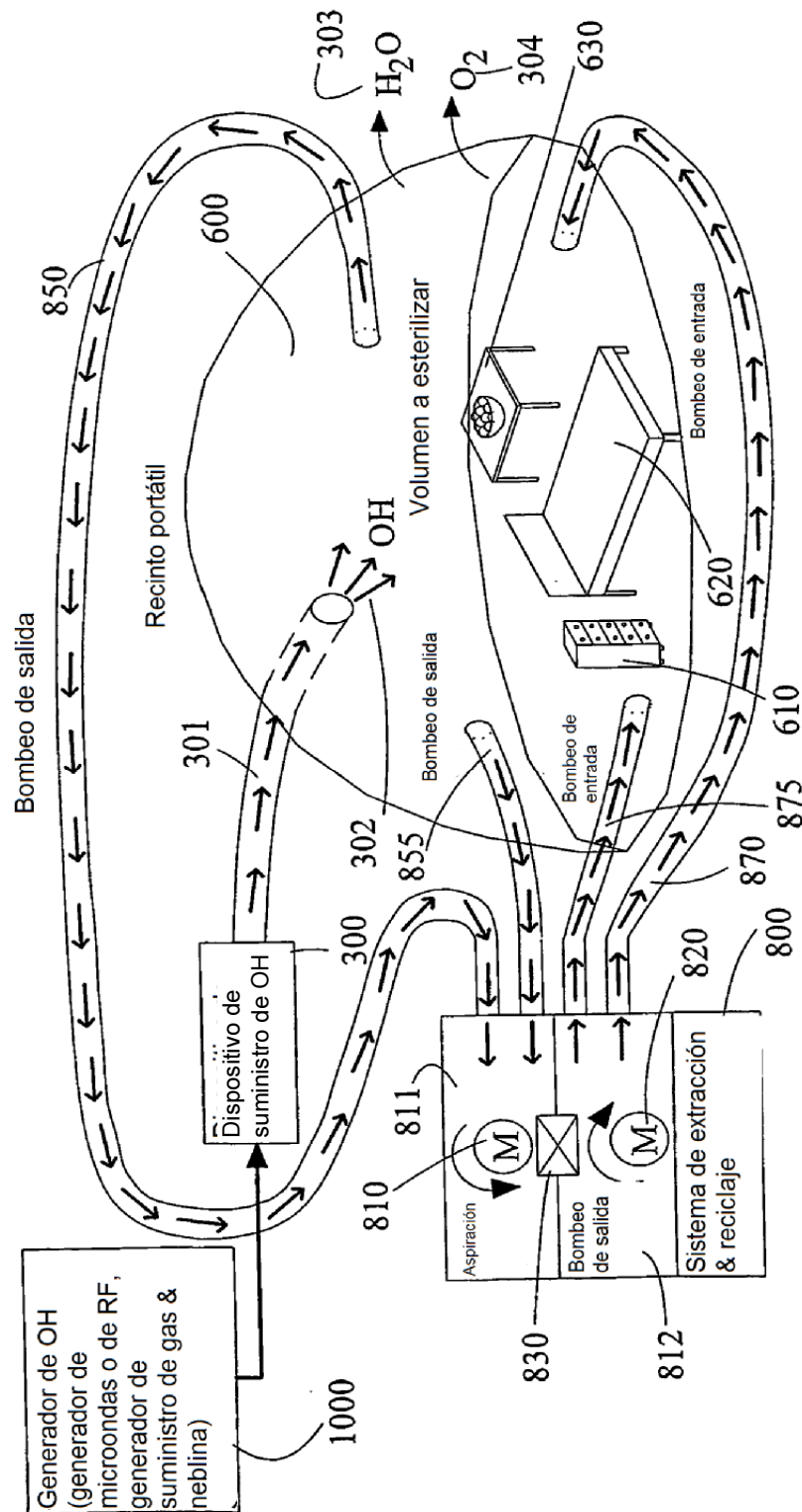


Figura 4

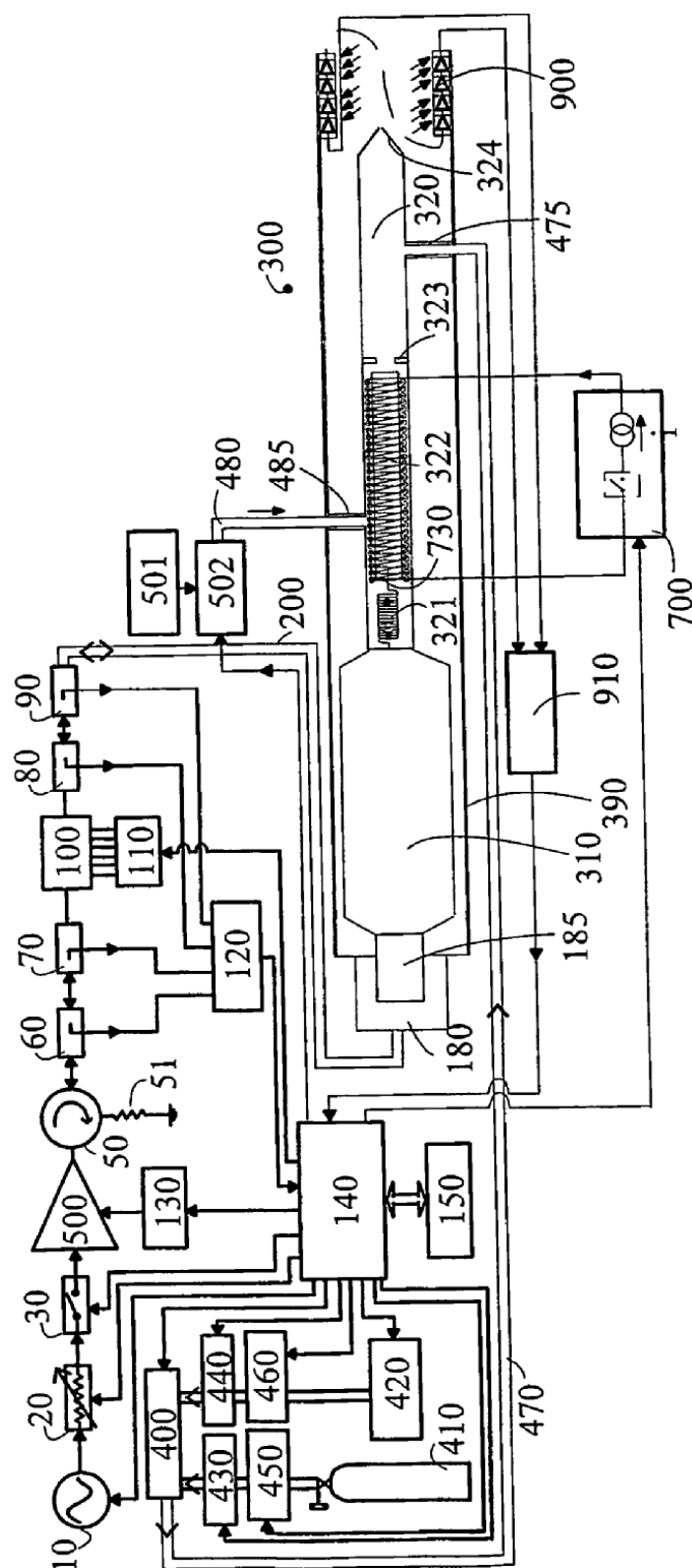


Figura 5

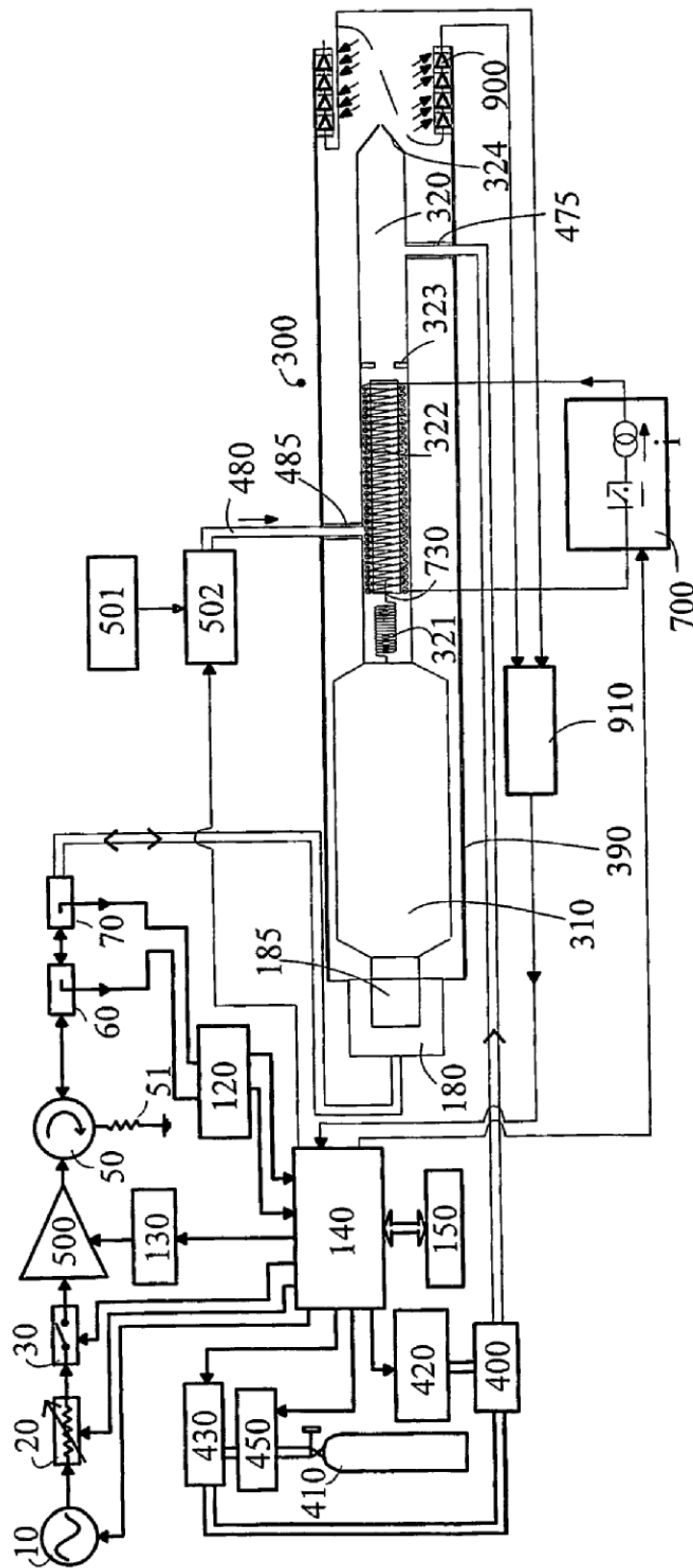


Figura 6

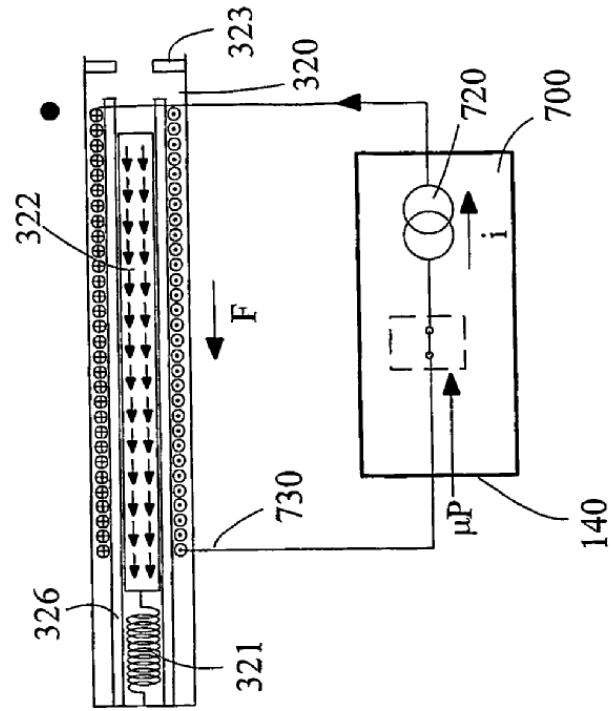


Figura 7(b)

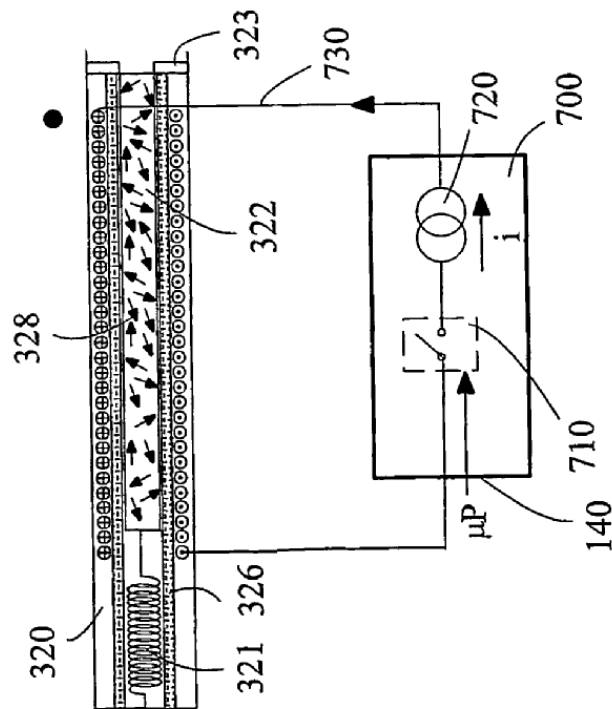


Figura 7(a)

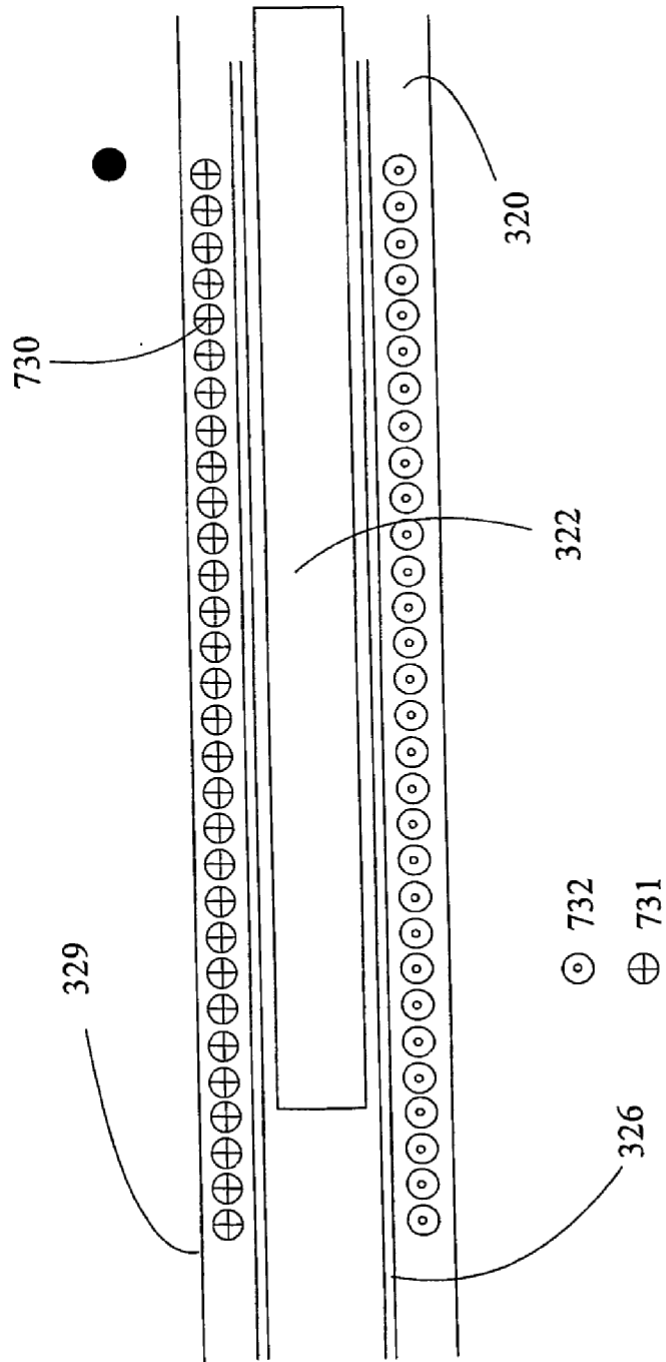


Figura 7(c)

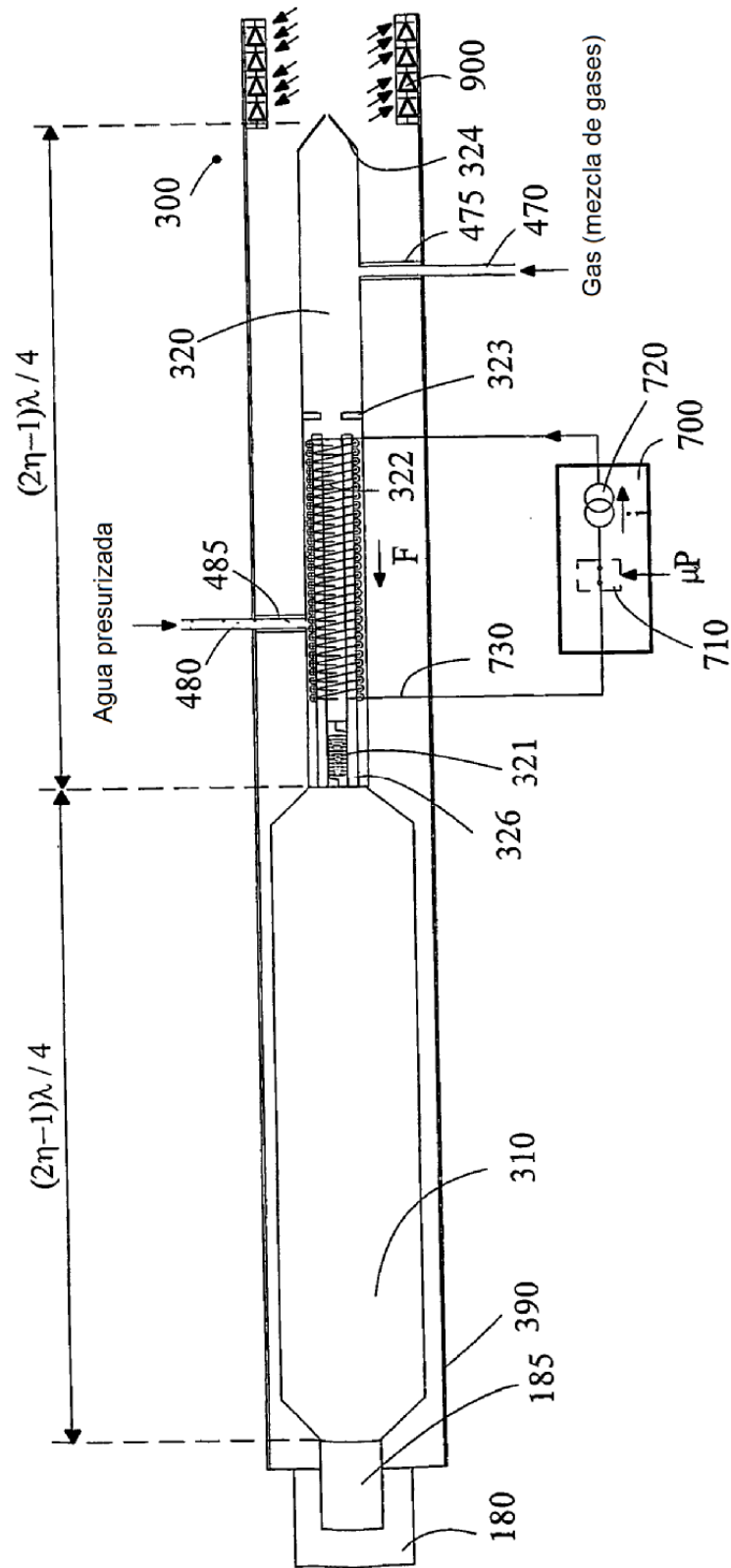


Figura 8

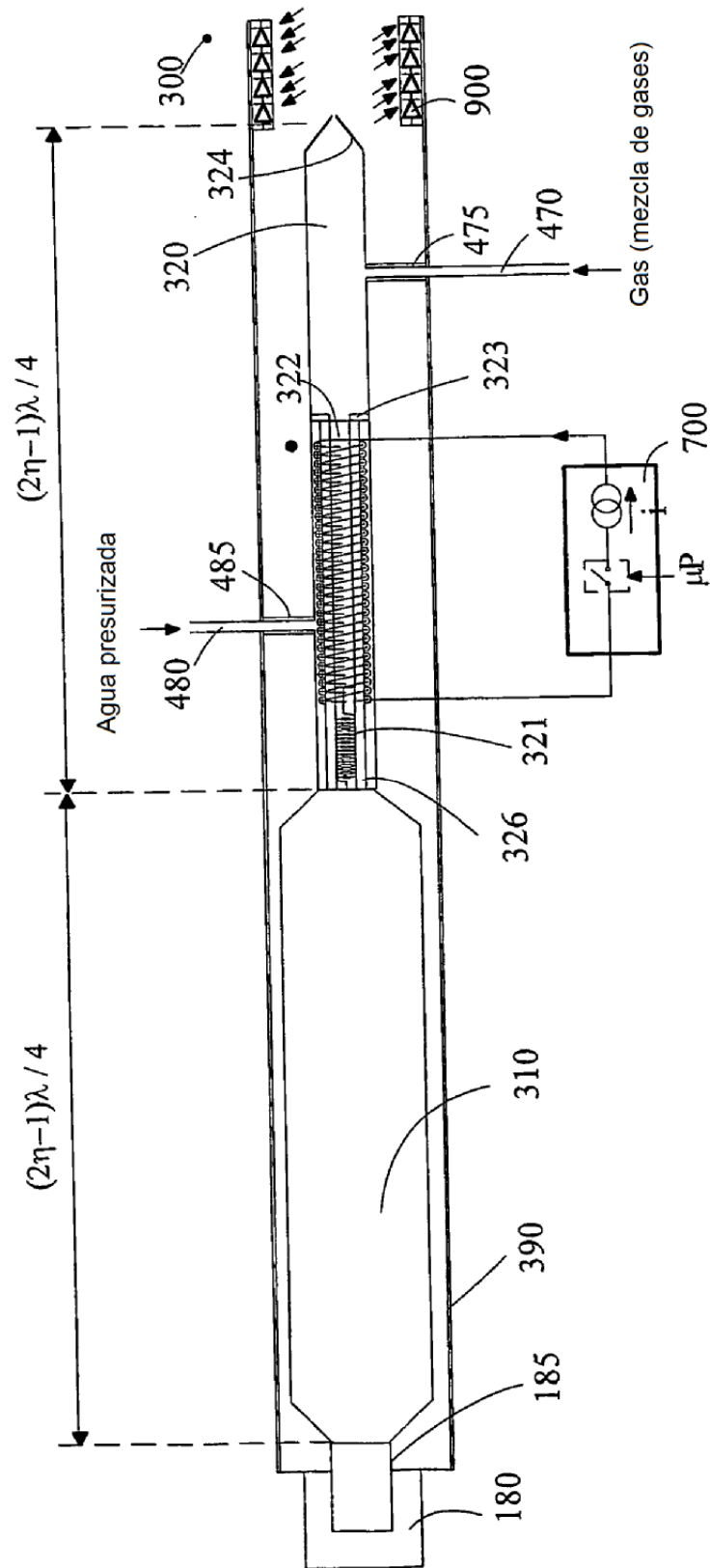


Figura 9

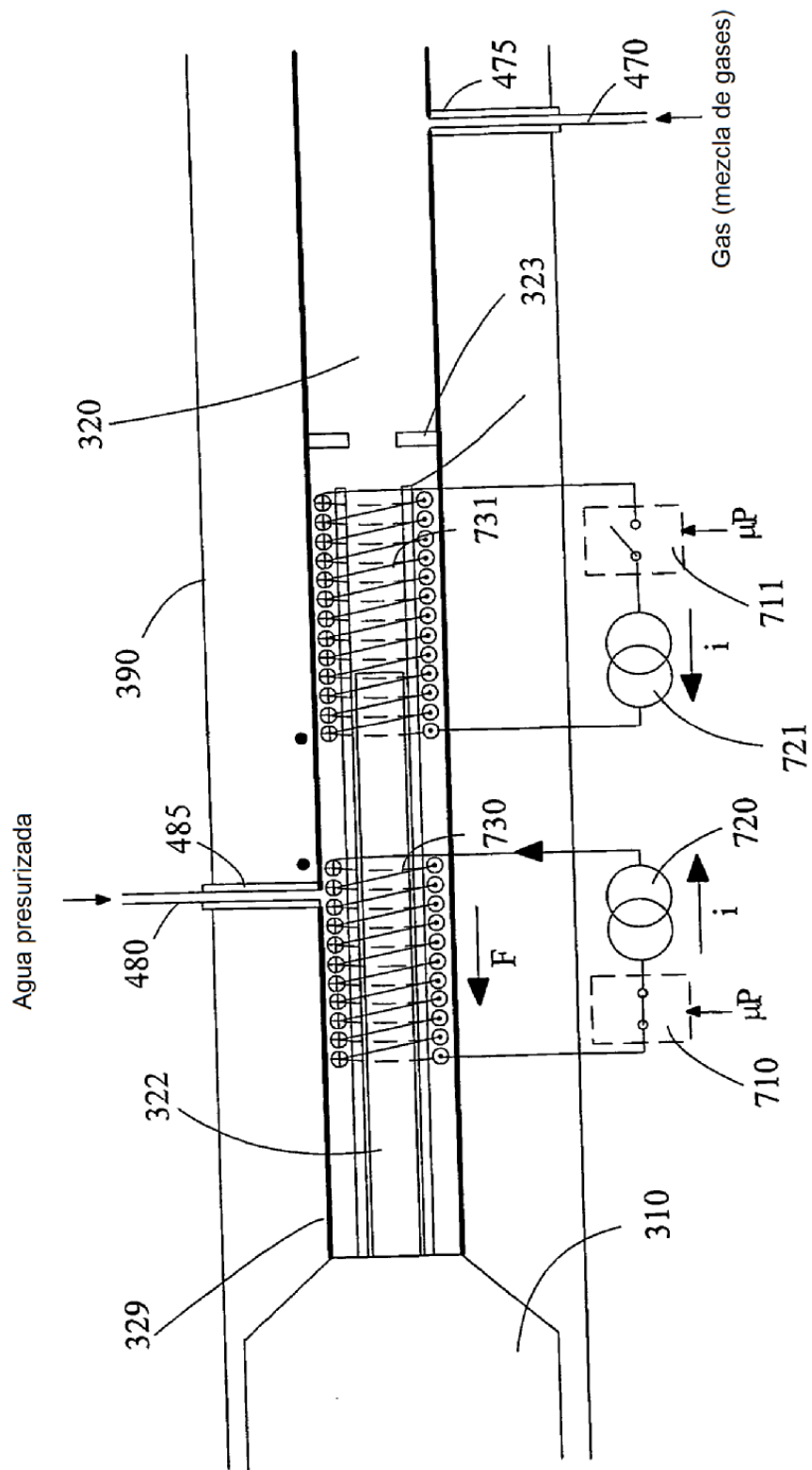


Figura 10

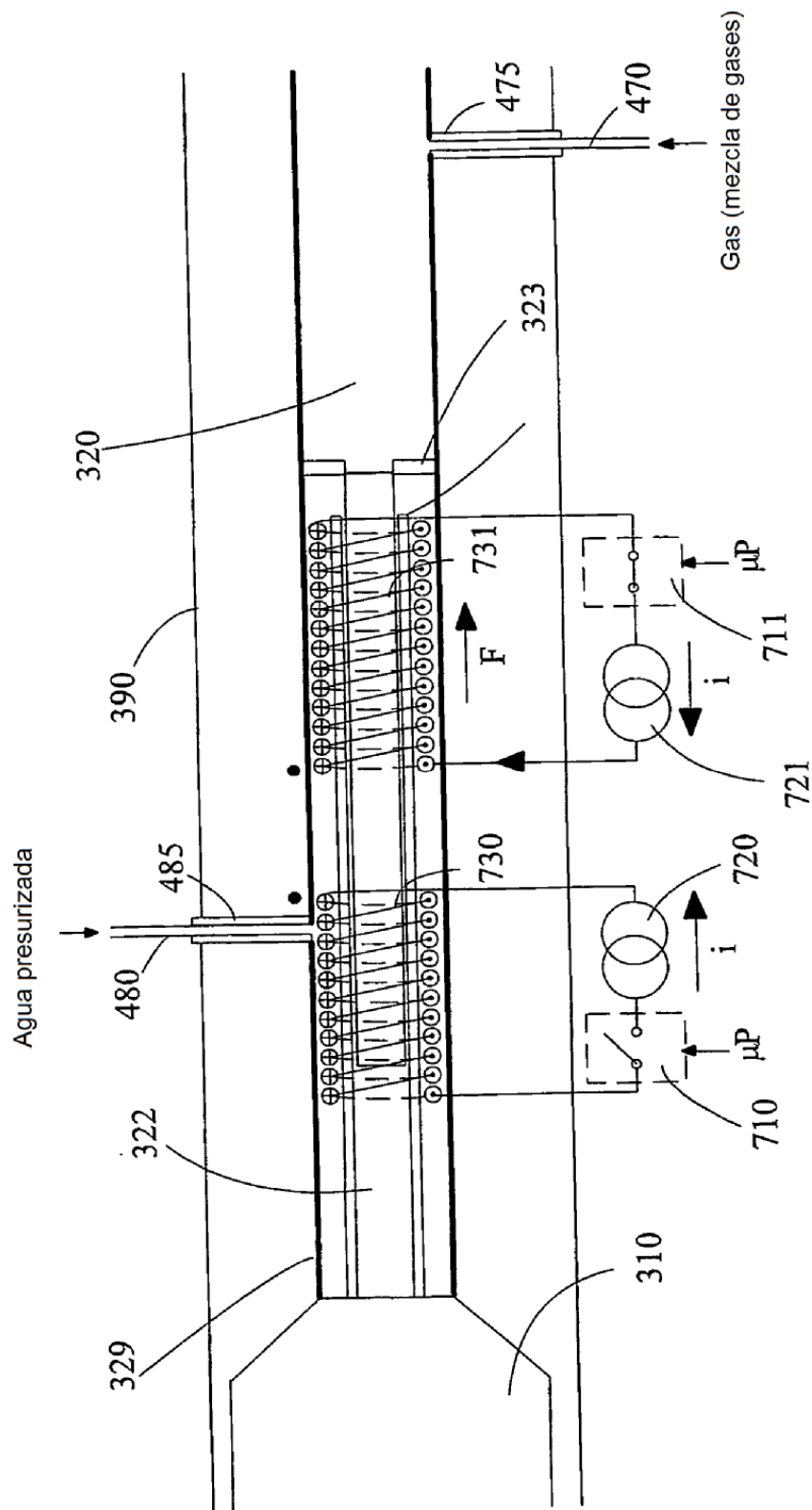


Figura 11

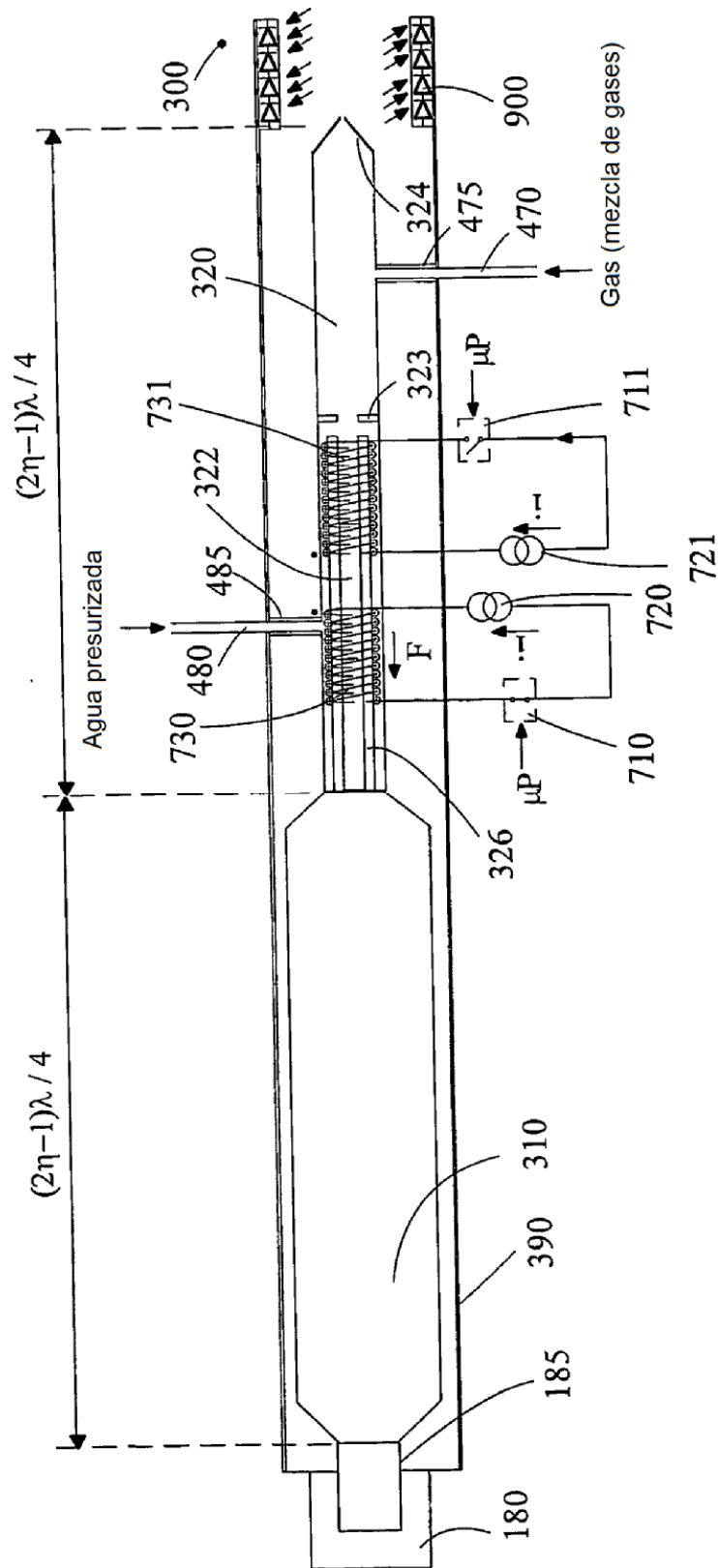


Figura 12

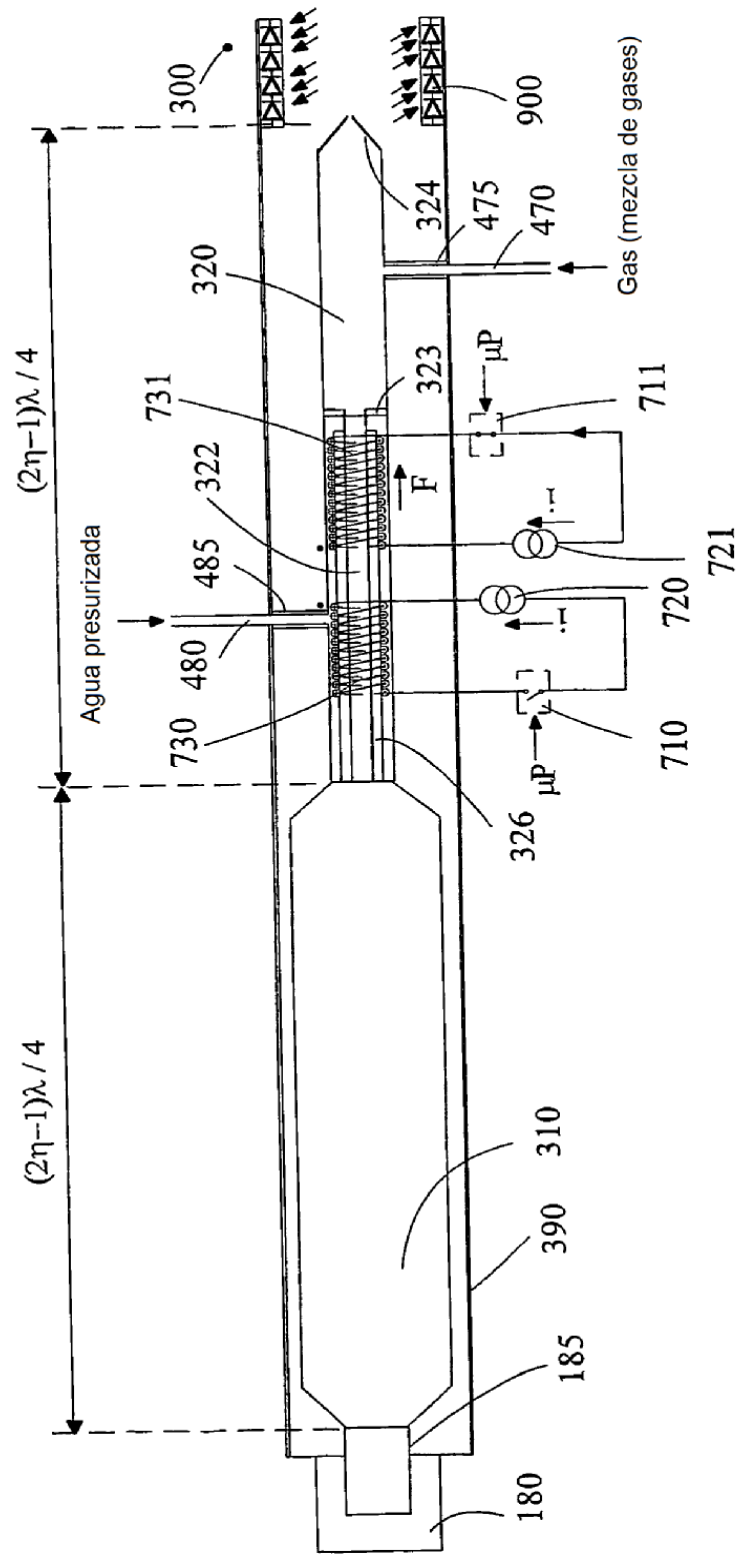


Figura 13

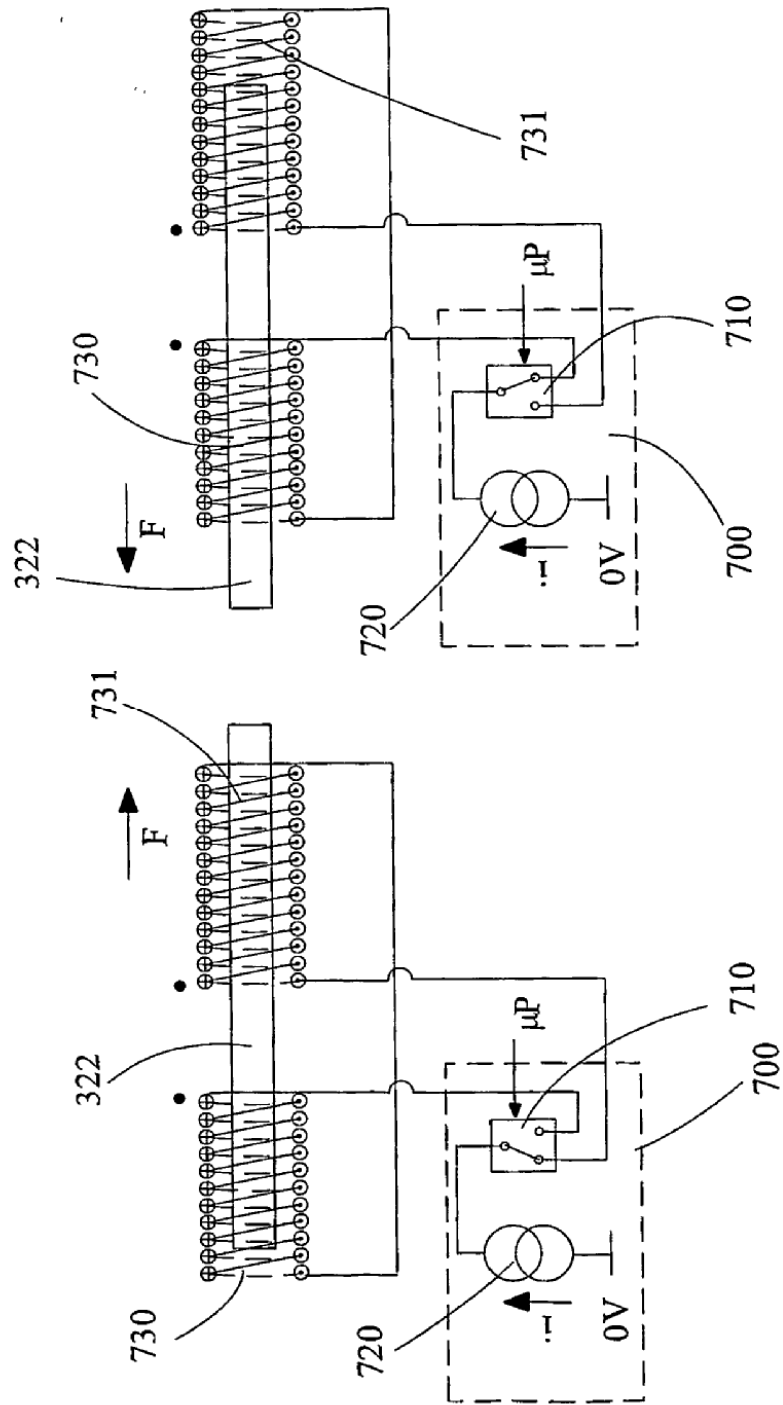


Figure 14 (b)

Figure 14 (a)

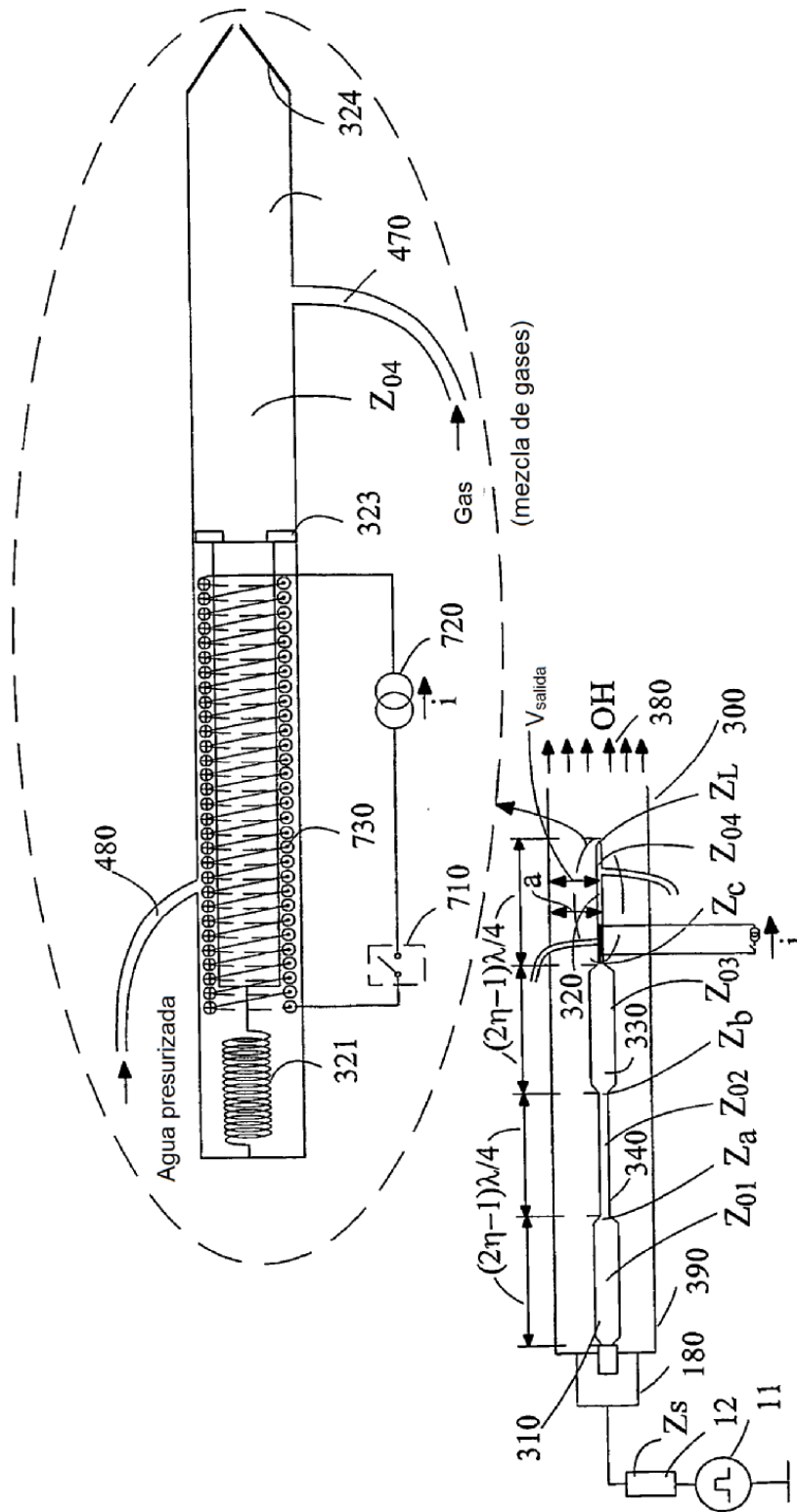


Figura 15

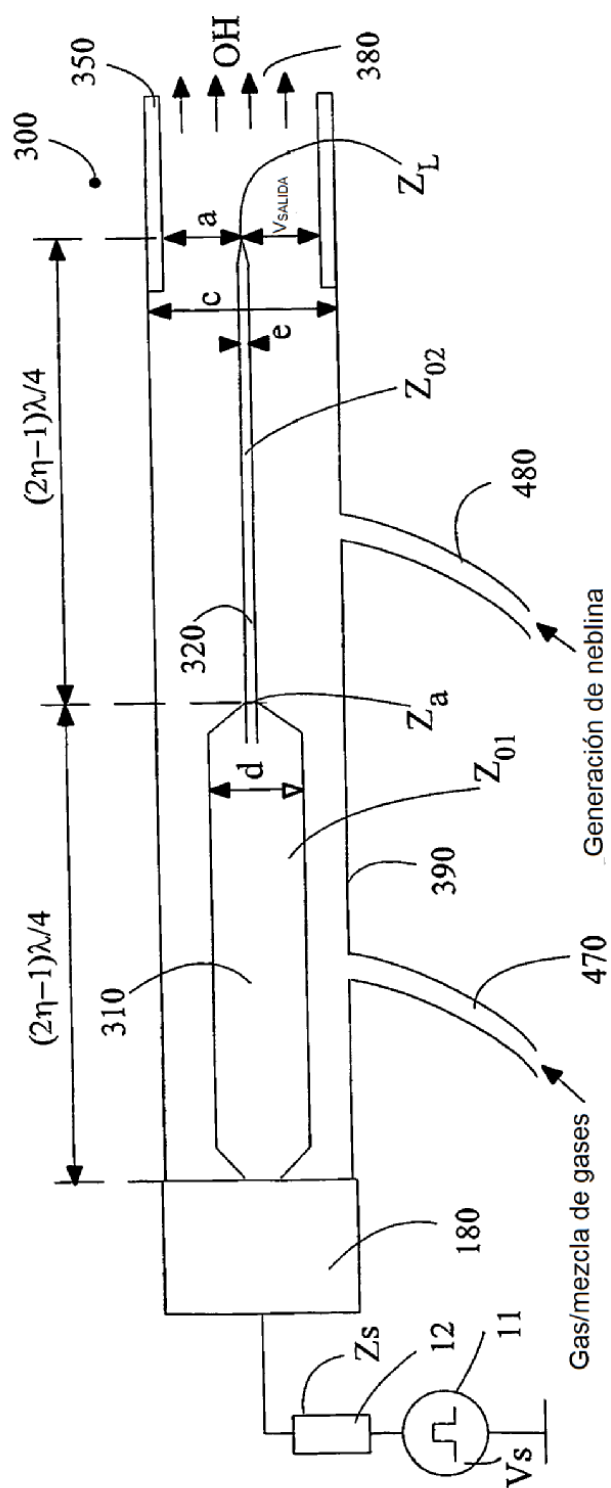


Figura 16

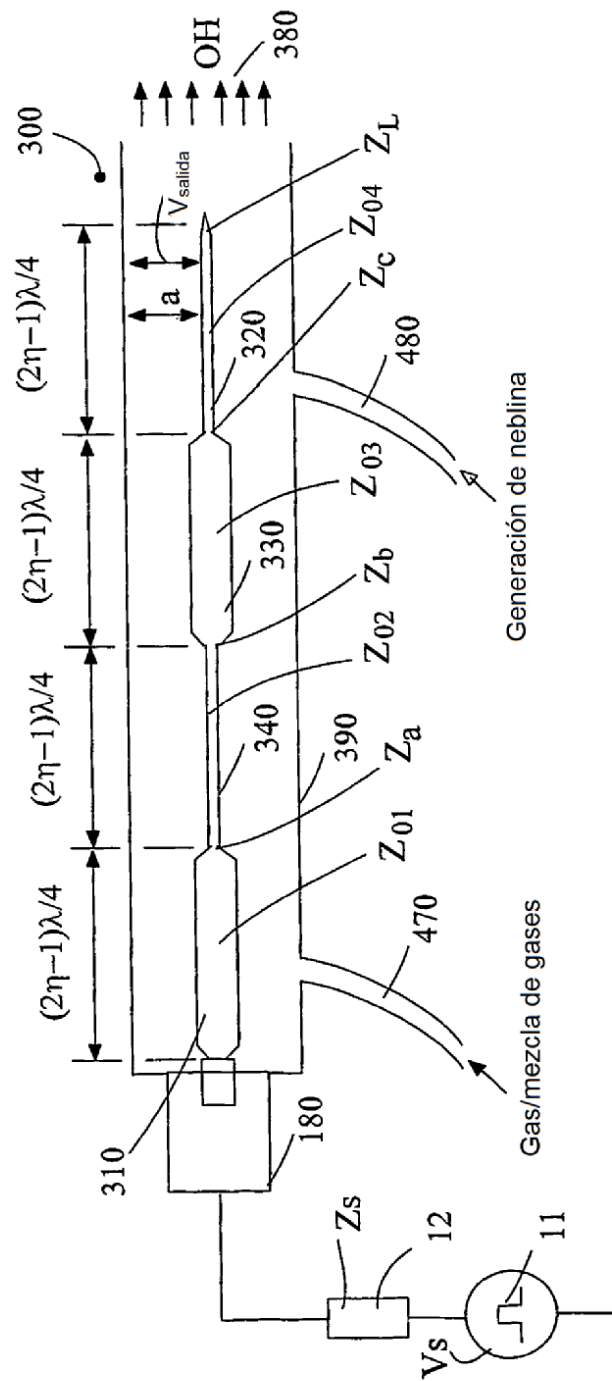


Figura 17

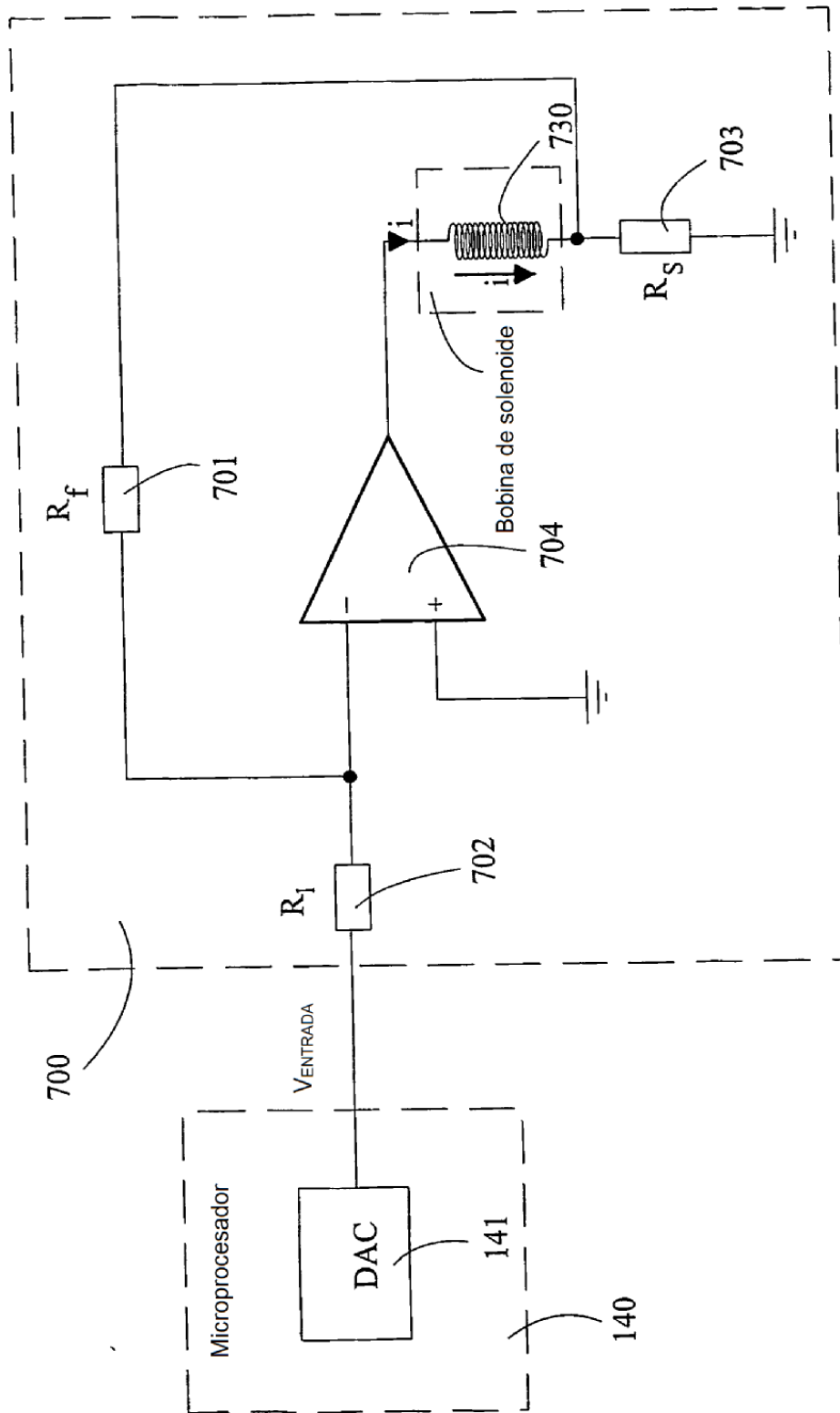


Figura 18

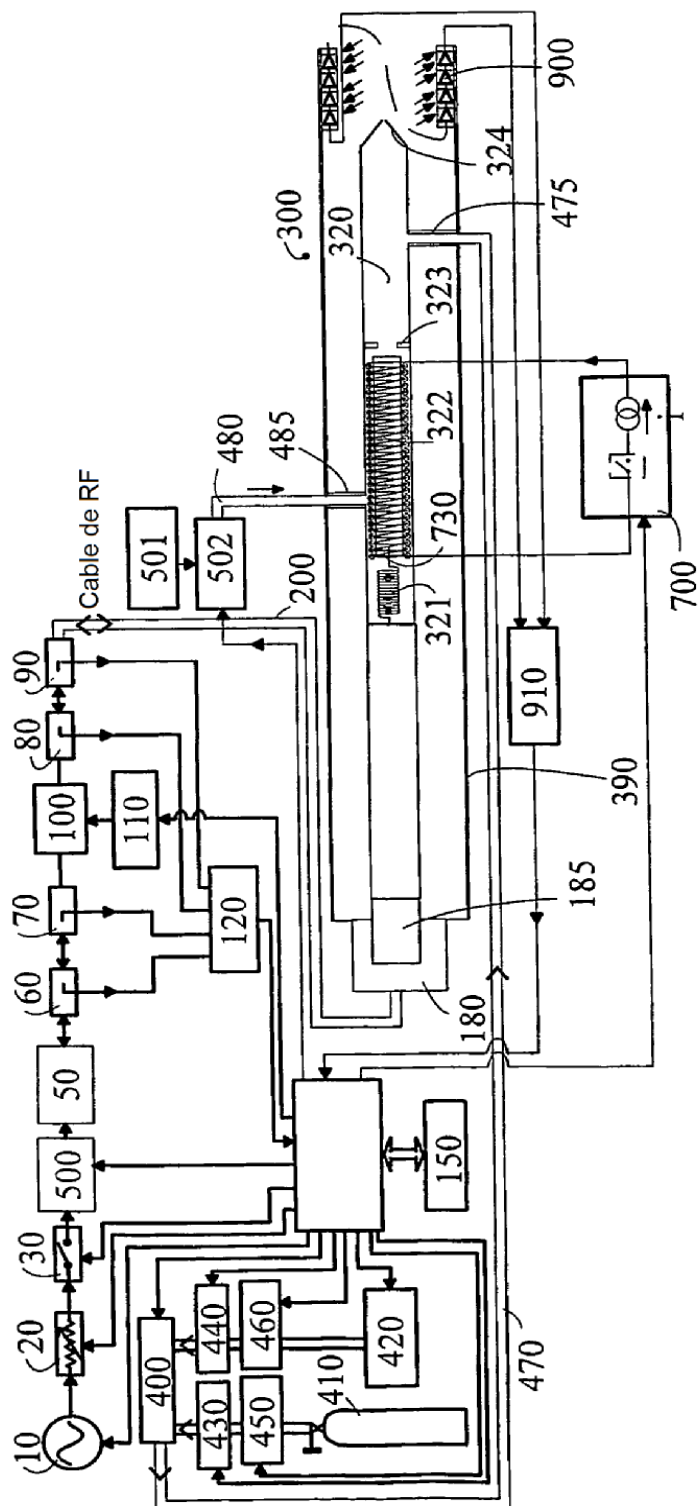


Figura 19

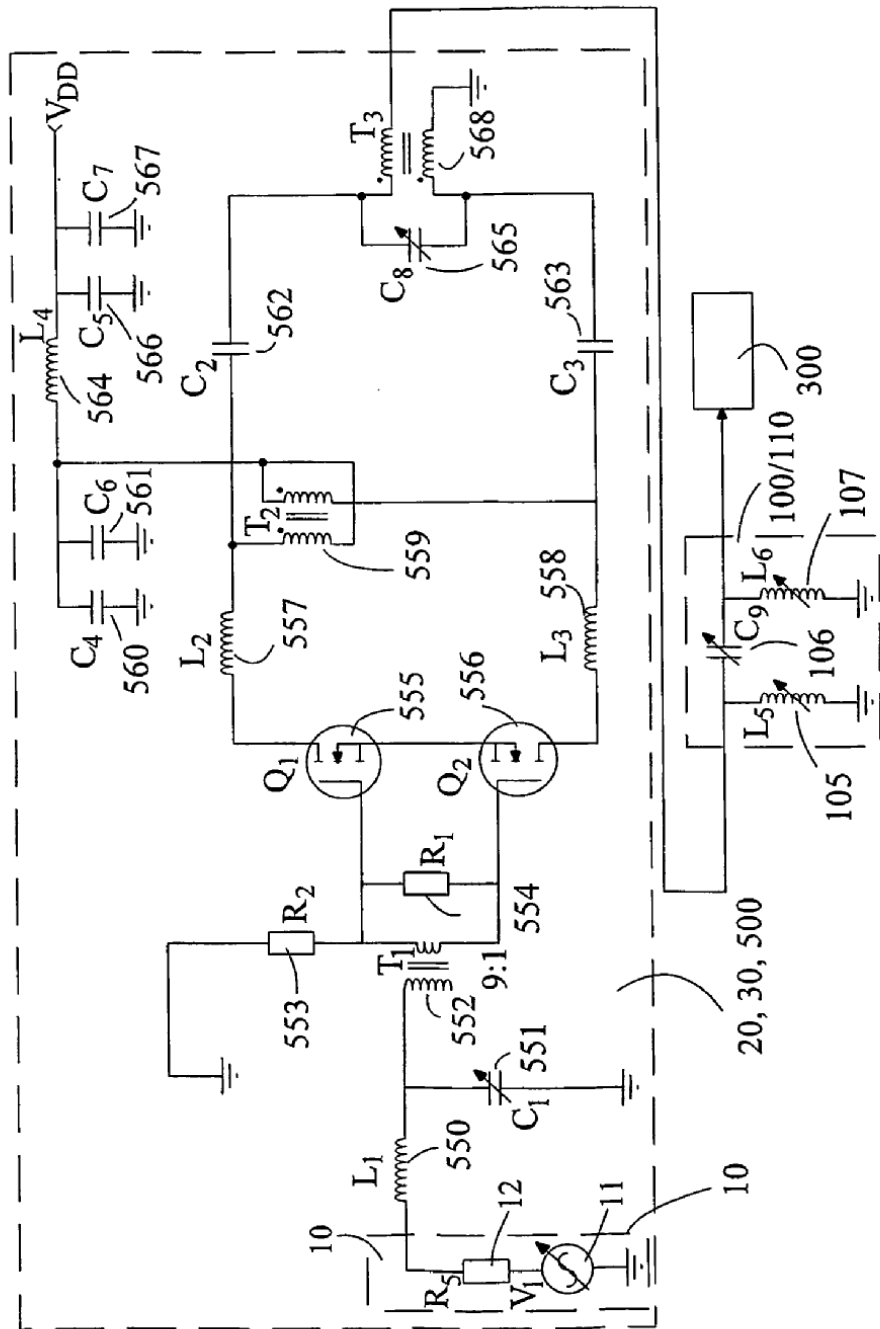


Figura 20

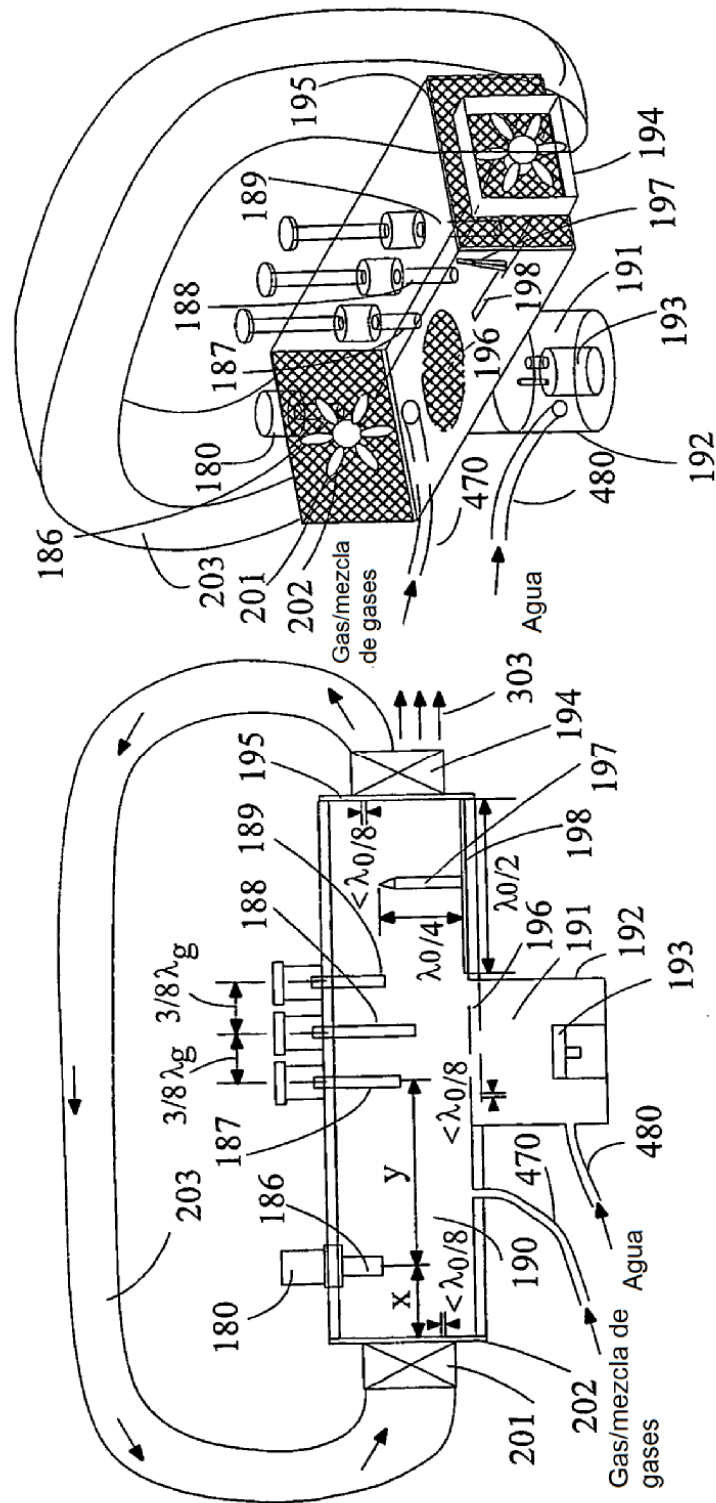


Figura 21b

Figura 21a

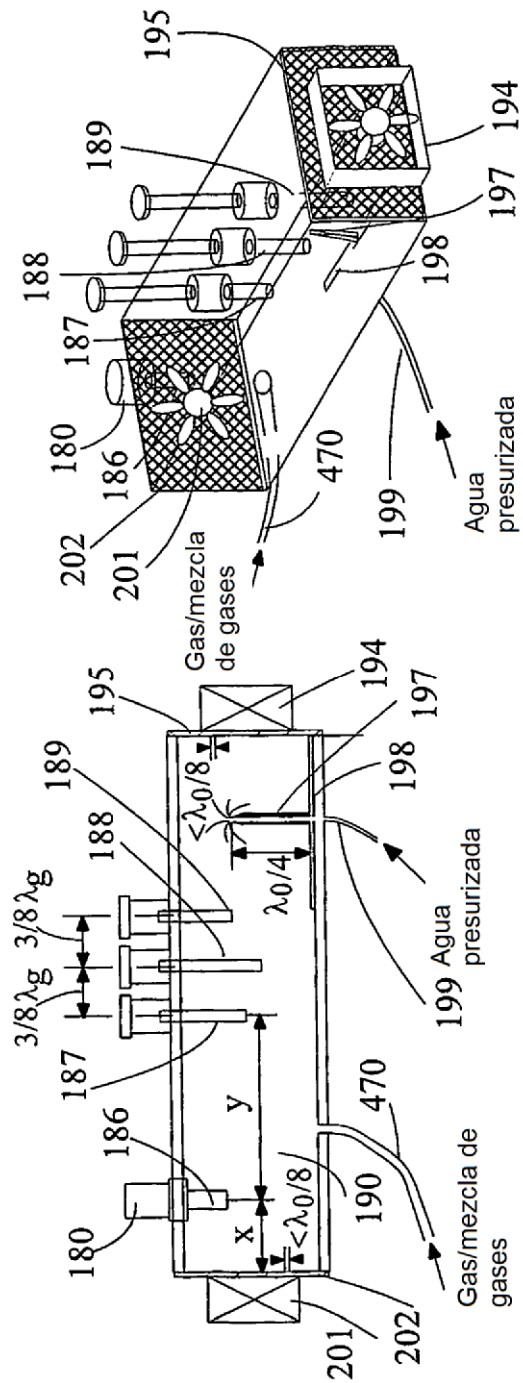


Figura 22b

Figura 22a

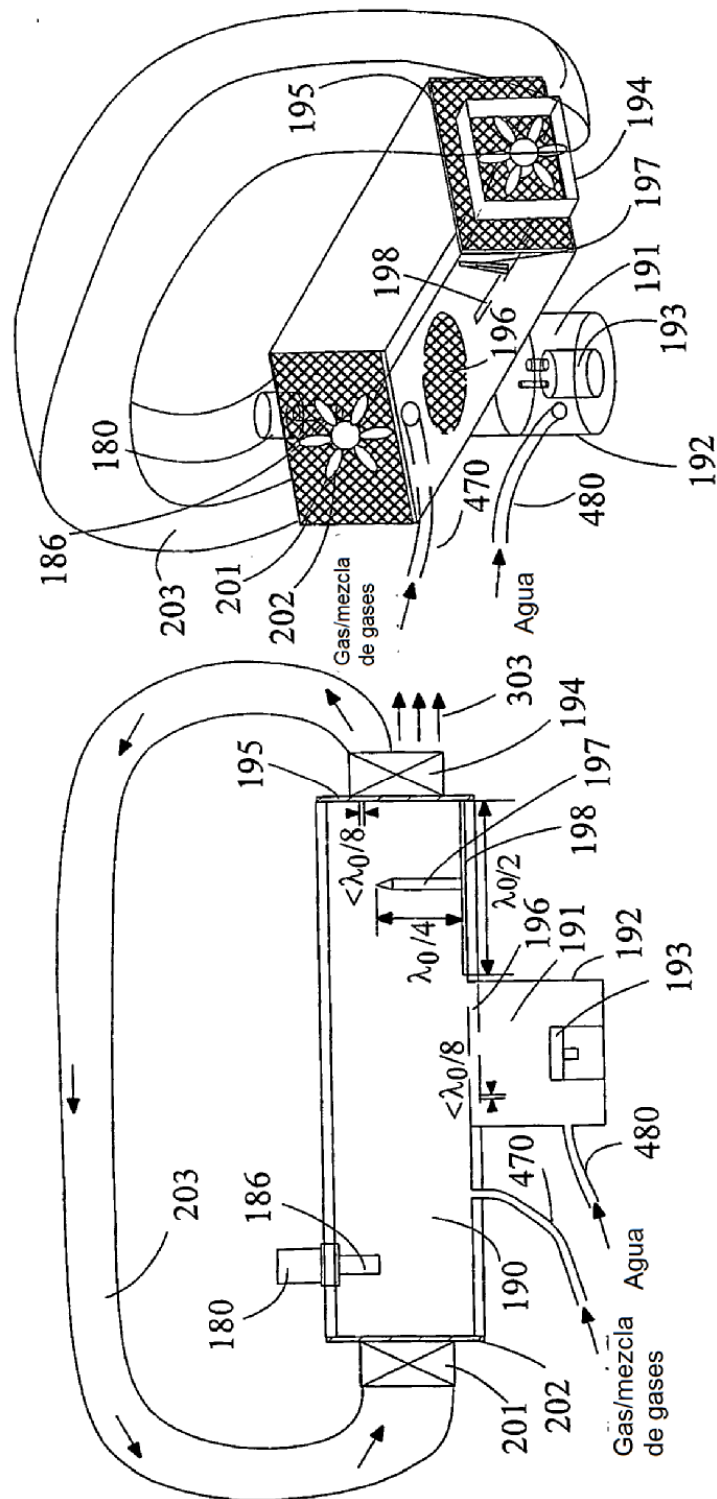


Figura 23b

Figura 23a

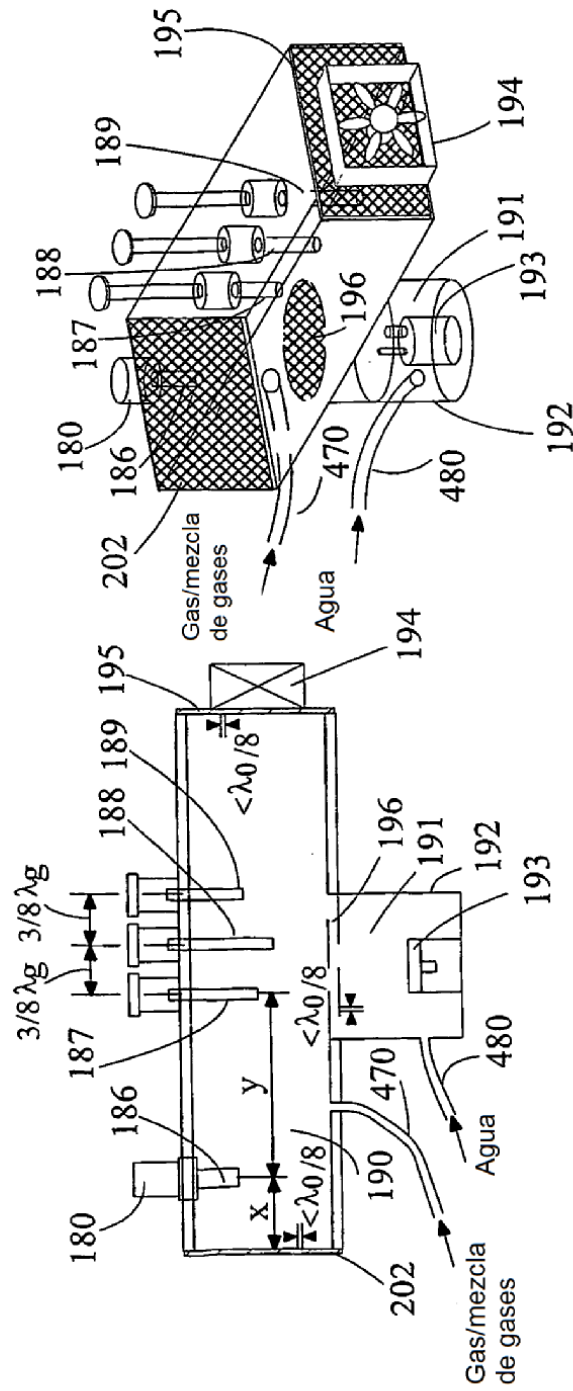


Figura 24a

Figura 24b

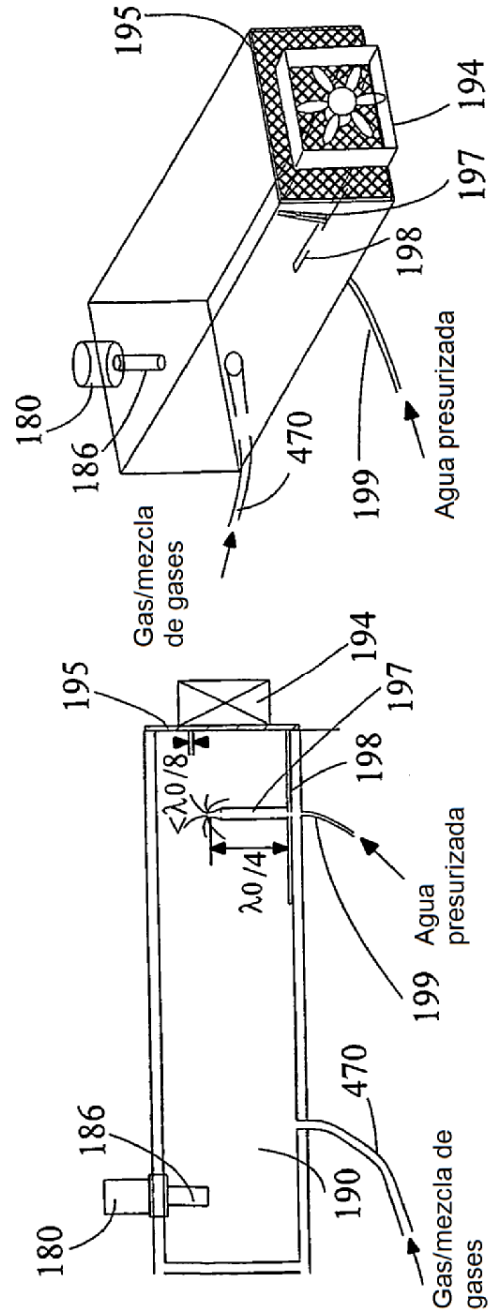


Figura 25b

Figura 25a