

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 984 976**

51 Int. Cl.:

A61L 2/14

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.04.2021 PCT/EP2021/060502**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.11.2021 WO21219482**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.04.2021 E 21721476 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2024 EP 4142812**

54 Título: **Aparatos de esterilización para producir plasma y radicales hidroxilo**

30 Prioridad:

30.04.2020 GB 202006384

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

31.10.2024

73 Titular/es:

**CREO MEDICAL LIMITED (100.0%)
Creo House Unit 2, Beaufort Park
Beaufort Park Way
Chepstow, Monmouthshire NP16 5UH, GB**

72 Inventor/es:

**HANCOCK, CHRISTOPHER;
TURNER, LOUIS;
PRESTON, SHAUN;
MEADOWCROFT, SIMON;
ULLRICH, GEORGE CHRISTIAN y
WEBB, DAVID EDWARD**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 984 976 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

Aparatos de esterilización para producir plasma y radicales hidroxilo

5 Campo de la invención

La invención se refiere a sistemas de esterilización adecuados para uso clínico, por ejemplo, en el cuerpo humano, instrumental médico o espacios de camas de hospital. 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. Esta invención es particularmente útil para esterilizar o descontaminar espacios cerrados o parcialmente cerrados.

Antecedentes de la invención

15 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 cocos son células redondas, las bacterias espirilos tienen forma de espiral y las bacterias bacilos tienen forma de bastón. Las bacterias dañinas causan enfermedades tales como el tétanos y la fiebre tifoidea.

20 Los virus sólo pueden vivir y multiplicarse invadiendo otras células, es decir, no pueden sobrevivir por sí solos. Los virus causan enfermedades tales como resfriados, gripe, paperas y el SIDA. Los virus pueden transmitirse mediante contacto de persona a persona o mediante contacto con una región contaminada con gotitas respiratorias u otros fluidos corporales portadores de virus de una persona infectada.

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

La esterilización es un acto o proceso que destruye o elimina toda forma de vida, especialmente los microorganismos. Durante el proceso de esterilización por plasma, se producen agentes activos. Estos agentes activos son fotones ultravioleta de alta intensidad y radicales libres, que son átomos o conjuntos de átomos con electrones químicamente desapareados. Una característica atractiva de la esterilización por plasma es que es posible lograr la esterilización a temperaturas relativamente bajas, tal como la temperatura corporal. La esterilización por plasma tiene también el beneficio de que es segura para el operador y el paciente.

35 El plasma normalmente contiene electrones e iones cargados, así como especies químicamente activas, tal como ozono, óxidos nitrosos y radicales hidroxilo. Los radicales hidroxilo son mucho más eficaces para oxidar los contaminantes del aire que el ozono y son varias veces más germicidas y fungicidas que el cloro, lo que los convierte en un candidato muy interesante para destruir bacterias o virus y para realizar una descontaminación eficaz de objetos contenidos en espacios cerrados, por ejemplo, objetos o elementos asociados a un ambiente hospitalario.

40 Los radicales OH contenidos dentro de una "macromolécula" de agua (por ejemplo, una gotita dentro de una niebla o neblina) son estables durante varios segundos y son 1.000 veces más efectivos que los desinfectantes convencionales en concentraciones comparables.

45 Un artículo de Bai *et al.* titulado "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 esterilización sobre *E. coli* y *B. subtilis*. Se preparó la suspensión de bacterias 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 líquida a placas de acero inoxidable estériles de 12 mm x 12 mm. El fluido bacteriano se distribuyó uniformemente sobre las placas y se dejó secar durante 90 minutos. A continuación, se colocaron las placas en una cápsula de vidrio esterilizada y se pulverizaron sobre las placas radicales OH con una concentración constante. Los resultados de este estudio experimental fueron:

- 55
1. Los radicales OH se pueden usar para causar daños irreversibles a las células y, en última instancia, matarlas;
 2. El umbral potencial para eliminar microorganismos es de diez milésimas de los desinfectantes usados en el hogar o en el exterior;
 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 cual satisface la necesidad de una rápida eliminación de la contaminación microbiana, y el tiempo letal es aproximadamente una milésima parte del de los desinfectantes nacionales e internacionales actuales;
 4. La densidad letal del OH es aproximadamente una milésima parte de la densidad de pulverización de otros desinfectantes; esto será útil para eliminar la contaminación microbiana de manera eficiente y rápida en espacios grandes, por ejemplo, áreas de camas; y
 5. La nebulización de OH o las gotas de niebla oxidan las bacterias a CO₂, H₂O y sales microinorgánicas. El OH restante también se descompondrá en H₂O y O₂, por tanto, este método eliminará la contaminación microbiana sin
- 65

contaminación.

El documento WO 2009/060214 divulga un aparato de esterilización dispuesto de forma controlable para generar y emitir radicales hidroxilo. El aparato incluye un aplicador que recibe energía de RF o microondas, niebla de agua y gas en una región generadora de radicales hidroxilo. La impedancia en la región generadora de radicales hidroxilo se controla para que sea alta para fomentar la creación de una descarga de ionización que a su vez genera radicales hidroxilo cuando hay niebla de agua. El aplicador puede ser un conjunto coaxial o una guía de ondas. Un mecanismo de calibración dinámica, por ejemplo, integrado en el aplicador puede controlar la impedancia en la región generadora de radicales hidroxilo. Los medios de suministro para la niebla, el gas y/o la energía pueden integrarse entre sí.

El documento WO 2019/175063 divulga un aparato de esterilización que usa plasma térmico o no térmico para esterilizar o desinfectar dispositivos de alcance quirúrgico. En un ejemplo, se forma una región generadora de plasma en un extremo distal de una línea de transmisión coaxial, que transmite energía de RF o microondas para liberar la descarga de plasma y soportar el plasma. Se forma un paso de gas alrededor de una superficie externa de la línea de transmisión coaxial. El paso de gas está en comunicación fluida con la región generadora de plasma a través de muescas en un electrodo cilíndrico montado en un extremo distal de la línea de transmisión coaxial. En algunos ejemplos, el agua atraviesa un paso formado dentro del conductor interno de la línea de transmisión coaxial, desde donde se pulveriza sobre la superficie de un objeto antes de que el plasma pase sobre él.

El documento WO 2019/175063 A1 describe un aparato de esterilización que utiliza plasma térmico o no térmico para desinfectar dispositivos de exploración quirúrgicos, tales como endoscopios, gastroscopios, laparoscopios y similares.

El documento GB 2548382 A divulga una antorcha de plasma que tiene un extremo abierto que comprende una varilla catódica central cónica y un tubo conductor conectado a tierra, el tubo conductor conectado a tierra tiene un extremo abierto y está dispuesto alrededor del cátodo y espaciado del mismo para formar una primera cavidad cilíndrica abierta en un extremo; durante el uso, una descarga de arco entre el cátodo y el tubo conductor conectado a tierra ioniza un gas de alimentación para producir un plasma térmico central emitido desde el extremo abierto de la primera cavidad.

El documento GB 2463521 A se refiere a un sistema y método para producir concentraciones de radicales OH para descontaminar secciones de salas de hospital, espacios para camas de hospital o quirófanos.

Sumario de la invención

En su forma más general, la invención proporciona un dispositivo de esterilización que soporta una alimentación de fluido en línea que se usa para generar un plasma térmico o no térmico en presencia de agua para proporcionar una corriente que contiene radicales hidroxilo. La corriente puede dirigirse a una superficie u objeto para realizar la esterilización. Proporcionando la alimentación de fluido (que puede comprender una alimentación de gas y/o una alimentación de agua) al dispositivo en línea con la dirección en la que sale la corriente, se puede lograr un flujo más fuerte de radicales hidroxilo y, por consiguiente, un mayor rango de esterilización.

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona un dispositivo de esterilización para generar un flujo de radicales hidroxilo, comprendiendo el dispositivo de esterilización: una línea de transmisión coaxial para transportar energía electromagnética (EM) de radiofrecuencia (RF) y/o de frecuencia de microondas, extendiéndose la línea de transmisión coaxial en una dirección longitudinal y comprendiendo un conductor interno y un conductor externo situados alrededor del conductor interno y separados del mismo; un tapón terminal montado en un extremo distal de la línea de transmisión coaxial, en donde el tapón terminal comprende una abertura de salida orientada distalmente; un conducto de fluido que se extiende en dirección longitudinal desde una entrada de fluido en un extremo distal de la línea de transmisión coaxial a través del tapón terminal hasta la abertura de salida; y una región generadora de plasma en un extremo proximal de la abertura de salida, en donde la región generadora de plasma contiene un primer electrodo que está conectado eléctricamente al conductor interno, y un segundo electrodo que está conectado eléctricamente al conductor externo, en donde el conducto de fluido define una trayectoria de flujo de fluido longitudinal a través del dispositivo que está alineada con una dirección de alimentación en la que se recibe fluido a través de la entrada de fluido, y en donde el primer electrodo y el segundo electrodo se oponen entre sí en una dirección transversal a través de la trayectoria del flujo de fluido longitudinal en la región generadora de plasma. Con esta disposición, el flujo de fluido puede ser sustancialmente ininterrumpido a través del dispositivo.

El conducto de fluido puede estar dispuesto para suministrar una mezcla de un gas inerte y una niebla de agua a la región generadora de plasma. Como alternativa, en algunas realizaciones o modos de funcionamiento del dispositivo como se describe a continuación, el gas inerte y el agua pueden suministrarse por separado a la región generadora de plasma. Por ejemplo, el conducto de fluido puede estar dispuesto para suministrar sólo un gas inerte a la región generadora de plasma.

El dispositivo puede configurarse para generar y emitir radicales hidroxilo. El dispositivo está configurado preferiblemente como una unidad portátil, de modo que pueda usarse fácilmente para esterilizar cualquier superficie u objeto según sea necesario. En concreto, el gas que se suministra a la región generadora de plasma se puede usar para generar un plasma térmico o no térmico usando RF y/o frecuencia de microondas. Por ejemplo, el conductor

interno y el conductor externo están dispuestos para producir un alto campo eléctrico a partir de la energía de RF y/o frecuencia de microondas recibida a través de la trayectoria del flujo para que el gas libere una descarga y soporte un plasma térmico o no térmico. Por ejemplo, un pulso corto (por ejemplo, que tiene una duración de 10 ms o menos, por ejemplo, entre 1 ms y 10 ms) de energía de RF se puede usar para liberar la descarga de plasma. Se puede usar un pulso de microondas más largo para soportar el plasma. También puede ser posible liberar la descarga de plasma usando la energía de frecuencia de microondas, por ejemplo, mediante el uso de un resonador de microondas o un transformador de impedancia, es decir, un transformador de cuarto de onda que transforma una tensión baja en una tensión más alta para liberar la descarga de plasma usando una línea de transmisión de impedancia más alta que es un cuarto de onda (o un múltiplo impar del mismo) de longitud a la frecuencia de operación. Esta línea de alta impedancia puede conectarse para liberar la descarga de plasma y desconectarse (es decir, para volver a una línea de impedancia más baja) una vez que se ha liberado la descarga del plasma y se requiere que soporte el plasma. Se puede usar preferiblemente un PIN de potencia o un diodo varactor para conmutar entre los dos estados, aunque puede ser posible usar un conmutador coaxial o de guía de ondas. El plasma térmico o no térmico que se produce puede ionizar agua que también se suministra a la región generadora de plasma (por ejemplo, en combinación con el gas inerte o por separado) para producir radicales hidroxilo. Los radicales hidroxilo se dirigen fuera de la abertura de salida para esterilizar superficies u objetos según lo requiera el usuario.

El conducto de fluido puede incluir un paso entre el conductor interno y el conductor externo de la línea de transmisión coaxial. Esta disposición puede ser beneficiosa para formar un dispositivo compacto. Por tanto, un gas inerte transportado por el conducto de fluido puede formar un material dieléctrico para la línea de transmisión coaxial. En esta disposición, el conductor interno puede estar separado del conductor externo por una pluralidad de radios radiales montados dentro de la línea de transmisión coaxial, por ejemplo, a intervalos de media longitud de onda de la energía de microondas transmitida de este modo.

En otra realización, el conducto de fluido puede incluir un conducto que discurre paralelo a la línea de transmisión coaxial. En otras palabras, el gas puede suministrarse independientemente de la línea de transmisión coaxial.

El dispositivo puede incluir un conducto de agua, por ejemplo, separado del conducto de fluido, dispuesto para suministrar agua a la región generadora de plasma. El conducto de agua puede incluir un paso longitudinal formado dentro del conductor interno de la línea de transmisión coaxial. Es decir, el conductor interno de la línea de alimentación coaxial puede ser hueco para definir un conducto de agua para transportar agua a la región de generación de plasma. Por tanto, el conducto de fluido puede estar dispuesto para transportar gas a la región generadora de plasma. En un ejemplo, el agua puede ser suministrada a través del conductor interno como una niebla de agua, lo que puede ayudar a la generación de radicales hidroxilo a medida que las gotitas de agua se ionizan y dispersan más fácilmente.

El conducto de agua puede incluir además un paso longitudinal formado dentro del primer electrodo. El dispositivo puede comprender una unidad de pulverización en un extremo distal del conducto de agua. La unidad de pulverización puede comprender un aerosolizador configurado para producir una pulverización de agua nebulizada en forma de cono. El agua puede transportarse a través del conducto de agua como una corriente de agua que el aerosolizador convertirá en una niebla de agua en el extremo distal. La niebla de agua se puede pulverizar directamente en la región generadora de plasma. Preferiblemente, el aerosolizador puede configurarse para producir una niebla en forma de cono para garantizar que las gotitas de agua se dispersen en un gran volumen de la región generadora de plasma. Por ejemplo, el aerosolizador puede comprender un número (por ejemplo, uno o más, preferiblemente dos) de superficies de choque en el camino de la corriente de agua para inducir un movimiento de rotación, generando de ese modo un vórtice de agua que rompe la corriente de agua en una niebla de gotitas de agua debido a que la corriente de agua golpea la superficie o superficies y también debido a las fuerzas centrífugas en el vórtice. El transporte de una corriente de agua a través del conductor interno de esta manera puede permitir que el agua se suministre a alta presión, aumentando la velocidad a la que se pueden generar radicales hidroxilo y también ayudando a la dispersión de radicales sobre un área más grande a medida que salen del dispositivo a través de la abertura de salida.

El conducto de agua puede tener una entrada proximal, en donde el conducto de agua define una trayectoria de flujo longitudinal a través del dispositivo que está alineada con una dirección de alimentación en la que se recibe agua a través de la entrada proximal. Es decir, se puede alimentar agua al conducto de agua paralelo al eje longitudinal del conductor interno, lo que puede permitir que el agua llegue al dispositivo a una presión más alta (por ejemplo, en comparación con una alimentación de agua conectada al conductor interno en ángulo). Por la misma razón, es particularmente preferible que el conducto de agua sea sustancialmente recto a lo largo de su longitud.

El primer electrodo puede ser una varilla eléctricamente conductora que sobresale en dirección longitudinal desde un extremo distal del conductor interno, teniendo la varilla un diámetro menor que el conductor interno. Cuando el primer electrodo transporta agua, la velocidad del agua a través del conducto de agua puede acelerarse a través de la varilla antes de llegar a la unidad de pulverización, ayudando aún más a la dispersión de la niebla de agua y de los radicales hidroxilo.

La región generadora de plasma puede estar ubicada en una región proximal de la abertura de salida. El tapón terminal puede comprender un elemento conductor generalmente cilíndrico que tiene la abertura de salida en una superficie de extremo distal del mismo. El tapón terminal puede definir un volumen interno en el que sobresale el conductor

interno de la línea de transmisión coaxial más allá de un extremo distal del conductor externo. El tapón terminal puede estar conectado eléctricamente al conductor externo. Un diámetro de la abertura de salida puede ser menor que un diámetro del volumen interno.

5 El segundo electrodo puede estar formado integralmente con el tapón terminal. En un ejemplo, el segundo electrodo comprende una pluralidad de lengüetas radiales que se extienden hacia adentro desde una pared lateral de la abertura de salida.

10 El dispositivo de esterilización puede comprender además un tubo aislante montado en la abertura de salida distalmente desde la región generadora de plasma, por ejemplo, más allá del segundo electrodo. El tubo aislante (por ejemplo, hecho de cuarzo o similar) puede evitar la liberación de la descarga de plasma no deseada en la abertura de salida más allá de la región generadora de plasma.

15 Para dejar espacio para la alimentación de fluido en línea, la energía de RF y/o microondas se puede suministrar a la línea de transmisión coaxial a través de una o más alimentaciones transversales.

20 Por ejemplo, el dispositivo puede comprender una alimentación coaxial transversal conectada para introducir la energía de RF y/o microondas a la línea de transmisión coaxial en una región proximal de la misma. La alimentación coaxial transversal puede configurarse para acoplar energía de microondas en la línea de transmisión coaxial, y en donde la alimentación coaxial transversal está conectada a un punto en la línea de transmisión coaxial ubicado a una

distancia $\frac{(2n-1)\lambda}{4}$ desde un extremo proximal del mismo, donde n es un número entero positivo y A es una longitud de onda de la energía de microondas transportada por la línea de transmisión coaxial.

25 El dispositivo puede comprender además una alimentación coaxial transversal proximal conectada para introducir la energía de RF directamente en la región generadora de plasma, por ejemplo, para facilitar una liberación de la descarga de plasma. La alimentación coaxial transversal proximal puede comprender un electrodo fino que sobresale hacia dentro de un espacio entre el primer electrodo y el segundo electrodo en la región de generación de plasma.

30 El dispositivo puede comprender un estrangulador montado en un extremo proximal de la línea de transmisión coaxial.

35 En otro aspecto, se puede proporcionar un aparato de esterilización que comprende: el dispositivo de esterilización descrito anteriormente; un suministro de agua conectado para suministrar agua a la región generadora de plasma; un suministro de gas conectado para suministrar gas a la región generadora de plasma a través del conducto de fluido; y un generador conectado para suministrar energía electromagnética de radiofrecuencia (RF) y/o frecuencia de microondas a la región generadora de plasma. La energía EM de RF puede ser para liberar la descarga de plasma y puede recibirse como un pulso de alta tensión. La energía EM de microondas puede ser para soportar el plasma, es decir, para suministrar potencia en el plasma para mantener su estado de ionización. Esta también puede recibirse en forma de pulsos. El plasma puede recibir estos impulsos de forma repetida para producir un haz de plasma cuasi-continuo. Cuando se proporciona agua al dispositivo de esterilización, el aparato no necesita usar ningún agente de limpieza químico, y así no se obtienen subproductos nocivos de la esterilización usando el presente aparato.

45 En determinadas realizaciones, el suministro de agua puede comprender una bomba para suministrar una corriente de agua a alta presión. Esto puede ser particularmente preferible cuando el dispositivo de esterilización portátil comprende un conducto de agua a través del conductor interno de la línea de alimentación coaxial.

50 En otras realizaciones, el suministro de agua puede comprender un generador de niebla. Por ejemplo, el generador de niebla puede comprender un transductor ultrasónico o un elemento calentador. De esta manera, el generador de niebla puede suministrar una niebla (por ejemplo, humedad o niebla) al dispositivo de esterilización portátil para la producción de radicales hidroxilo a partir del agua. Una disposición de este tipo puede ser particularmente preferible en disposiciones en las que se va a transportar una mezcla de gas y agua a través del conducto de fluido formado dentro del conductor externo de la línea de alimentación coaxial. Preferiblemente, el suministro de gas puede conectarse para suministrar gas al dispositivo de esterilización portátil a través del generador de niebla. De esta manera, el suministro de gas puede presurizar el flujo de niebla a través del dispositivo de esterilización portátil para asegurar una alta tasa de producción de radicales hidroxilo y ayudar a la dispersión de los radicales del dispositivo.

55 El caudal de gas puede estar en el intervalo de 1,5 a 15 litros/minuto, preferiblemente entre 2 y 6 litros/minuto. El suministro de agua puede disponerse para generar suficiente pulverización o niebla para formar al menos el 2 % en volumen de la corriente combinada de gas/agua. El caudal del gas se puede controlar para alcanzar una proporción deseada de gas y agua en la corriente combinada.

60 Preferiblemente el suministro de gas es un suministro de gas argón. Sin embargo, se puede elegir cualquier otro gas adecuado, por ejemplo, dióxido de carbono, helio, nitrógeno, una mezcla de aire y uno cualquiera de estos gases, por ejemplo, 10 % de aire/90 % de helio.

De manera ventajosa, el generador puede funcionar con una batería, de modo que el generador sea portátil. Preferiblemente, el suministro de agua y el suministro de gas también son portátiles de modo que un usuario pueda operar fácilmente el aparato de esterilización, y la esterilización se pueda realizar fácilmente en cualquier entorno necesario.

5 En el presente documento, el término "interno" significa radialmente más cercano al centro (por ejemplo, eje) del cable coaxial, punta de sonda y/o aplicador. El término "externo" significa radialmente más alejado del centro (eje) del cable coaxial, punta de sonda y/o aplicador.

10 En el presente documento, el término "conductor" significa eléctricamente conductor, a menos que el contexto indique lo contrario.

En el presente documento, los términos "proximal" y "distal" se refieren a los extremos del aplicador. Durante el uso, el extremo proximal está más cerca de un generador para proporcionar la energía de RF y/o de microondas, mientras que el extremo distal está más alejado del generador.

15 En la presente memoria descriptiva, "microondas" puede utilizarse en sentido amplio para indicar un intervalo de frecuencias de 400 MHz a 100 GHz, pero preferiblemente en el intervalo de 1 GHz a 60 GHz. Las frecuencias específicas que se han considerado son las siguientes: 915 MHz, 2,45 GHz, 3,3 GHz, 5,8 GHz, 10 GHz, 14,5 GHz y 20 25 GHz. Por el contrario, la presente memoria descriptiva usa "radiofrecuencia" o "RF" para indicar un intervalo de frecuencia que es, al menos, tres órdenes de magnitud menor, por ejemplo, hasta 300 MHz, preferiblemente de 10 kHz a 1MHz, y lo más preferiblemente de 400 kHz. La frecuencia de microondas se puede ajustar para permitir optimizar la energía de microondas suministrada. Por ejemplo, se puede diseñar una punta de sonda para funcionar a una determinada frecuencia (por ejemplo, 900 MHz), pero en uso la frecuencia más eficaz puede ser diferente (por 25 ejemplo, 866 MHz).

Breve descripción de los dibujos

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

La Figura 1 es un diagrama esquemático de un aparato de esterilización de acuerdo con una realización de la presente invención;

35 La Figura 2 es una vista en sección transversal de un aplicador de acuerdo con una realización de la presente invención; y

La Figura 3 es una vista en sección transversal de un aplicador de acuerdo con otra realización de la presente invención.

Descripción detallada; opciones y preferencias adicionales

40 Esta invención se refiere a un dispositivo para realizar esterilización usando radicales hidroxilo que se generan creando un plasma en presencia de agua nebulizada.

45 La Figura 1 es un diagrama esquemático de un aparato de esterilización 100 que es una realización de la presente invención. El aparato 100 es capaz de generar radicales hidroxilo (OH) para esterilizar una superficie o un área. Por ejemplo, el aparato 100 puede usarse para esterilizar aparatos médicos o espacios de camas de hospital.

50 El aparato 100 comprende un generador 102 que es capaz de suministrar de forma controlable energía electromagnética de radiofrecuencia (RF) y/o microondas (EM) a un dispositivo de esterilización, denominado en el presente documento aplicador 104, que es preferiblemente una unidad portátil.

55 El generador 102 puede ser del tipo divulgado en el documento WO 2012/076844, por ejemplo. El generador 102 se conecta al aplicador 104 mediante un cable coaxial 106. El cable coaxial 106 comprende un conductor interno, un conductor externo y un material dieléctrico que separa el conductor interno del conductor externo. El cable coaxial 106 puede acoplar energía al aplicador 104 a través de un conector QMA o similar. En algunos ejemplos, el generador 102 puede estar dispuesto para monitorear las señales reflejadas (es decir, la potencia reflejada) recibidas desde el aplicador 104 con el fin de determinar una señal apropiada para ser transmitida al aplicador 104. La energía de radiofrecuencia y/o microondas se usa en el aplicador 104 para liberar y soportar un plasma térmico o no térmico para generar radicales hidroxilo de una manera que se explica con más detalle a continuación.

60 En algunos ejemplos, el plasma térmico o no térmico puede emitirse desde el aplicador y usarse directamente para esterilizar superficies. En el aparato mostrado en la Figura 1, un único generador 102 está dispuesto para suministrar energía EM de frecuencia de RF y/o microondas. Sin embargo, en algunas realizaciones de la presente invención, el aparato puede comprender un generador de energía EM de RF y un generador de energía EM de microondas como 65 componentes individuales, cada uno de los cuales está conectado al aplicador 104 mediante un respectivo cable coaxial.

El aparato 100 comprende además un suministro de agua 108, que está dispuesto para suministrar agua al aplicador 104. En un ejemplo, el agua puede suministrarse como una corriente de agua que puede disponerse para formar una pulverización (por ejemplo, una lluvia de finas gotitas de agua) que se emitirá desde el aplicador 104. En otro ejemplo, el agua puede suministrarse en forma de niebla de agua (por ejemplo, humedad de la niebla). Por tanto, el suministro de agua 108 puede comprender un generador de niebla. Un generador de niebla puede generar una niebla por medio de un transductor ultrasónico, por ejemplo. Como alternativa, el generador de niebla puede estar dispuesto para calentar agua para generar vapor o niebla que se pasará al aplicador 104. Un generador de niebla puede incluir una bomba u otra unidad impulsora de fluido para hacer que la niebla generada fluya hacia el aplicador 104. El agua se suministra al aplicador 104 para generar radicales hidroxilo mediante un proceso que se explicará con más detalle a continuación. Al usar agua de esta manera, el aparato 100 se puede usar para esterilizar superficies u objetos sin el uso de ningún producto químico de limpieza, reduciendo los costos asociados con la esterilización y permitiendo que la esterilización se realice cuando los productos químicos de limpieza son escasos. El uso de radicales hidroxilo para la esterilización también garantiza que no se produzcan subproductos nocivos.

Un suministro de gas 110 se conecta al aplicador 104 para suministrar gas para formar un plasma que se usa para generar radicales hidroxilo de una manera que se explicará a continuación. El suministro de gas 110 puede ser un suministro presurizado de cualquier gas inerte adecuado para la formación de un plasma térmico o no térmico, por ejemplo, argón, helio, nitrógeno, dióxido de carbono o una combinación de los mismos. El suministro de gas 110 puede configurarse para permitir el ajuste del caudal de gas que se suministra al aplicador 104. El suministro de gas puede suministrar entre 1,5 y 15 litros de gas por minuto, por ejemplo.

El suministro de gas 110 y el suministro de agua 108 pueden estar conectados al aplicador 104 mediante una línea de alimentación común. Es decir, las salidas del suministro de gas 110 y del suministro de agua 108 pueden combinarse antes de que lleguen al aplicador 104. Esta disposición puede ser particularmente adecuada en ejemplos en los que el suministro de agua 108 comprende un generador de niebla. El flujo de gas desde el suministro de gas 110 puede arrastrar la niebla de agua desde el suministro de agua 108 para crear una corriente combinada de niebla/gas que se suministra al aplicador 104. La corriente combinada de niebla/gas se puede suministrar al aplicador 104 a través de un único conducto de fluido. Como alternativa, el suministro de gas 110 y el suministro de agua 108 pueden proporcionar corrientes separadas para el suministro de agua y gas. Las corrientes separadas pueden proporcionarse dentro de un conducto combinado. Por ejemplo, un conducto para transportar gas al aplicador 104 puede comprender una unión en T para permitir que se alimente agua al conducto. Como alternativa, como se muestra en la Figura 1, el suministro de gas 110 y el suministro de agua 108 están conectados por separado al aplicador 104.

En algunas realizaciones de la invención se prevé que el generador 102 (o múltiples generadores cuando estén presentes), el generador de niebla 108 y el suministro de gas 110 pueden ser cada uno portátiles, y el aplicador 104 puede ser un aplicador portátil de modo que la presente invención proporciona un aparato de esterilización eficaz que es fácilmente transportable por un usuario. Por ejemplo, el generador 102 puede funcionar con una batería o similar.

Ejemplos del aplicador 104 se muestran con más detalle, a continuación, en las Figuras 2 y 3. Para esterilizar una superficie, se crea un plasma en el aplicador 104 aplicando energía desde el generador 102 al gas administrado desde el suministro de gas 110. Por ejemplo, se puede usar energía de RF para liberar la descarga de un plasma y se puede usar energía de microondas para soportar el plasma. Por ejemplo, se puede generar plasma como se divulga en el documento WO 2009/060213 A1. Simultáneamente con la generación de plasma, el agua del suministro de agua 108 pasa a una región generadora de radicales hidroxilo dentro del aplicador 104 donde el plasma ioniza el agua para producir una pulverización 112 de radicales hidroxilo que salen del aplicador 104 para dirigirse a una superficie o hacia un zona para la esterilización. En el documento WO 2009/060214 A1 se divulgan ejemplos de generación de radicales hidroxilo de esta manera, por ejemplo.

El aplicador 104 puede producirse a cualquier escala adecuada. Por ejemplo, el aplicador puede tener un tamaño que permita que lo agarre una mano humana. Como alternativa, se puede fabricar una versión más grande adecuada para montar sobre un soporte. Durante el uso, la corriente de plasma y/o radicales OH emitida por el aplicador puede dirigirse a un volumen que se va a esterilizar, por ejemplo, el interior de un vehículo (por ejemplo, una ambulancia) o una cama de hospital o quirófano.

La Figura 2 muestra una vista en sección transversal de un aplicador 200 que es una primera realización de la invención. Aunque no se muestra en la Figura 2, el aplicador 200 puede estar contenido dentro de una carcasa generalmente alargada que permite al usuario pasar fácilmente el aplicador 200 sobre una superficie u objeto para esterilización. En realizaciones particularmente preferidas, el aplicador 200 puede ser una unidad portátil para facilitar el control manual.

El aplicador 200 comprende una estructura de suministro de energía en forma de una línea de transmisión coaxial 201 para transportar energía electromagnética de radiofrecuencia (RF) y/o frecuencia de microondas (EM). La línea de transmisión coaxial 201 comprende un conductor interno 202 y un conductor externo 204 espaciados del conductor interno 202 para definir una región anular 219 entre los mismos. Por ejemplo, en una realización preferida, el conductor interno 202 puede tener un diámetro externo de 3 mm y el conductor externo 204 puede tener un diámetro interno de

7 mm para proporcionar una separación adecuada. La separación entre el conductor interno 202 y el conductor externo 204 puede mantenerse mediante espaciadores que se extienden radialmente (no mostrados) que están colocados en el espacio, por ejemplo, los espaciadores pueden ser radios o discos de radios hechos de PTFE.

5 Una punta distal 203 está montada en un extremo distal de la línea de transmisión coaxial 201. La punta distal 203 comprende un tapón cilíndrico 213, que es una estructura eléctricamente conductora conectada eléctricamente al conductor externo 204 de la línea de transmisión coaxial 201. En esta realización, el tapón cilíndrico 213 comprende una región proximal que se superpone y hace contacto con una superficie externa del conductor externo 204. El tapón cilíndrico 213 define un volumen interno 215. El conductor interno 202 de la línea de transmisión coaxial 201 sobresale más allá de un extremo distal del conductor externo 204 hacia el interior del volumen interno. El tapón cilíndrico 215 tiene una abertura de salida 217 en su extremo distal. El volumen interno 215 está en comunicación fluida con un entorno externo a través de la abertura de salida 217. En este ejemplo, un tubo aislante 214 (por ejemplo, formado a partir de cuarzo o similar) está montado en la abertura de salida, de modo que el volumen interno 215 se comunica con el ambiente externo a través de un paso formado por el tubo aislante 214.

15 El conductor interno 202 es hueco para formar un conducto de agua 206 para transportar agua a lo largo de la línea de transmisión coaxial 201 desde una entrada proximal 207 hasta el volumen interno 215 dentro de la punta distal 203. Dentro de la entrada proximal 207 se alimenta una corriente de agua a través de una tubería de entrada de agua 209, de modo que la corriente de agua sea paralela al eje longitudinal del conductor interno 202. Esta disposición permite un alto caudal de agua debido a la falta de curvas o dobleces en el conducto de agua 206. La tubería de entrada de agua 209 recibe agua de una bomba u otro suministro de agua, como se ha descrito anteriormente con respecto a la Figura 1.

20 La región anular 219 entre el conductor interno 202 y el conductor externo 204 forma un conducto de fluido 208 para transportar gas al volumen interno 215. El gas se suministra al conducto de fluido 208 a través de una tubería de entrada de gas 211, que está conectada a un suministro de gas como se ha descrito anteriormente con respecto a la Figura 1.

25 Se prevé que el aplicador 200 también pueda funcionar transportando una mezcla de gas y una niebla de agua a través del conducto de fluido 208. En dicha operación, no es necesario suministrar agua a través del conducto de agua 206, aunque se puede suministrar agua simultáneamente a través del conducto de agua 206 si es necesario.

30 Se suministra energía de RF y/o microondas a la línea de transmisión coaxial 201 a través de una alimentación coaxial transversal 220. La alimentación coaxial transversal 220 acopla la energía de RF y/o microondas en la línea de transmisión coaxial 201 en una ubicación situada hacia un extremo proximal de la línea de transmisión coaxial 201. Para permitir que la energía de RF sea transportada por la línea de transmisión coaxial 201, la línea de transmisión coaxial 201 tiene una condición de circuito abierto en su extremo proximal (es decir, el conductor interno 202 y el conductor externo 204 permanecen aislados entre sí). Para garantizar un acoplamiento eficiente de la energía de microondas en esta línea de transmisión coaxial 201, la alimentación coaxial transversal se coloca preferiblemente alejada del extremo proximal de la línea de transmisión coaxial a una distancia igual a una o más medias longitudes de onda de la energía de microondas cuando se propaga en la línea de transmisión coaxial 201.

35 La alimentación coaxial transversal 220 tiene un conector 210 que se puede conectar de manera desmontable a un cable coaxial que transporta energía de RF y/o microondas desde un generador, como se ha descrito anteriormente con respecto a la Figura 1. Por ejemplo, el conector 210 puede comprender un conector QMA, AME, un conector N o similar.

40 Para evitar que la energía de microondas fluya más allá del extremo proximal de la línea de transmisión coaxial 201, se conecta un estrangulador 212 en el extremo proximal de la línea de transmisión coaxial 201. En este ejemplo se usa una disposición de doble estrangulador. El estrangulador 212 está provisto de un paso longitudinal a su través para admitir la tubería de entrada de agua 209 y para proporcionar comunicación fluida entre la tubería de entrada de gas 211 y la región anular 219.

45 Como se ha descrito anteriormente, el tapón cilíndrico 213 está abierto en su extremo distal, con un tubo aislante 214 colocado dentro de la abertura de salida 217. Una región proximal del tubo aislante 214 define una zona generadora de plasma 205. Un primer electrodo 218 que está conectado eléctricamente al conductor interno 202 se extiende dentro de la zona de generación de plasma 205. En este ejemplo, el primer electrodo 218 es una varilla conductora hueca que sobresale de un extremo distal del conductor interno 202. La varilla tiene un diámetro externo más pequeño que el diámetro externo del conductor interno 202. El conducto de agua 206 puede estar en comunicación fluida con un paso longitudinal a través del primer electrodo 218. El paso longitudinal puede tener un diámetro más pequeño que el conducto de agua 206 de modo que la velocidad del flujo de agua en el paso longitudinal aumenta con respecto al conducto de agua 206, es decir, el agua acelera hacia la región generadora de plasma 205.

50 Una boquilla pulverizadora está montada en un extremo distal del paso longitudinal. La boquilla pulverizadora puede comprender una cámara de turbulencia dispuesta para impartir un movimiento de vórtice al flujo de agua cuando sale del paso longitudinal, de modo que se introduce un cono de gotitas de agua o niebla de agua en la región generadora

de plasma 205.

Un segundo electrodo 221 está provisto de más lengüetas conductoras que sobresalen radialmente formadas en las superficies laterales de la abertura de salida 217 en un extremo proximal del tubo aislante 214. Por tanto, la energía suministrada a la línea de transmisión coaxial 201 puede causar que exista una condición de alta tensión entre el primer electrodo 218 y el segundo electrodo 221 dentro de la zona de generación de plasma 205, de modo que se pueda generar plasma a partir del gas suministrado a través del conducto de fluido 208. El plasma puede ser generado por un pulso de energía de RF y, a continuación, soportado por un pulso o pulsos EM de microondas posteriores. En otras realizaciones, se puede usar energía EM de RF o microondas sola para liberar la descarga de plasma y/o soportar el plasma.

Una ventaja de la formación del segundo electrodo como lengüetas discretas es que tiene menos efecto sobre la impedancia en el tapón cilíndrico y, por consiguiente, ayuda al acoplamiento eficiente de energía a través del aparato.

Las lengüetas conductoras pueden estar dispuestas uniformemente alrededor de la abertura de salida 217. Por ejemplo, puede haber dos lengüetas conductoras opuestas o cuatro lengüetas conductoras dispuestas a intervalos de 90° alrededor de la abertura de salida. Las lengüetas conductoras proporcionan ubicaciones en las que se produce preferiblemente la formación de arcos entre elementos conductores conectados al conductor interno y al conductor externo de la línea de transmisión coaxial. Es decir, la formación de arcos y, por consiguiente, la generación de plasma, ocurre preferiblemente entre el primer electrodo 218 y el segundo electrodo 221. Las dimensiones relativas del primer electrodo 218 y del segundo electrodo 221 se seleccionan junto con la energía suministrada a la región generadora de plasma para lograr una intensidad de campo eléctrico para liberar y soportar el plasma. Cuando el gas es argón, la intensidad de campo requerida para la descomposición puede ser de 600 Vmm⁻¹, por ejemplo. Por ejemplo, el primer electrodo 218 puede tener un diámetro externo de 0,5 mm, y los segundos electrodos 221 pueden estar espaciados radialmente del primer electrodo 218 por una distancia igual o inferior a 1 mm.

El tubo aislante 214 cubre la superficie lateral de la abertura de salida 217 más allá de la zona de generación de plasma 205 para evitar la formación de arcos no deseados en ubicaciones alejadas del primer y segundo electrodo.

El plasma puede dirigirse naturalmente fuera de un extremo distal del tubo aislante 214 mediante la dirección del flujo de gas desde el tubo de entrada de gas 211.

Por otra parte, el conductor interno hueco 202 transporta agua o niebla a través del conducto de agua 206 hasta el paso longitudinal en el primer electrodo 218 y en adelante como una pulverización hacia la zona de generación de plasma 205. En el presente documento, el plasma ioniza las moléculas de agua para producir radicales hidroxilo, que luego fluye fuera del aplicador 200. El tubo aislante 214 puede tener un diámetro interno seleccionado para estrechar la abertura de salida 217 de manera que aumente la velocidad del gas cuando sale del aplicador. Esto puede ayudar a la dispersión de radicales hidroxilo sobre una región que se va a esterilizar. Por ejemplo, el tubo aislante 214 puede tener un diámetro externo de 10 mm y un diámetro interno de 8 mm.

Como se ha explicado anteriormente, en un ejemplo, el primer electrodo 218 es en sí mismo un tubo hueco que forma una porción distal del conducto de agua 206. El primer electrodo puede tener en su punta distal un aerosolizador, es decir, un cabezal pulverizador configurado para generar finas gotitas a partir de una corriente de agua proporcionada a través del conducto de agua 206. Por ejemplo, el aerosolizador puede configurarse para generar una pulverización cónica de neblina de agua para dirigirla a la zona de generación de plasma 205.

Sin embargo, en otra realización, el aplicador 200 puede funcionar suministrando una mezcla de un gas y una niebla de agua a través de la entrada 211 y a través del conducto de fluido 208. No es necesario que el conductor interno 202 y el primer electrodo 218 sean huecos en esta disposición. Cuando se opera de esta manera, se puede generar un plasma en la zona de generación de plasma 205 para ionizar moléculas de agua y proporcionar radicales hidroxilo sustancialmente de la misma manera que se ha descrito anteriormente.

La Figura 3 muestra un aplicador 300 que es otra realización de la invención. Las características del aplicador 300 que corresponden con el aplicador 200 analizado anteriormente con respecto a la Figura 2 reciben los mismos números de referencia y no se describen de nuevo.

En el aplicador 300, la energía se acopla al aplicador 300 usando dos alimentadores 302, 304 que están montados transversalmente al eje longitudinal de la línea de transmisión coaxial 201. Una primera alimentación 302 está conectada hacia un extremo proximal de la línea de transmisión coaxial 201. La primera alimentación 302 es una línea de alimentación coaxial configurada para acoplar energía EM de frecuencia de microondas en la línea de transmisión coaxial 201. En este ejemplo, un extremo proximal de la línea de transmisión coaxial 201 está en condición de cortocircuito (es decir, el conductor interno 202 está conectado eléctricamente al conductor externo 204). A continuación, la primera alimentación 302 se coloca a una distancia de uno o varios cuartos de longitud de onda impar (en la frecuencia de microondas) desde el extremo proximal de la línea de transmisión coaxial 201. Por ejemplo, para una frecuencia de microondas de 5,8 GHz, la primera alimentación 302 puede colocarse a una distancia de aproximadamente 13 mm desde el extremo proximal de la línea de transmisión coaxial 201.

Se proporciona una segunda alimentación 304 en un extremo distal del aplicador 300, a través de una pared lateral del tapón cilíndrico 213 hacia la zona de generación de plasma 205. La segunda alimentación 304 es una línea de alimentación coaxial configurada para acoplar energía EM de RF en la zona de generación de plasma 205. Para evitar que la segunda alimentación 304 acople energía de microondas, deseablemente se coloca en una o más medias longitudes de onda desde la condición de cortocircuito en el extremo proximal de la línea de transmisión coaxial 201.

La segunda alimentación 304 puede configurarse como un encendedor para administrar un pulso de RF que tiene una tensión capaz de liberar la descarga de un plasma térmico o no térmico en la zona de generación de plasma 205. La segunda alimentación 304 comprende un electrodo de choque 314 que sobresale dentro de la zona de generación de plasma 205 para garantizar que el plasma se libera en el lugar correcto.

La primera alimentación 302 y la segunda alimentación 304 pueden recibir energía de microondas y RF respectivamente de diferentes fuentes, o mediante alimentaciones separadas desde un generador configurado para producir señales tanto de RF como de microondas.

En este ejemplo, el aplicador 300 comprende un conducto de gas 306 que es paralelo a la línea de transmisión coaxial 201. El gas, tal como argón, se alimenta al conducto de gas desde un suministro de gas como se ha descrito anteriormente con referencia a la Figura 1. En un extremo distal, el conducto de gas 306 dirige el gas hacia una cámara 308 que rodea la línea de transmisión coaxial 201 en un extremo proximal del tapón cilíndrico 203. El gas fluye desde la cámara 308 hacia el interior del volumen interno 215 del tapón cilíndrico 203 a través de varias aberturas 310a, 310b formadas en una superficie del extremo proximal del tapón cilíndrico 203. Las aberturas 310a, 310b están separadas radialmente alrededor de la línea de transmisión coaxial 201 para asegurar una distribución uniforme del gas en el volumen interno 215.

Como en la disposición mostrada en la Figura 2, el conductor interno 202 de la línea de transmisión coaxial 201 es hueco para proporcionar un conducto de agua 206. El conductor interno 202 sobresale más allá de un extremo distal del conductor externo 204 hacia el dentro del volumen interior 215. Una porción distal del conductor interno 202 y un conductor anular circundante proporcionado por el tapón cilíndrico 213 proporcionan un primer electrodo y un segundo electrodo respectivamente para acoplar energía de microondas desde la línea de transmisión coaxial 201 al plasma formado en la zona de generación de plasma 205. Por tanto, se puede liberar la descarga de plasma usando un pulso de RF desde la segunda alimentación 304 y soportar por energía de microondas desde la primera alimentación 302.

Un aerosolizador 312 está dispuesto dentro de un extremo distal del conductor interno 202. El aerosolizador 312 está configurado para producir una pulverización cónica de agua nebulizada en la zona de generación de plasma 205. Para producir radicales hidroxilo para la esterilización, se hace pasar agua a través del conducto de agua 206 para generar una niebla de agua dirigida hacia afuera desde el aerosolizador 312. Al mismo tiempo, se pasa gas al conducto de fluido 208 desde el conducto de gas 306 para garantizar que una corriente de gas también pase a través de la zona de generación de plasma 205. Se suministra un pulso de RF a través de la segunda alimentación 304 para liberar la descarga de un plasma térmico o no térmico a partir del gas. El plasma se mantiene usando un pulso o pulsos de energía EM de microondas suministrada a la línea de transmisión coaxial 201 desde la primera alimentación 302. El plasma así generado ioniza las moléculas de agua en la niebla de agua, para producir una pulverización de radicales hidroxilo dirigida fuera de la zona de generación de plasma 205 y a través de la salida 216 hacia una región que se va a esterilizar.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de esterilización (200, 300) para generar un flujo de radicales hidroxilo, comprendiendo el dispositivo de esterilización:
- 5 una línea de transmisión coaxial (201) para transportar energía electromagnética (EM) de microondas y/o de radiofrecuencia (RF), extendiéndose la línea de transmisión coaxial (201) en una dirección longitudinal y comprendiendo un conductor interno (202) y un conductor externo (204) ubicado alrededor y separado del conductor interno (202);
- 10 un tapón terminal (213) montado en un extremo distal de la línea de transmisión coaxial (201), en donde el tapón terminal (213) comprende una abertura de salida orientada distalmente (217);
- un conducto de fluido (208) que se extiende en dirección longitudinal desde una entrada de fluido en un extremo distal de la línea de transmisión coaxial a través del tapón terminal (213) hasta la abertura de salida (217); y
- 15 una región generadora de plasma (205) en un extremo proximal de la abertura de salida (217), en donde la región generadora de plasma (205) contiene un primer electrodo (218) que está conectado eléctricamente al conductor interno (202), y un segundo electrodo (221) que está conectado eléctricamente al conductor externo (204), en donde el conducto de fluido (206, 306) define una trayectoria longitudinal de flujo de fluido a través del dispositivo (200, 300) que está alineada con una dirección de alimentación en la que se puede recibir fluido a través de la entrada de fluido, y
- 20 en donde el primer electrodo (218) y el segundo electrodo (221) se oponen entre sí en una dirección transversal a través de la trayectoria longitudinal del flujo de fluido en la región generadora de plasma (205).
2. El dispositivo de esterilización (200) de la reivindicación 1, en donde el conducto de fluido incluye un paso (208) entre el conductor interno (202) y el conductor externo (204) de la línea de transmisión coaxial; o
- 25 en donde el conducto de fluido incluye un conducto que discurre paralelo a la línea de transmisión coaxial.
3. El dispositivo de esterilización (200, 300) de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, que comprende además un conducto de agua (206) dispuesto para suministrar agua a la región generadora de plasma (205).
- 30 4. El dispositivo de esterilización (200, 300) de la reivindicación 3, en donde el conducto de agua (206) incluye un paso longitudinal formado dentro del conductor interno (202) de la línea de transmisión coaxial (201), y en donde el conducto de agua incluye un paso longitudinal formado dentro del primer electrodo.
5. El dispositivo de esterilización (200, 300) de la reivindicación 3 o la reivindicación 4, que comprende además una unidad de pulverización en un extremo distal del conducto de agua (206), en donde la unidad de pulverización comprende un aerosolizador (312) configurado para producir una pulverización de agua nebulizada en forma de cono.
- 35 6. El dispositivo de esterilización (200, 300) de una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en donde el conducto de agua (206) tiene una entrada proximal, y en donde el conducto de agua (206) define una trayectoria de flujo longitudinal a través del dispositivo (200, 300) que está alineada con una dirección de alimentación en la que se puede recibir agua a través de la entrada proximal.
- 40 7. El dispositivo de esterilización (200, 300) de cualquier reivindicación anterior, en donde el primer electrodo (208) es una varilla que sobresale en dirección longitudinal desde un extremo distal del conductor interno (202), teniendo la varilla un diámetro menor que el conductor interno (202).
- 45 8. El dispositivo de esterilización (200, 300) de cualquier reivindicación anterior, en donde la región generadora de plasma (205) está ubicada en una región proximal de la abertura de salida (217), y en donde el segundo electrodo (221) comprende una pluralidad de lengüetas radiales que se extienden hacia adentro desde una pared lateral de la abertura de salida (217).
- 50 9. El dispositivo de esterilización (200, 300) de cualquier reivindicación anterior, que comprende además un tubo aislante (214) montado en la abertura de salida (217) distalmente desde la región generadora de plasma (205).
- 55 10. El dispositivo de esterilización (200, 300) de cualquier reivindicación anterior, que comprende además una alimentación coaxial transversal (220, 302) conectada para introducir la energía de RF y/o microondas a la línea de transmisión coaxial (201) en una región proximal de la misma, en donde la alimentación coaxial transversal (220, 302) está configurada para acoplar energía de microondas en la línea de transmisión coaxial (201), y en donde la alimentación coaxial transversal (220, 302) está conectada a un punto en la línea de transmisión coaxial (201) ubicado
- 60 a una distancia $\frac{(2n-1)\lambda}{4}$ desde un extremo proximal del mismo, donde n es un número entero positivo, y λ es una longitud de onda de la energía de microondas transportada por la línea de transmisión coaxial (201).
11. El dispositivo de esterilización (200, 300) de la reivindicación 10, que comprende además una alimentación coaxial transversal proximal (304) conectada para introducir la energía de RF directamente en la región generadora de plasma

(205).

12. Un aparato de esterilización (100) que comprende:

- 5 el dispositivo de esterilización (200, 300) de cualquier reivindicación anterior;
un suministro de agua (108) conectado para suministrar agua a la región generadora de plasma (205);
un suministro de gas (110) conectado para suministrar gas a la región generadora de plasma (205) a través del
conducto de fluido (208); y
10 un generador (102) conectado para suministrar energía electromagnética de radiofrecuencia (RF) y/o frecuencia
de microondas a la región generadora de plasma (205).

13. El aparato de esterilización (100) de la reivindicación 12, en donde el suministro de agua (108) comprende una
bomba; o
15 en donde el suministro de agua comprende un generador de niebla.

14. El aparato de esterilización (100) de la reivindicación 13, en donde el generador de niebla comprende:

- un transductor ultrasónico, o
un elemento de calentamiento.
20

15. El aparato de esterilización (100) de la reivindicación 13 o 14, en donde el suministro de gas (110) está conectado
para suministrar gas al dispositivo de esterilización (200, 300) a través del generador de niebla.

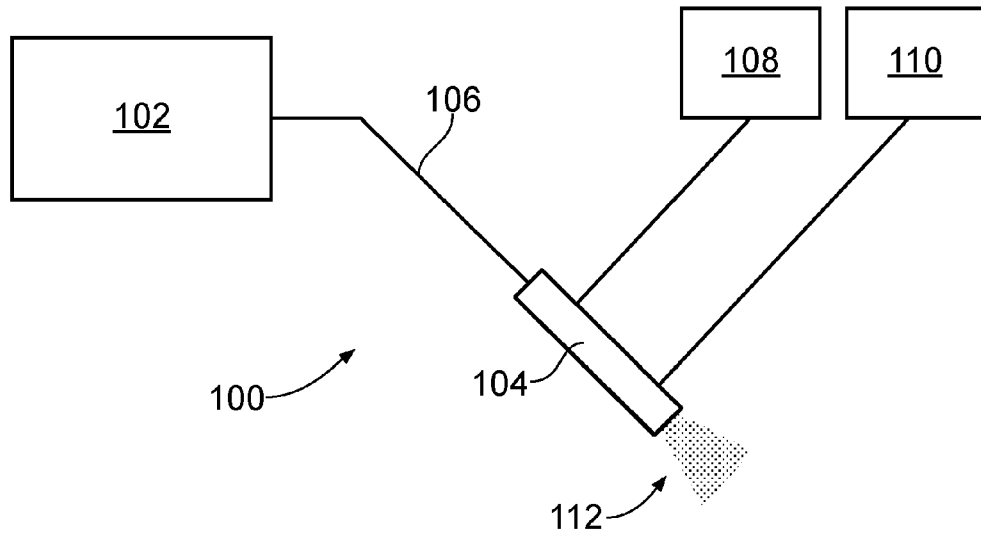


FIG. 1

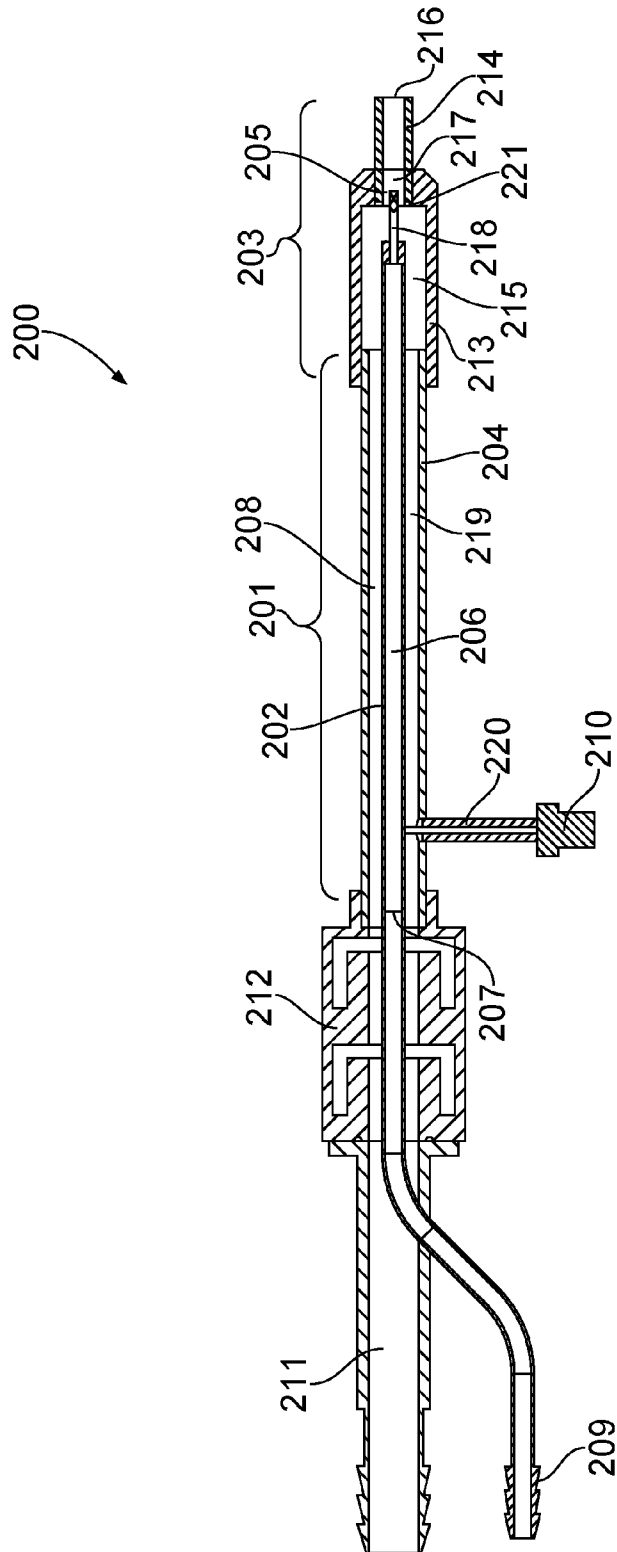


FIG. 2

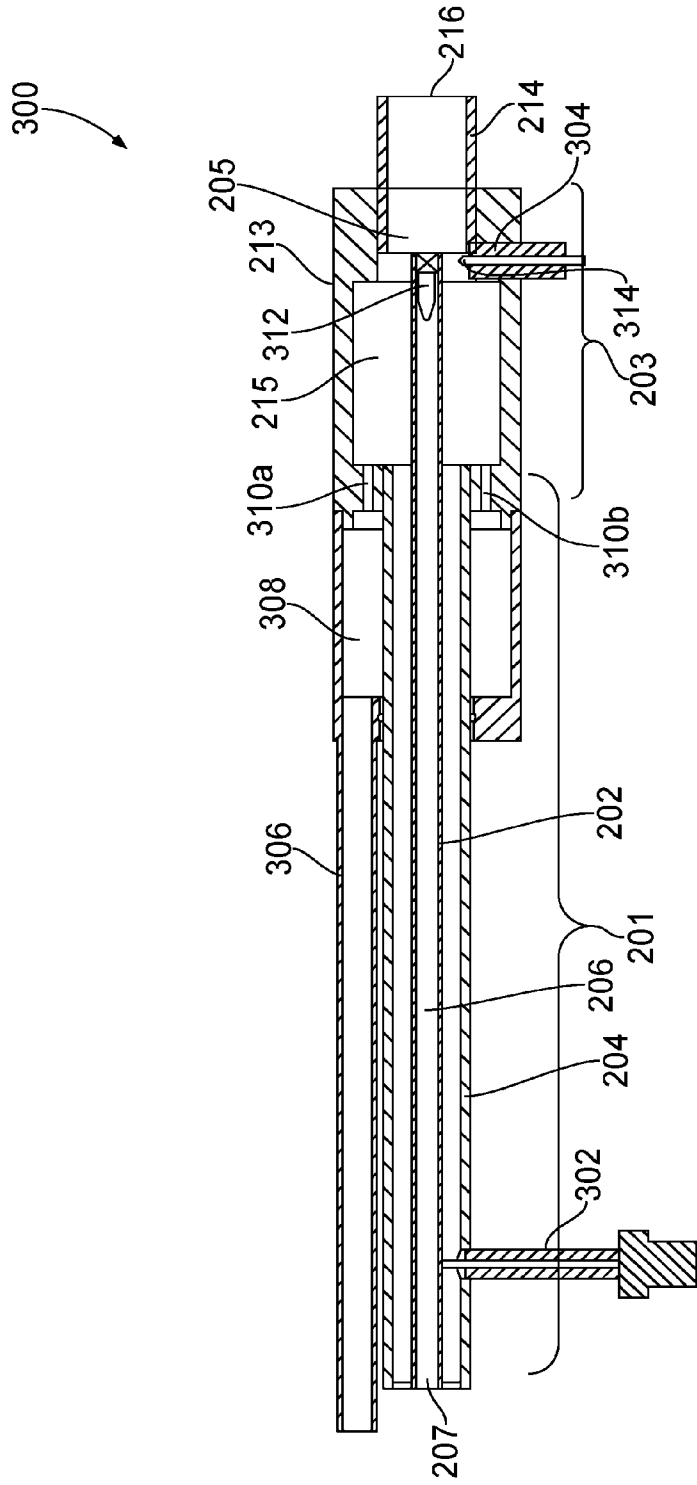


FIG. 3