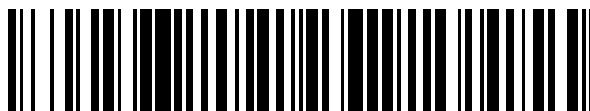


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 629 458**

51 Int. Cl.:

A61L 9/20 (2006.01)
A61L 9/22 (2006.01)
C02F 1/32 (2006.01)
C02F 1/46 (2006.01)
H01S 3/22 (2006.01)
H01S 3/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.11.2009** **PCT/GB2009/002625**
87 Fecha y número de publicación internacional: **14.05.2010** **WO10052473**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.11.2009** **E 09748837 (3)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.03.2017** **EP 2362787**

54 Título: **Aparato y método de descontaminación**

30 Prioridad:

06.11.2008 GB 0820358

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.08.2017

73 Titular/es:

**NVIRO CLEANTECH (CAYMAN ISLANDS)
LIMITED (50.0%)
18 Hanover Square
London W1S 1HX, GB y
UNIVERSITY COURT OF THE UNIVERSITY OF
GLASGOW (50.0%)**

72 Inventor/es:

**FOSS-SMITH, PATRICK y
WATSON, IAN ALISTAIR**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 629 458 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 y método de descontaminación

5 La presente invención se refiere a un aparato y a un método de descontaminación.

Las tecnologías de descontaminación son conocidas por la eliminación sustancial o la desactivación de agentes químicos, virus y/o bacterias normalmente de un medio fluido tal como un líquido o gas y más normalmente de agua o aire.

10 Convencionalmente, estas tecnologías utilizan las propiedades biocidas de la luz ultravioleta (UV). Una primera propiedad de la luz UV es que ioniza el oxígeno para producir ozono, que puede matar a muchos patógenos. Una segunda propiedad es que la propia radiación UV puede alterar directamente el tejido superficial y/o los enlaces de ADN en microorganismos, matándolos, haciéndolos inertes y/o evitando la reproducción, y puede alterar las propiedades químicas de algunos contaminantes transmitidos por fluidos.

15 En general, el aparato de descontaminación toma la forma de una lámpara de UV tal como una lámpara de vapor de mercurio dispuesta para irradiar el fluido potencialmente contaminado (véanse por ejemplo los artículos de Wikipedia *Ultraviolet_germicidal_irradiation* y *Germicidal_lamp*).

20 Sin embargo, se apreciará que la eficiencia con la que la luz de cualquier fuente UV puede descontaminar un fluido depende al menos en parte del grado de exposición del fluido a la luz UV. El documento WO-A-01/60418, por ejemplo, prolonga la exposición del fluido a la fuente de UV colocando el fluido en una cámara reflectiva, en la que después se proyecta la luz UV.

25 Se apreciará igualmente que la eficiencia de la descontaminación también puede depender de la intensidad de la luz UV. Por tanto, también se desea aumentar la intensidad de la luz UV que corresponde al fluido potencialmente contaminado.

30 La presente invención trata de abordar, mitigar o aliviar el problema anterior.

En un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método de descontaminación tal como se establece en la reivindicación 1.

35 En otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método de descontaminación tal como se establece en la reivindicación 8.

40 Ventajosamente, haciendo pasar el fluido a descontaminar a través de la cavidad de resonancia óptica, se expone a niveles mucho más altos de radiación que los emitidos a través del acoplador de salida, mejorando así la eficiencia con la que el láser puede descontaminar el fluido.

En las reivindicaciones adjuntas se definen otros aspectos y características respectivas de la invención.

45 A continuación se describirán realizaciones de la presente invención a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es un diagrama esquemático de una cámara y de un sistema de acondicionamiento de fluidos conocidos en la técnica.

La figura 2 es un diagrama esquemático de un sistema de acondicionamiento de fluidos conocido en la técnica.

50 La figura 3 es un diagrama esquemático de un sistema de acondicionamiento de fluidos que comprende un aparato de descontaminación de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 4 es un diagrama esquemático de un láser conocido en la técnica.

La figura 5 es un diagrama esquemático de un aparato de descontaminación de acuerdo con una realización de la presente invención.

55 La figura 6 es un diagrama esquemático de un aparato de descontaminación de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 7 es un diagrama esquemático de un aparato de descontaminación de acuerdo con una realización de la presente invención.

60 La figura 8 es un diagrama esquemático de un aparato de descontaminación de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 9 es un diagrama esquemático de un aparato de descontaminación de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 10 es un diagrama esquemático de un aparato de descontaminación de acuerdo con una realización de la presente invención.

65 La figura 11 es un diagrama esquemático de un aparato de descontaminación de acuerdo con una realización de la presente invención.

Las figuras 12A y 12B son diagramas esquemáticos de disposiciones en paralelo y en serie de aparatos de descontaminación de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 13 es un diagrama esquemático de un generador de plasma o de campo eléctrico de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 14A es un diagrama esquemático de un electrodo rugoso de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 14B es un diagrama esquemático de un generador de plasma o de campo eléctrico que comprende electrodos rugosos de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 15A es un gráfico de la rugosidad superficial para diferentes condiciones de marcado láser, de acuerdo con una realización de la presente invención.

Las figuras 15B-D son imágenes de una superficie metálica para diferentes condiciones de marcado láser, de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 16 es un diagrama esquemático de un electrodo rugoso de acuerdo con una realización de la presente invención.

Las figuras 17A y 17B son diagramas esquemáticos de un generador de plasma o de campo eléctrico que comprende electrodos giratorios de acuerdo con una realización de la presente invención.

La figura 18 es un diagrama de flujo de un método de descontaminación de fluido de acuerdo con una realización de la presente invención.

Se divulgan un aparato y un método de descontaminación. En la siguiente descripción, se presentan una serie de detalles específicos con el fin de proporcionar una comprensión exhaustiva de las realizaciones de la presente invención. Sin embargo, para un experto en la materia, será evidente que estos detalles específicos no necesitan emplearse para practicar la presente invención. Al contrario, los detalles específicos conocidos por el experto en la materia se omiten a efectos de claridad cuando proceda.

En un ejemplo de realización de la presente invención, un sistema de aire acondicionado comprende una bomba (por ejemplo, un ventilador), un modulador de temperatura y un filtro. Además, el sistema de aire acondicionado se ha adaptado para comprender un aparato de descontaminación. El aparato de descontaminación incluye un láser que comprende a su vez dos espejos, que son un primer alto reflector y un acoplador de salida (o, alternativamente, un segundo alto reflector), que forman entre ellos una cavidad denominada cavidad óptica o cavidad resonante dentro de la cual puede formarse una onda luminosa permanente. Dentro de la cavidad resonante se dispone axialmente un medio activo para generar luz láser y sustancialmente axialmente adyacente a la misma hay al menos un primer canal, sustancialmente ópticamente transparente en la frecuencia de emisión del láser, a través del cual fluye el aire a descontaminar. Al pasar el aire a través de al menos una primera porción del resonador del láser de esta manera, el aire se expone a niveles mucho mayores de radiación (potencialmente 100 veces mayores) de lo que sería el caso si el aire se irradiara de una manera más convencional por luz láser emitida desde un acoplador de salida. En consecuencia, la intensidad de la luz (ya sea UV en el caso de por ejemplo de un láser de excímeros, o de alguna otra frecuencia) se incrementa significativamente con un aumento correspondiente en la eficiencia de la descontaminación. Ventajosamente esto proporciona comparativamente mayores niveles de descontaminación y/o de flujo de aire a través del aparato de descontaminación.

Haciendo referencia ahora a las figuras 1 y 2, una cámara 10 se atiende mediante una unidad de acondicionamiento de fluido 100. La cámara se llena con un fluido, normalmente aire o agua, pero potencialmente cualquier otro gas o líquido. La unidad de acondicionamiento normalmente comprende una bomba 110 para hacer circular el fluido, una unidad de modulación de la temperatura 120 (tal como una unidad de refrigeración) y un filtro 130. Se apreciará que el orden de la bomba, de la unidad de modulación y del filtro puede variar. Opcionalmente, el sistema también puede incluir un deshumidificador (no mostrado).

Con referencia ahora a la figura 3, en una realización de la presente invención, una unidad de acondicionamiento adaptada 100' comprende además un aparato de descontaminación 200 preferentemente situado en un punto aguas abajo del filtro 130 y, potencialmente, del deshumidificador (no mostrado).

Tal aparato de descontaminación puede comprender un láser como fuente de luz ultravioleta. Haciendo referencia ahora a la figura 4, un láser UV conocido comprende un alto reflector 221, un acoplador de salida (un reflector parcial) 222 y un medio activo de acción láser 210, tal como un láser de excímeros. Al recibir energía suficiente para conseguir una inversión de población (en la que una mayoría de átomos/moléculas dentro del medio activo han alcanzado un estado excitado), el láser emite un pulso o haz de luz UV a través del acoplador de salida 222.

Con referencia ahora también a la figura 5, en un primer ejemplo, un aparato de descontaminación 200A comprende un láser con un primer alto reflector 221 y un segundo alto reflector 221 espaciado axialmente del primero. Opcionalmente, el segundo alto reflector puede ser un acoplador de salida 222 (como se ve en la figura 4), por ejemplo para permitir la confirmación de la acción láser mediante inspección externa. Entre ellos, los reflectores forman un denominado resonador óptico (o simplemente 'resonador'), dentro del que la luz 212 de una frecuencia particular puede formar una onda estacionaria. Esta luz se genera mediante un medio activo 210, adecuadamente impulsado (o 'bombeado') por una bomba de energía apropiada (no mostrada). Las posibles bombas conocidas en la técnica incluyen una lámpara de flash, un láser adicional o una corriente eléctrica.

La elección del medio activo dependerá de la calidad requerida de la luz. Para aplicaciones biocidas es aconsejable la luz UV de onda y los medios activos adecuados incluyen algunos excímeros, tales como el fluoruro de criptón, que emite luz a 248 nm. Para otras propiedades, pueden requerirse otras frecuencias de luz y un medio activo seleccionado correspondiente. Por ejemplo, puede elegirse el dióxido de carbono para la luz infrarroja.

5 Dispuesto entre el medio activo y uno de los reflectores, un canal 230 pasa a través del resonador láser, dentro del cual fluye el fluido a descontaminar -por ejemplo aire. En consecuencia, el fluido pasa a través de al menos una primera porción del resonador del láser.

10 El canal 230 está cerrado y, al menos por la parte de dentro del resonador, está construido a partir de un material que es sustancialmente transparente a la longitud de onda de la luz generada por el medio activo. Así, por ejemplo en el caso de un láser de excímero de fluoruro de criptón, el canal o una porción relevante del mismo pueden estar hechos de cuarzo fundido.

15 Se apreciará que el canal puede estar conformado y tener entradas y salidas adecuadas para proporcionar características de flujo deseadas, y que los canales en las figuras son ejemplos no limitativos solo para claridad. Sin embargo, en una realización de la presente invención, las paredes del canal de al menos dentro del resonador permanecen normales al eje primario del resonador.

20 Opcionalmente, una pared del canal puede limitar directamente o comprender el propio alto reflector. Del mismo modo, una pared del canal puede limitar directamente o comprender una pared del recipiente que contiene el medio activo, o en el caso de un medio activo sólido, limitar o comprender un extremo del propio medio activo.

25 La figura 6 divulga un aparato de descontaminación 200A' con una disposición de canal alternativo 230' en la que el flujo de aire dentro del resonador está principalmente en el eje en lugar de transversal a éste. El experto en la materia apreciará que pueden considerarse muchas configuraciones del canal dentro del alcance de la invención, de las que se detallan algunos ejemplos a continuación.

30 Haciendo referencia ahora a la figura 7, en un segundo ejemplo, un aparato de descontaminación 200B comprende un canal 231 que vuelve a entrar en el resonador entre el medio activo y el otro reflector (mostrado a la derecha en la figura 7), duplicando así la exposición del fluido a la radiación en el resonador. Alternativamente, un segundo flujo paralelo (no mostrado) puede entrar en el resonador entre el medio activo y el otro reflector, duplicando de este modo el rendimiento del fluido.

35 La figura 7 también ilustra una bomba de energía 240 para impulsar el medio activo, tal como por ejemplo una lámpara de flash, un diodo láser, una descarga eléctrica, o una fuente de energía de RF o de microondas, según corresponda al tipo de medio activo utilizado. Se apreciará que tal bomba de energía también puede tener efectos biocidas potenciales, tales como estrés térmico repentino, electrocución, polarización pulsada que conduce a un estrés estructural o la generación de subproductos tales como ozono.

40 Por lo tanto, como se ve en la figura 7, en una realización de la presente invención el canal 231 (o un canal adicional separado u otro medio de guiado de fluido) puede disponerse para que el fluido a descontaminar pase a través de una salida generada (por ejemplo, un plasma, un campo eléctrico, radiación electromagnética u ozono) de una o más partes de la bomba de energía. En el caso de que la bomba de energía genere subproductos biocidas, 45 opcionalmente puede colocarse una parte o la totalidad de la bomba de energía dentro del flujo del fluido para permitir la introducción de estos subproductos en el fluido o donde la bomba de energía se separa del fluido, alternativamente estos subproductos pueden introducirse en el fluido por ejemplo a través de una válvula. Del mismo modo, si se utiliza un sistema de refrigeración láser, el fluido puede acoplarse térmicamente a éste para proporcionar un choque de calor (o de frío) adicional.

50 Haciendo referencia ahora a la figura 8, en un tercer ejemplo, un aparato de descontaminación 200C comprende un canal 232 en lugar de un medio activo separado. El aire a descontaminar que fluye a través del canal se convierte entonces temporalmente en el medio activo 211 para un láser de nitrógeno, utilizando el nitrógeno del propio aire. Un láser de nitrógeno genera luz UV a 337 nm (cerca de la llamada gama 'UVB'). No se muestra el mecanismo de 55 bombeo, pero puede utilizarse un mecanismo adecuado para un láser de nitrógeno convencional.

Se apreciará que el segundo y el tercer ejemplo anteriores son sustancialmente similares al primero en otros aspectos a menos que se especifique en el presente documento, incluyendo, según proceda, las variantes 60 opcionales descritas anteriormente.

Cuando la densidad de energía dentro del resonador excede un mínimo deseado (por ejemplo, la densidad de 65 energía requerida para destruir una cierta clase de microbios), entonces opcionalmente pueden incorporarse otras ópticas dentro del resonador.

Con referencia ahora a la figura 9, una primera de dichas ópticas es un denominado telescopio de expansión de haz 215 que puede incorporarse dentro del primer y del segundo ejemplo del aparato de descontaminación descrito

anteriormente. Cuando está dispuesto entre el medio activo y el canal 233, el telescopio de expansión de haz sirve para aumentar el área irradiada del canal para una reducción correspondiente de la densidad de energía de la luz láser. Proporcionar la densidad de energía que cumple o excede el mínimo especificado, permite un mayor volumen de aire a irradiar.

Haciendo referencia ahora también a la figura 10, de forma similar una segunda de dichas ópticas es un denominado divisor de haz (por ejemplo un prisma cónico), que sirve para desviar el resonador a 90 grados y formar una denominada lámina de luz, a través de la que puede fluir un volumen de aire comparativamente grande. En este caso, los altos reflectores 223 son circunferenciales dentro de un cuerpo cilíndrico. Aunque en la figura 7 se muestran dos de dichas láminas de luz, por supuesto, se apreciará que opcionalmente solo puede utilizarse uno. La densidad de energía de la luz es función del radio, y por lo que el canal 234 puede diseñarse en consecuencia, para proporcionar la densidad de energía mínima deseada en el radio máximo de la lámina de luz, dado que el camino óptico de la luz sigue generando una onda estacionaria.

Con referencia ahora también a la figura 11, de forma similar una tercera de dichas ópticas es el uso de una serie adecuada en ángulo de alto reflectores para desviar el resonador en el eje del flujo del fluido durante el tiempo deseado (dada la generación de una onda estacionaria y que la luz permanece por encima de la densidad de energía mínima deseada). En este caso, reflexiones sucesivas (por ejemplo con espejos adicionales dispuestos de forma similar) y posiblemente la absorción por el fluido atenuarán la energía del láser (cuya trayectoria se resalta en la figura 11 mediante las líneas discontinuas 212), pero ventajosamente el aire está expuesto a la radiación durante un largo periodo de tiempo (o por el contrario pueden utilizarse flujos mucho más altos). Otras disposiciones de reflectores para aumentar el tiempo de permanencia del fluido dentro de la cavidad resonante óptica (o por el contrario para plegar la cavidad resonante óptica una pluralidad de veces dentro de la región en la que pasa el fluido) serán evidentes para un experto en la materia.

En consecuencia, alternativamente o adicionalmente, pueden utilizarse uno o más espejos adicionales para generar la cavidad resonante óptica de una manera más compacta que un único espacio lineal igual a la longitud de la trayectoria resonante. Por ejemplo, los altos reflectores que limitan la cavidad resonante pueden estar ambos en un extremo del láser, y puede utilizarse un tercer espejo en el otro extremo del láser para reflejar la luz láser de un alto reflector de vuelta al otro, con lo que efectivamente se reduce a la mitad la longitud física del láser conservando al mismo tiempo toda la longitud de la trayectoria de la cavidad resonante y exponiendo potencialmente el fluido a descontaminar a la cavidad óptica del resonador dos veces en lugar de una. Otras configuraciones serán evidentes para un experto en la materia.

Se apreciará que otros componentes ópticos conocidos en la técnica pueden incorporarse de forma similar, incluyendo óptica difractiva, generadores de patrones de luz estructurada y espejos de reflectividad variable.

También se apreciará que, además de una cavidad resonante óptica estable, de forma alternativa puede utilizarse potencialmente una cavidad resonante óptica inestable (donde el tamaño del haz crece hasta que excede el área de un alto reflector y se pierde).

Con referencia ahora a las figuras 12A y 12B, se apreciará que puede utilizarse más de un aparato de descontaminación, ya sea en paralelo para mejorar el rendimiento del fluido como se muestra en la figura 12A, o en serie para mejorar aún más los niveles de descontaminación en el fluido mediante rondas adicionales de exposición a la radiación como se muestra en la figura 12B.

También se apreciará que en serie podrían utilizarse diferentes láseres para dirigir diferentes contaminantes del fluido, y/o versiones diferentes del aparato de descontaminación como se describe en el presente documento. Además, múltiples series de aparatos de descontaminación pueden disponerse en paralelo (no mostradas).

Por último, el fluido puede recircularse o devolverse al sistema una o más veces, dando como resultado una pluralidad de pasadas a través del sistema de descontaminación antes de ser liberado o reintroducido de nuevo en la cámara 10.

Alternativamente o adicionalmente, para fluidos adecuados puede conseguirse al menos una descontaminación parcial sometiendo el fluido a una descarga de plasma. Dichas descargas pueden ser directamente biocidas y también pueden (además) ionizar el fluido. En el caso de que el fluido sea aire, también produce ozono que, como se ha indicado anteriormente, también es biocida.

Haciendo referencia a la figura 13, puede lograrse una descarga de plasma frío colocando dos electrodos de placa 310 en los lados opuestos de un canal (no conductor) 320, a través del que se hace pasar el fluido.

A continuación se aplica un potencial de alta tensión a través de las placas. Se produce entonces una descarga, denominada descarga de ruptura 330, en forma de descarga luminosa, cuando el fluido ionizado conduce la electricidad entre las placas.

Sin embargo, utilizando electrodos convencionales tales descargas se producen esporádicamente en posiciones aleatorias y a potenciales de tensión relativamente altos.

Esto se debe a que para las placas de electrodo liso hay muy poco para diferenciar posibles puntos de descarga en la superficie, y por lo tanto las desviaciones de superficie microscópicas y las irregularidades en la composición se vuelven indeseablemente significativas. Además, y de particular importancia para su aplicación para la descontaminación de fluidos, las partículas en el fluido (por ejemplo motas de polvo, microbios, etc.) que se depositan sobre las placas también pueden convertirse temporalmente en desviaciones de superficie puntuales y por lo tanto desencadenar una descarga. Es evidente que es indeseable depender de factores tan impredecibles para la descontaminación del plasma

Esto también significa que es difícil asegurar que sustancialmente todo el fluido se ha sometido a una descarga de plasma. Además, dichos electrodos lisos también necesitan estar situados relativamente juntos para conseguir una descarga de ruptura, limitando de este modo el rendimiento de fluido.

Un problema similar se produce cuando el electrodo tiene una o más características de superficie grandes, tal como una línea de soldadura o picos longitudinales o surcos de un proceso de fresado/laminado utilizado durante la fabricación, que puede sesgar o limitar la distribución de las descargas a través de la anchura del electrodo (mientras que potencialmente todavía deja la distribución longitudinal poco fiable) como se ha descrito anteriormente.

Haciendo referencia ahora también a la figura 14A, en una realización de la presente invención una o preferentemente ambas placas de electrodo 340 se tratan de manera que tengan una superficie 342 de rugosidad sustancialmente uniforme. Esta rugosidad puede expresarse como una variación de altura media en el perfil de superficie con respecto a una distancia media a través de la superficie. La uniformidad puede entonces expresarse como la varianza o la desviación estándar sobre cada media o como porcentaje de cada media. El grado de uniformidad de la rugosidad se logra aplicando una restricción a la varianza permitida, a la desviación estándar o al porcentaje.

Esta rugosidad proporciona un gran número de puntos de descarga sobre la superficie de trabajo de cada electrodo (es decir, la porción de cada electrodo expuesta al fluido y situada en oposición a una parte del otro electrodo) en una distribución sustancialmente uniforme. Por lo tanto, esto proporciona una distribución sustancialmente uniforme de puntos de descarga potenciales, en contraste con los electrodos lisos y los electrodos sesgados descritos anteriormente.

El resultado es un campo de plasma más uniforme entre los electrodos y por lo tanto una exposición mejorada al plasma y a sus posibles productos (tales como ozono) por el fluido que pasa entre los electrodos.

Haciendo referencia ahora también a la figura 14B, una ventaja adicional es que los pequeños picos en la superficie del electrodo facilitan la descarga de ruptura, permitiendo que el potencial eléctrico sea menor y/o que los electrodos se separen, aumentando así el área de la sección transversal del conducto 350 y por lo tanto el caudal de fluido.

Opcionalmente, por ejemplo para ajustar las propiedades del campo eléctrico y/o la descarga de ruptura, además del propio fluido, puede añadirse una capa dieléctrica adicional entre los electrodos. Normalmente, esta se colocará adyacente a uno de los electrodos. Ejemplos dieléctricos incluyen cerámicas tales como la alúmina y el titanato de bario, aunque otros materiales adecuados serán evidentes para el experto en la materia. Un dieléctrico de este tipo proporciona una fuente sustancialmente uniforme de preionización, mejorando de nuevo la uniformidad de la descarga entre los electrodos y reduciendo la probabilidad de que la descarga se convierta en un arco.

Las superficies de los electrodos pueden ser rugosas de varias maneras.

En una realización de la presente invención, los electrodos están grabados/extirpados/marcados utilizando un láser. Esto proporciona control sobre el paso y la altura de los picos de la superficie del electrodo, y si se graba de acuerdo con un patrón también puede proporcionar control sobre la distribución y la densidad de puntos de descarga potenciales.

Un láser adecuado puede tener las siguientes propiedades:

1. Potencia=10 W
2. Frecuencia de repetición de pulsos=20 kHz
3. Energía por pulso= $10/(20 \times 10^3)=0,5$ mJ
4. Distancia focal de la lente=160 mm
5. Diámetro de salida del haz=5 mm
6. Longitud de onda=1064 nm
7. Diámetro de corte del haz= $1064 \text{ nm} \times 160 \text{ mm} / 5 \text{ mm} = 34 \text{ } \mu\text{m}$
8. Densidad de energía= $0,5 \text{ mJ} / (\pi \times (17 \text{ } \mu\text{m})^2) = 0,55 \text{ MJulios/m}^2$

Sin embargo, se apreciará que se pueden seleccionar láseres con cualquier parámetro adecuado; por ejemplo un láser con una densidad de energía mayor permitirá un grabado más rápido, mientras que un láser con un diámetro de corte haz más estrecho permitirá picos más estrechos.

5 En una realización de la presente invención, el haz se escanea sobre la superficie del electrodo utilizando un sistema de galvanómetro con dos espejos. Alternativamente o adicionalmente, el electrodo podría moverse bajo el haz de láser.

10 El patrón generado sobre la superficie del electrodo es entonces una función de, entre otros; la potencia del láser, la energía y la frecuencia del pulso, longitud de onda del láser, el punto de fusión del material del electrodo y su capacidad calorífica específica, y la velocidad y la dirección netas de escaneo. Tales parámetros pueden controlarse por ordenador durante el proceso de grabado.

15 Alternativamente o adicionalmente a la técnica de grabado anterior, los electrodos pueden grabarse al ácido utilizando un patrón protector sobre la superficie del electrodo (por ejemplo fotolitografía) para definir la distribución de picos y valles con un control similar de sus propiedades.

20 Alternativamente o adicionalmente, la superficie del electrodo se puede marcar aleatoriamente mediante el uso de partículas abrasivas de un tamaño adecuado

Una alternativa a hacer la superficie rugosa mediante grabado o abrasión es hacerla rugosa mediante deposición. Además de los métodos de deposición convencionales tales como la deposición por pulverización catódica, pueden utilizarse métodos de sinterización conocidos y adecuadamente controlados, métodos de presión en frío de partículas metálicas, cristalización o electrólisis en el electrodo para generar una superficie rugosa.

25 Otras técnicas serán evidentes para un experto en la materia.

Como alternativa a la adición o agotamiento del material del electrodo, el electrodo puede colarse para tener un patrón áspero o estamparse con un patrón áspero.

30 Dadas las opciones anteriores, se apreciará por tanto que dentro de un intervalo de media y varianza elegido, los picos sobre la superficie rugosa pueden ser sustancialmente aleatorios o, cuando el método de fabricación lo permita, formar un patrón repetitivo o no repetitivo, ya sea regular, irregular o pseudoaleatoria. También se apreciará que varios métodos pueden ser particularmente adecuados o inadecuados para diferentes granularidades de la rugosidad y por lo tanto pueden seleccionarse según sea aplicable.

35 La escala o granularidad de la rugosidad pueden depender de la aplicación. La emisión de electrones eficiente es posible a partir de picos metálicos y otros picos conductores del orden de varios cientos de nanómetros de altura, tal como se define a partir de la base/valle hasta el pico (aunque un láser adecuado puede generar características de superficie del orden de 20 nm o menos; véase "Surface nanostructuring of metals by laser irradiation: effects of pulse duration, wavelength and gas atmosphere" de A. Pereira et al, Appl. Phys. A 79, 1433-1437 (2004)).

40 Tales picos de emisión de electrones pueden utilizarse por ejemplo para descontaminar (o volver inerte) de contaminantes químicos un fluido. Para los sistemas destinados a destruir partículas tales como virus y microbios, entonces una rugosidad superficial con una extensión vertical del orden del diámetro de las propias partículas mitiga contra ellas convirtiéndose en una fuente principal de puntos de descarga sobre la superficie del electrodo como se ha discutido anteriormente.

45 Los virus normalmente tienen una longitud de 50 a 200 nanómetros y por lo tanto tenderán a ser más pequeños que, o de tamaño similar a, los picos descritos anteriormente.

50 Las bacterias normalmente tienen un diámetro de 1 a 10 micrómetros (micras), aunque algunas tienen un diámetro de cientos de micrómetros.

55 Del mismo modo, el polvo varía de diámetro, pero normalmente tiene entre 10 y 100 micrómetros de diámetro. Los ácaros del polvo normalmente tienen una longitud de entre 200-400 micrómetros, mientras que sus huevos son aproximadamente de 15-20 micrómetros de diámetro.

60 De este modo para diferentes aplicaciones, la granularidad de la rugosidad elegida puede variar entre aproximadamente 200 nanómetros a aproximadamente 500 micrómetros, o por cuatro órdenes de magnitud. Para aplicaciones generales en las que los contaminantes pueden incluir microbios y polvo, la granularidad de la rugosidad elegida puede variar entre aproximadamente 1 micrómetro y 200 micrómetros. Para aplicaciones dirigidas específicamente a microbios, la granularidad de la rugosidad elegida puede variar entre aproximadamente 1 micrómetro y 20 micrómetros, a menos que se sepa que un microbio objetivo particular es significativamente mayor.

65 Normalmente, el paso o la longitud de onda de los picos (es decir, su separación media) será de un orden similar a su altura, aunque esto no es un requisito estricto.

En una realización de la presente invención, alternativamente, la rugosidad puede elegirse en la práctica en respuesta al tamaño mínimo de partículas para el que se clasifica un filtro aguas arriba en el sistema. Así, por ejemplo un filtro clasificado para eliminar partículas mayores de 100 μm puede complementarse mediante electrodos de plasma con una granularidad de la rugosidad del orden de 100 μm o ligeramente mayor.

En otra realización de la presente invención, alternativamente, la rugosidad puede elegirse en la práctica para inducir la turbulencia de la capa límite en el fluido, mejorando de este modo la mezcla de compuestos biocidas generados por la descarga de plasma (por ejemplo ozono, si el fluido es aire) y la redistribución de contaminantes en el fluido a medida que pasa a través del plasma, mejorando de nuevo la uniformidad de la exposición al plasma. Una rugosidad típica en esta realización sería del orden de 1000 micrómetros.

Una medida común de la rugosidad se denomina R_a o R_q , y normalmente se mide como el valor cuadrático medio (RMS, por sus siglas en inglés, root mean square) del perfil vertical de una superficie sobre una región de evaluación. Como ejemplos no limitativos, la Tabla 1 a continuación da el valor R_a para la rugosidad de algunos posibles materiales de electrodo como una función del recorrido de grabado por láser para un láser con propiedades como las que se han dado anteriormente en el presente documento.

Tabla 1. Ejemplos de medidas de rugosidad de electrodos

Recorrido de grabado láser, mm/s	Cobre R_a [μm]	Acero inoxidable R_a [μm]	Latón R_a [μm]	Aluminio R_a [μm]
200	0,3122	0,4936	0,5114	1,2120
50	0,8641	1,2415	1,2874	2,7596
10	6,7255	9,4289	4,2825	8,0201

Se apreciará que para cada caso, un recorrido láser más rápido o una menor densidad de energía del láser reduciría la rugosidad, mientras que el recorrido láser más lento o una mayor densidad de energía aumentarían la rugosidad conseguida. Obsérvese que mientras que, por ejemplo, la rugosidad RMS del latón a 10 mm/s de grabado es de aproximadamente 4 R_a [μm], la granularidad absoluta pico a valle de la rugosidad será del orden de 15 μm , como puede verse en la figura 15A.

La figura 15A muestra las mediciones físicas en una superficie de ensayo de latón utilizada para generar los números R_a para latón dados anteriormente. En esta figura, el eje x indica milímetros recorridos a través de la superficie y el eje y es el perfil vertical medido de la superficie en micrómetros. Las secciones 1010, 1020 y 1030 corresponden a velocidades transversales de láser de 200, 50 y 10 mm/s respectivamente. Se puede observar que existe una rugosidad de superficie característica para cada condición de recorrido y que la varianza en la altura de pico en cada sección sucesiva es tal que muy pocos picos en la primera sección 1010 son tan altos como la altura de pico media en la sección 1020, para la que a su vez hay muy pocos picos que son tan altos como la altura de pico media en la tercera sección 1030.

Con referencia ahora a las figuras 15B-D, las imágenes de la superficie de latón en las secciones 1010, 1020 y 1030 se muestran a la misma escala (0,1 mm que se indica en cada figura), lo que demuestra tanto la clara diferencia en la granularidad superficial entre cada sección como la clara uniformidad de la granularidad y de la distribución espacial dentro de cada sección.

La granularidad de la rugosidad absoluta típica de de pico a valle a un grabado de 10 mm/s para los otros metales de la Tabla 1 es de aproximadamente 40 μm para el aluminio (que tiene un punto de fusión relativamente bajo y capacidad calorífica específica), 25 μm para el cobre y 50 μm para el acero inoxidable.

A cualquier granularidad de la rugosidad dada, la varianza sobre la media de la rugosidad de la granularidad afecta si ciertos picos se convierten en fuentes frecuentes de descarga y, por tanto, reducen la homogeneidad.

Como ejemplo no limitativo, un posible requisito o restricción sobre la varianza es que menos de un porcentaje de umbral (por ejemplo, cinco por ciento) de los picos debe superar una desviación estándar de la altura de pico media. Alternativamente, una restricción sobre la varianza puede ser absoluta. Como ejemplo no limitativo, un porcentaje de umbral (por ejemplo, cinco por ciento) de los picos debe permanecer dentro de una distribución de altura de pico de 10 micrómetros alrededor de la altura de pico media. Es evidente que en este caso el valor absoluto elegido puede diferir de acuerdo con la altura de pico media deseada, y potencialmente también de acuerdo con la propiedad del material del electrodo, el tipo de proceso de marcado, las propiedades de cualquier dieléctrico adicional utilizado, etc., y puede determinarse empíricamente para el electrodo específico y/o para el despliegue de electrodo elegido.

Pueden imponerse tales restricciones rechazándose aquellos electrodos que no las satisfacen.

Además, la restricción puede aplicarse localmente tomando una media local de altura de pico, por ejemplo dentro de un área de muestra cuadrada de 1, 5 o 10 mm (el área elegida puede depender de la altura de pico media global y del paso de pico).

Sin embargo, cabe señalar, que si de forma ocasional se favorecen inicialmente los picos relativamente altos como puntos de descarga, se desgastarán (por ejemplo por el conocido mecanismo de pulverización) hasta que sean de una altura similar a la mayoría de los picos; por lo tanto este problema se autorregula en cierta medida durante la vida útil de los electrodos

Del mismo modo, puede aplicarse un tipo similar de restricción (aunque potencialmente utilizando una tolerancia de elección diferente) a la variabilidad del paso de pico o longitud de onda, es decir, la separación de pico media. Cabe destacar que la posible separación de picos media puede variar desde aproximadamente la misma altura de pico media, si los picos están empaquetados de forma densa, hasta una distancia de separación media mucho mayor si los picos son comparativamente escasos. Por lo tanto, si se evalúa la uniformidad de los picos, el área de muestra para la evaluación debe ser una función de la separación media. Sin embargo, en general, una región local de una superficie de electrodo rugosa tendrá un perfil variable sustancialmente continuo entre picos. La tolerancia en la uniformidad de la separación de picos puede determinarse empíricamente para el tipo y despliegue de electrodo elegido.

En el caso de rugosidad utilizando grabado láser, la separación de picos mínima será una función de la anchura de corte del haz; por ejemplo, la separación puede ser de $\frac{1}{2}$ o $\frac{1}{4}$ de la anchura de corte del haz. Para otros métodos de marcado, la separación de pico mínima será de forma similar una función de la técnica utilizada.

Se apreciará que para algunas alturas de pico especificadas puede ser necesario alisar o pulir el electrodo como una etapa preliminar con el fin de lograr un perfil de superficie inicial cuyas desviaciones aleatorias o esporádicas sean menores que la altura de pico media objetivo.

La cuestión del desgaste en los electrodos, incluyendo los descritos en el presente documento (por ejemplo por pulverización catódica, como se ha indicado anteriormente) es significativa, puesto que mientras que los propios electrodos están destinados a ser fáciles de sustituir (por ejemplo colocándolos en un portaelectrodos que se enchufa en un carril de alto voltaje), en la práctica, la sustitución puede ser un ejercicio no trivial-por ejemplo, el sistema de acondicionamiento de fluido puede estar en una parte de difícil acceso de un edificio o instalación y la extracción y sustitución de los electrodos puede requerir un mecanismo para aislar la porción de descontaminación de plasma desviando el flujo de fluido a otra parte, o requerir el cierre del sistema de acondicionamiento de fluido. Además, el mantenimiento puede comprometer los sellos en el equipo, permitiendo fluidos dentro o fuera, o en función de los fluidos en cuestión puede ser peligroso para el personal de mantenimiento.

Para resolver esto, en una realización de la presente invención, el potencial entre los electrodos se establece en un nivel insuficiente para generar plasma, pero suficiente para polarizar bacterias y similares dentro del campo eléctrico resultante. Evitar las descargas prolonga la vida de los electrodos, mientras que la polarización distorsiona físicamente las bacterias tirando efectivamente de ellas entre los electrodos. Esta distorsión puede matar a las bacterias, o puede debilitar las bacterias estructuralmente de modo que la exposición posterior a la radiación UV en el sistema de láser que se ha descrito anteriormente sea aún más eficaz.

Opcionalmente, en esta realización sin plasma, el campo eléctrico se puede variar rápidamente para inducir múltiples tensiones sobre los contaminantes microbianos a medida que pasan a través de él, aumentando así el daño sobre los mismos. Esto puede conseguirse mediante las variaciones en un controlador de tensión, que no se muestra (por ejemplo, un perfil de tensión de onda cuadrada, sinusoidal o de diente de sierra). La frecuencia o frecuencias de variación pueden sintonizarse opcionalmente a frecuencias de resonancia del cuerpo de un microbio; tales frecuencias pueden determinarse empíricamente para especies comunes.

Haciendo referencia a la figura 16, alternativamente o adicionalmente, el campo eléctrico se puede variar opcionalmente cambiando la granularidad de la rugosidad 342' sobre la longitud de los electrodos 340'. Así, por ejemplo, una primera región local del electrodo tiene una primera granularidad de la rugosidad que se ajusta a una primera restricción de la variabilidad, mientras que una segunda región del electrodo tiene una segunda granularidad de la rugosidad, que sea ajusta opcionalmente a una restricción de sección sobre la variabilidad. De este modo, mientras la rugosidad de los electrodos permanece sustancialmente uniforme a nivel local, varía globalmente (normalmente de forma longitudinal) de manera que un microbio que pasa a lo largo del conducto se expone a un campo variable. Opcionalmente, algunas regiones del electrodo pueden permanecer lisas (es decir no rugosas).

Se apreciará que también puede utilizarse una rugosidad de electrodo localmente sustancialmente uniforme pero globalmente variable en combinación con descargas de plasma; Aquí las descargas de plasma mostrarán una homogeneidad mejorada localmente, pero variarán, junto con el campo eléctrico, a través de la extensión de los electrodos en respuesta al perfil de rugosidad.

Con referencia ahora a las figuras 17A y B, alternativamente o adicionalmente en una realización de la presente invención, el desgaste en los electrodos y la frecuencia de sustitución o mantenimiento pueden mitigarse haciendo que uno o preferentemente ambos electrodos puedan girar, para hacer una nueva superficie o porción de la superficie de trabajo del electrodo en función del tiempo

La figura 17A muestra un primer ejemplo en el que los electrodos 440A son cilíndricos; tales electrodos pueden, por ejemplo, girar de forma continua o periódica (por ejemplo, median te 1 grados por unidad de tiempo), distribuyéndose por tanto a lo largo del tiempo el desgaste y el desgarre sobre una superficie del electrodo mucho mayor que la superficie de trabajo actual. La interfaz entre el electrodo y el conducto 420 puede comprender un sello elástico (no mostrado), y/o el electrodo puede estar encerrado dentro de una cavidad sellada (no mostrada). Dicha cavidad puede lavarse.

Se apreciará que el electrodo no tiene que ser un cilindro completo, sino que puede ser arqueado y girar hacia atrás y hacia adelante.

En condiciones en las que la curvatura de dicho electrodo sea indeseable, el electrodo 440B puede ser poligonal, como se ve en la figura 17B. En este caso, las caras del polígono actúan a su vez como la superficie de trabajo (plana) del electrodo. De nuevo, la interfaz entre el electrodo y el conducto puede comprender un sello elástico (no mostrado), principalmente de uso cuando el polígono está en una configuración operativa, y/o el electrodo puede estar encerrado dentro de una cavidad sellada, principalmente de uso cuando el polígono está girando entre las caras y por lo tanto temporalmente no forma una interfaz con el conducto. Dicha cavidad puede entonces lavarse.

En el caso de un electrodo giratorio poligonal, el intervalo entre rotaciones será generalmente mucho mayor, ya que el electrodo no funcionará normalmente durante el proceso de rotación. Así, por ejemplo, la rotación puede ocurrir durante un período de mantenimiento programado, o antes del arranque de la bomba de la unidad de acondicionamiento 110 o después de la parada de la bomba. Alternativamente o adicionalmente, el electrodo puede girar para retirar una cara cuando se detecta que la cara se ha desgastado hasta un nivel inaceptable; esto puede detectarse en las realizaciones de descarga de plasma descritas anteriormente, por ejemplo, si el potencial medio requerido para generar un plasma ha excedido un nivel umbral, indicativo de que la superficie rugosa de dicha cara del electrodo se ha desgastado debido a pulverización catódica o a otros daños

Se apreciará que los electrodos giratorios son aplicables no solo para los sistemas descritos en el presente documento, sino a cualquier sistema que utiliza placas de electrodo o similares que requieren mantenimiento o sustitución, incluyendo los electrodos lisos convencionales.

También se apreciará que potencialmente solo una de un par o conjunto de electrodos puede ser giratorio; por ejemplo el electrodo en un lado más inaccesible de un conducto dentro de una instalación.

La disposición de descontaminación anterior de electrodos estáticos o giratorios, que proporciona un campo de plasma homogéneo o un campo eléctrico variable o una combinación de los dos, puede funcionar independientemente o puede colocarse tanto aguas arriba como aguas abajo de la disposición de láser descrita en el presente documento. Sin embargo, colocar la disposición de electrodos aguas arriba (y preferentemente inmediatamente aguas arriba) de la disposición de láser proporciona una sinergia entre las dos, ya que las tensiones ejercidas sobre las estructuras biológicas supervivientes por el plasma y/o por el campo eléctrico aumentan la probabilidad de destrucción posterior de tales estructuras mediante la radiación láser

Se apreciará que tales disposiciones de electrodos pueden funcionar en conductos paralelos para aumentar el rendimiento de fluido, y/o las disposiciones de electrodos con, por ejemplo, diferentes características de campo pueden colocarse sucesivamente dentro del flujo del fluido.

Además, un experto en la materia apreciará que también puede utilizarse una disposición de electrodos como la descrita en el presente documento para electrodos de descarga láser.

Con referencia ahora a la figura 18, un método de descontaminación de fluidos utilizando un láser, en el que el láser tiene una cavidad de resonancia, comprende la etapa de:

pasar (S.10) un fluido a descontaminar a través de al menos una primera región de la cavidad de resonancia.

Para un experto en la materia será evidente que las variaciones en el método anterior que corresponden al funcionamiento de las diversas realizaciones del aparato descritas anteriormente se consideran dentro del alcance de la presente invención, incluyendo, pero sin limitarse a:

- El fluido que fluye dentro de un canal cerrado substancialmente transparente a la frecuencia de emisión del láser;
- El láser que comprende un telescopio de expansión de haz;
- El láser que comprende un aparato de lámina de luz;
- El fluido que actúa como medio activo a medida que pasa a través de la cavidad de resonancia;
- El láser que es cualquier láser adecuado, incluyendo un láser de excímeros o un láser de nitrógeno que funcionan a frecuencias de UV, o un láser de dióxido de carbono que funciona a una frecuencia de infrarrojo;
- El sistema de láser que se complementa con una disposición de electrodos en la que al menos una primera porción del electrodo tiene un grado uniforme de rugosidad;

- El sistema de láser que se complementa con una disposición de electrodos giratoria;
- El sistema de láser que se complementa con una disposición de electrodos que genera un campo eléctrico fluctuante; y
- El sistema de láser que se complementa con una disposición de electrodos que genera un campo de plasma sustancialmente homogéneo.

5

Finalmente, se apreciará que algunos de los métodos de generación de patrones descritos en el presente documento pueden llevarse a cabo en hardware convencional adecuadamente adaptado según sea aplicable por instrucción de software o por la inclusión o sustitución de hardware dedicado. Por ejemplo, las técnicas de grabado por láser y de deposición por pulverización pueden controlarse por ordenador para generar un patrón de superficie que comprenda los cambios hechos al perfil de superficie, donde los cambios en el perfil de superficie satisfacen una restricción sobre la variabilidad de dichos cambios hechos al perfil de superficie.

10

Por lo tanto, la adaptación requerida a partes existentes de un dispositivo de modificación de superficie equivalente convencional puede implementarse en forma de un producto de programa de ordenador que comprende instrucciones implementables de procesador almacenadas en un soporte de datos tal como un disquete, un disco óptico, un disco duro, una memoria PROM, una memoria RAM, una memoria flash o cualquier combinación de estos u otros medios de almacenamiento, o transmitidas a través de señales de datos en una red como Ethernet, una red inalámbrica, Internet o cualquier combinación de éstas o de otras redes, o concretadas en el hardware como un circuito integrado específico de una sola aplicación, ASIC (por sus siglas en inglés, application specific integrated circuit) o como una matriz de puertas programable in-situ, FPGA (por sus siglas en inglés, field programmable gate array) u otro circuito configurable adecuado para adaptarse al dispositivo equivalente convencional.

15

20

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de descontaminación de fluidos (200A) que comprende un láser, el láser que tiene una cavidad de resonancia óptica dispuesta entre un primer reflector (221) y un segundo reflector (221), y que comprende medios para pasar un fluido a descontaminar a través de al menos una primera región de la cavidad de resonancia óptica, exponiendo de este modo en funcionamiento el fluido a un efecto de descontaminación de la radiación dentro de la cavidad de resonancia óptica, **caracterizado por que**
el aparato de descontaminación comprende además:
 - una bomba de energía (240) para la estimulación del láser; y
medios para pasar el fluido a descontaminar a través de al menos una primera región de una salida generada de la bomba de energía.
2. Un aparato de descontaminación de acuerdo con la reivindicación 1 en el que el fluido a descontaminar fluye dentro de un canal cerrado (230) que pasa a través de al menos la primera región de la cavidad de resonancia óptica, y en el que una porción del canal cerrado en un eje principal de resonancia óptica (212) es sustancialmente transparente a la frecuencia del láser.
3. Un aparato de descontaminación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la cavidad de resonancia óptica comprende un telescopio de expansión de haz (215), dispuesto para expandir el volumen efectivo de la primera región de la cavidad de resonancia.
4. Un aparato de descontaminación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un prisma (217) dispuesto para formar una lámina de luz como parte de la cavidad de resonancia óptica y en el que el fluido se dispone para pasar a través de la lámina de luz.
5. Un aparato de descontaminación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende un generador de campo eléctrico a través del que fluye el fluido a descontaminar;
en el que al menos un primer electrodo (310) del generador de campo eléctrico puede girar alrededor de un eje para cambiar una región de superficie (342) del electrodo que actúa como la superficie de trabajo disponible del electrodo.
6. Un aparato de descontaminación de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el campo eléctrico está dispuesto para generar descargas de plasma.
7. Un sistema de acondicionamiento de fluido que comprende el aparato de descontaminación de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
8. Un método de descontaminación de fluidos usando un láser, el láser que tiene una cavidad de resonancia óptica dispuesta entre un primer reflector (221) y un segundo reflector (221), comprendiendo el método la etapa de pasar un fluido a descontaminar a través de al menos una primera región de la cavidad de resonancia óptica, exponiendo de este modo el fluido a un efecto de descontaminación de la radiación dentro de la cavidad de resonancia óptica.
9. Un método de descontaminación de fluidos de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende la etapa de pasar el fluido a descontaminar a través de al menos la primera región de la cavidad de resonancia óptica en un canal cerrado (230) que tiene una porción en un eje principal de resonancia óptica (212) que es sustancialmente transparente a la frecuencia del láser.
10. Un método de descontaminación de fluidos de acuerdo con la reivindicación 8 o la reivindicación 9, en el que al menos un primer componente del fluido a descontaminar actúa como un medio activo (211) mientras que pasa a través de al menos la primera región de la cavidad de resonancia óptica.
11. Un método de descontaminación de fluidos de acuerdo con la reivindicación 10 en el que el fluido es aire y el al menos primer componente es nitrógeno.
12. Un método de descontaminación de fluidos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, que comprende la etapa de:
pasar el fluido a descontaminar a través de un campo eléctrico generado usando electrodos (310);
en el que al menos uno de los electrodos (310) puede girar alrededor de un eje para cambiar una región de superficie (342) del electrodo que actúa como la superficie de trabajo disponible del electrodo.
13. Un método de descontaminación de fluidos de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el campo eléctrico genera descargas de plasma.

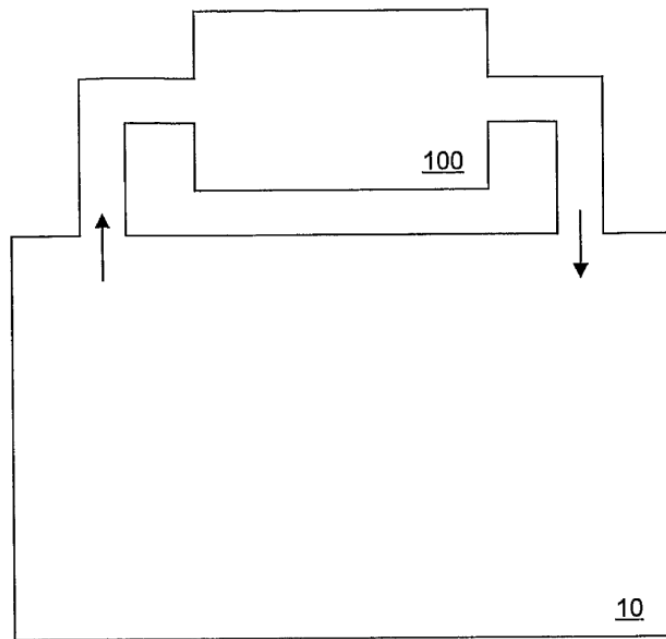


Figura 1

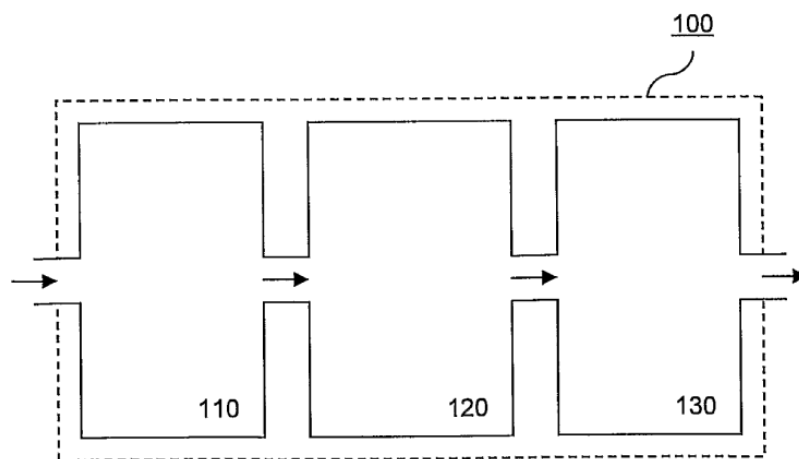


Figura 2

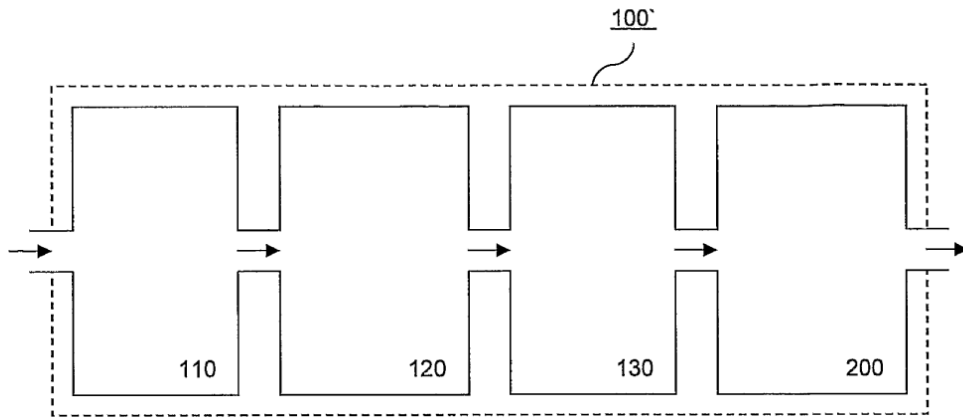


Figura 3

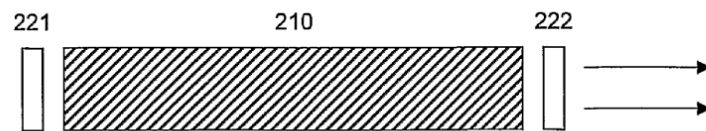


Figura 4

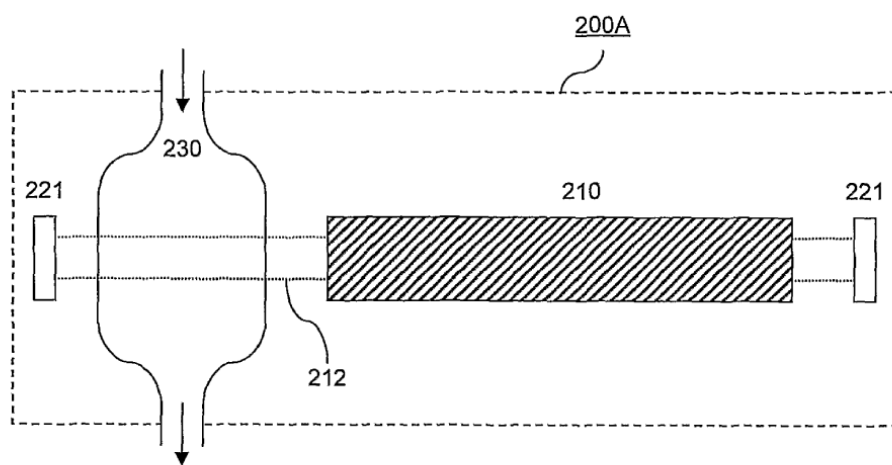


Figura 5

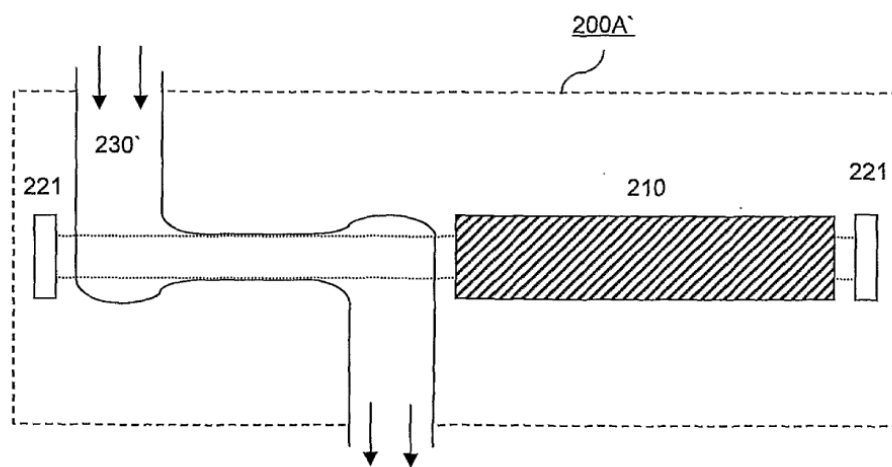


Figura 6

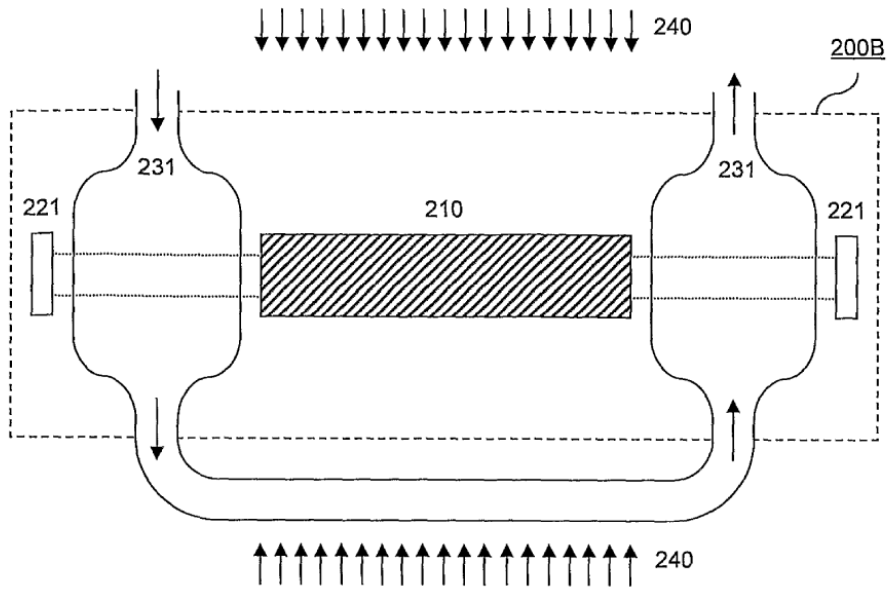


Figura 7

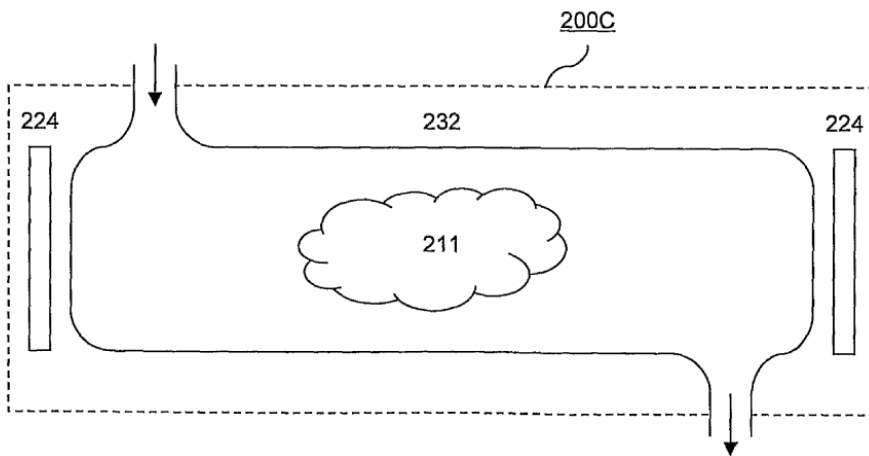


Figura 8

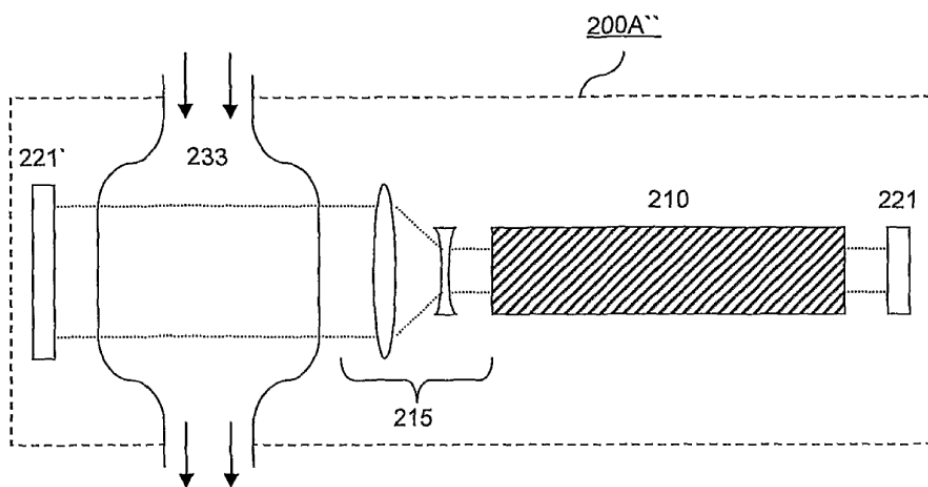


Figura 9

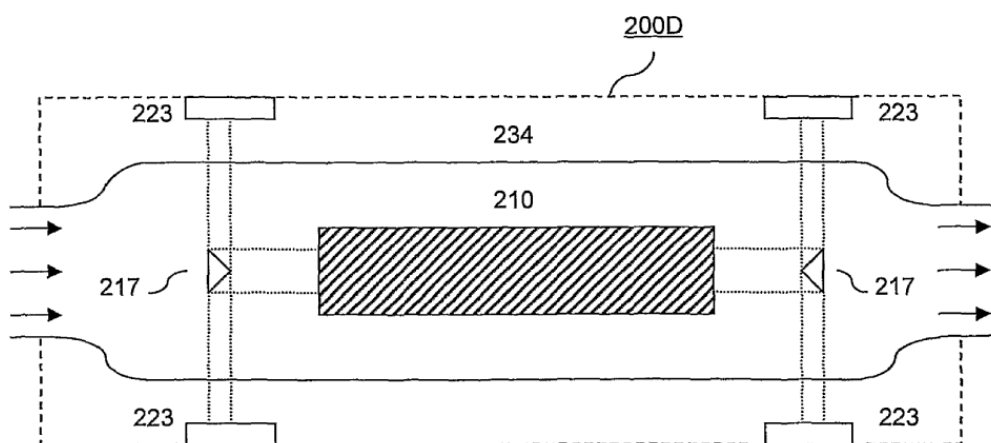


Figura 10

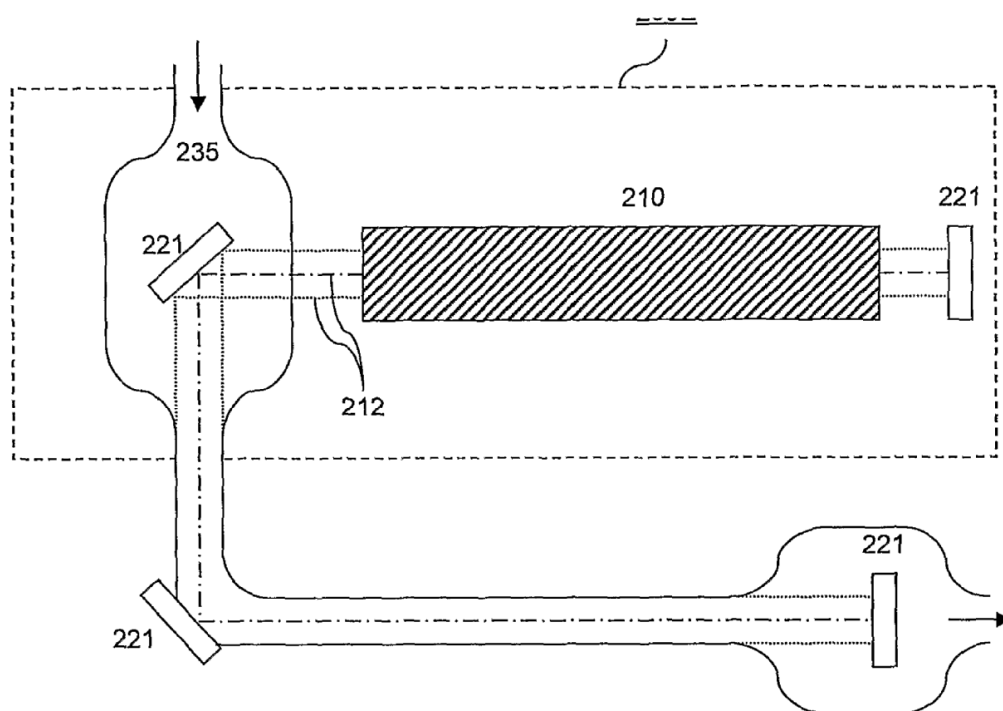


Figura 11

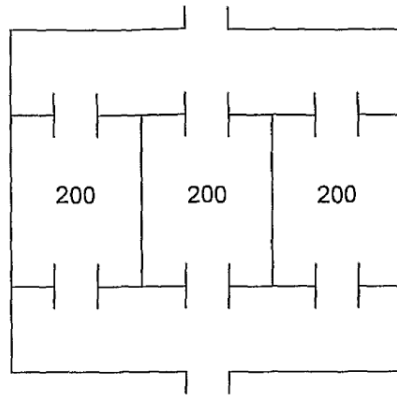


Figura 12A

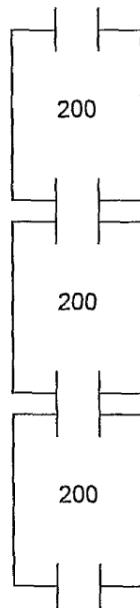


Figura 12B

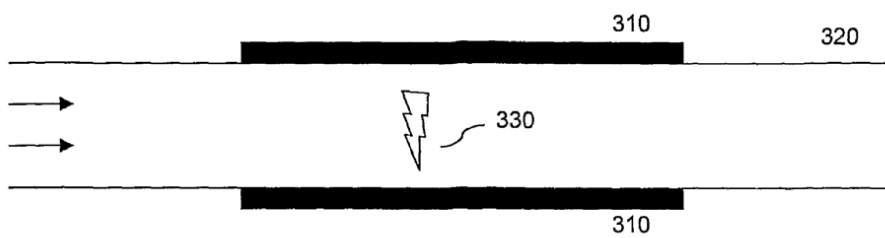


Figura 13



Figura 14A

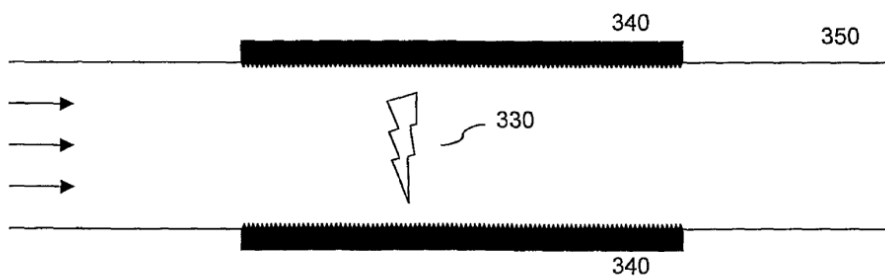


Figura 14B

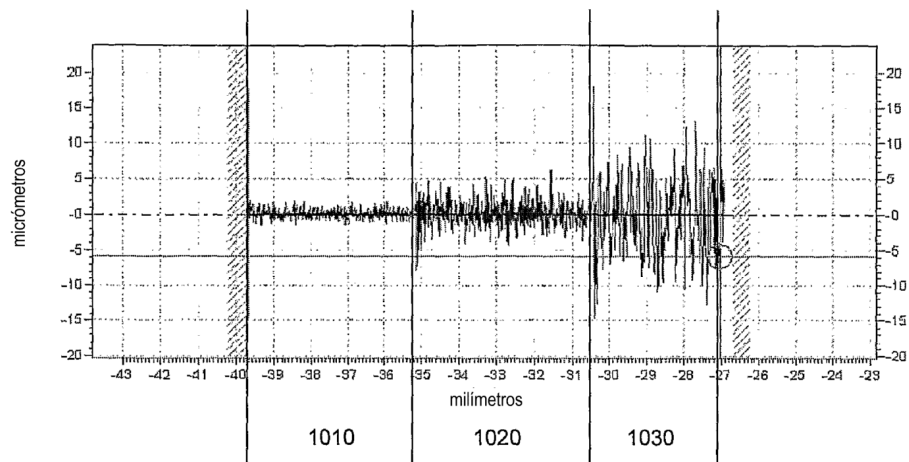


Figura 15A

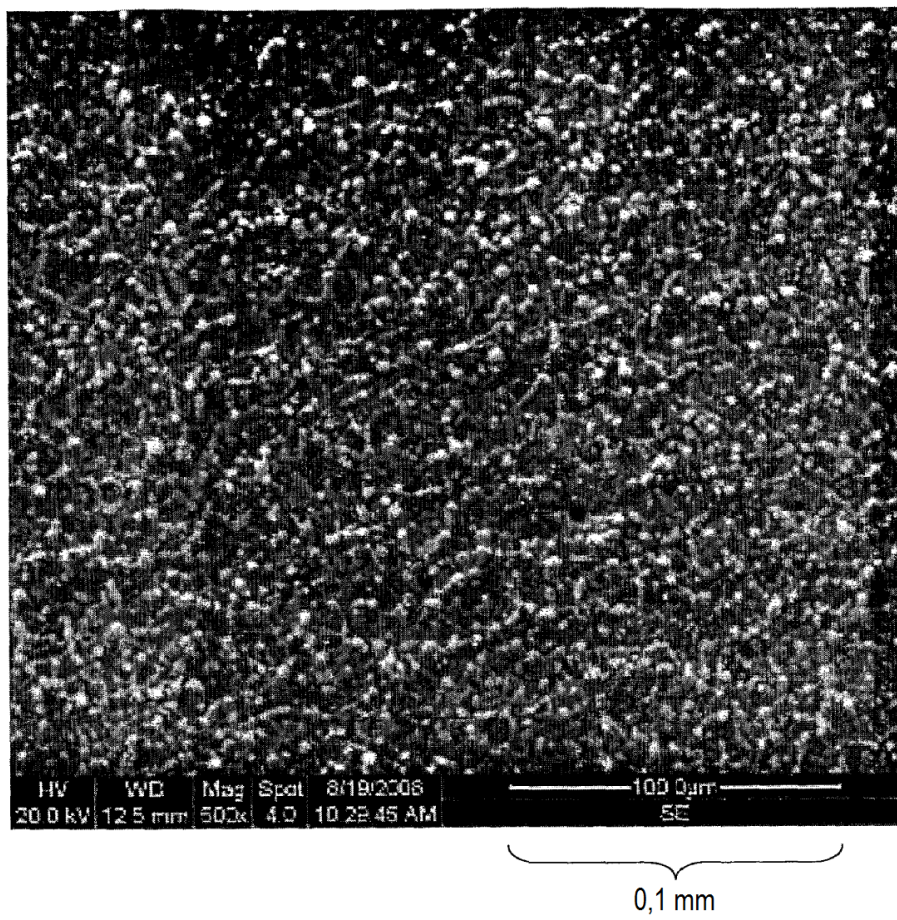


Figura 15B

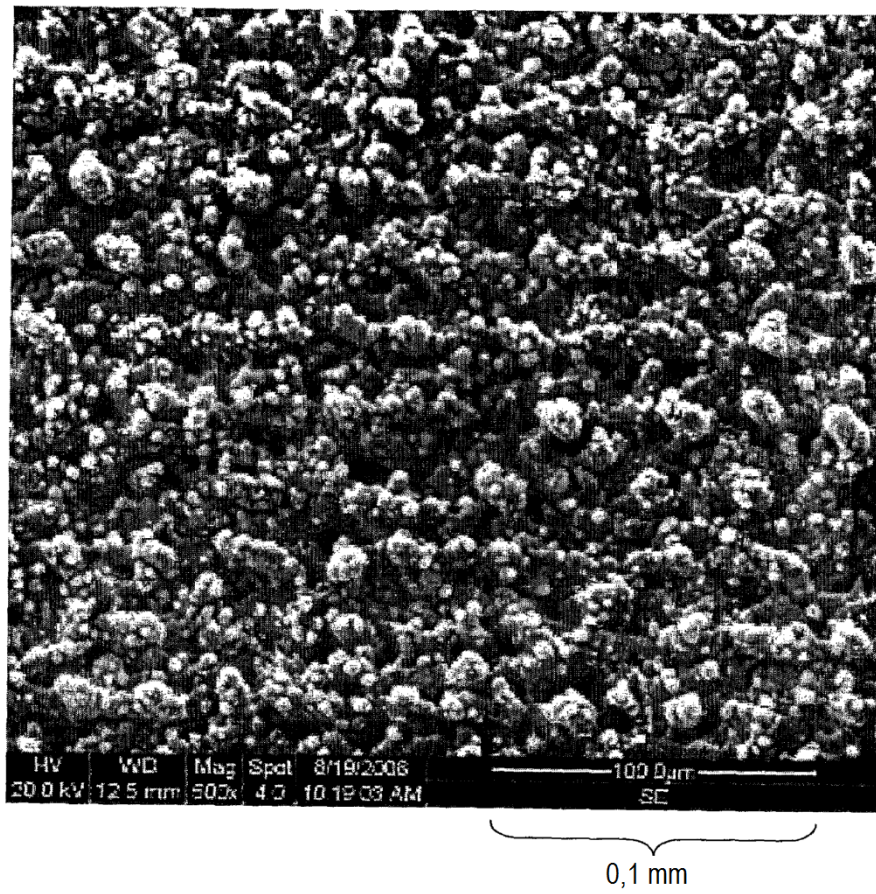


Figura 15C

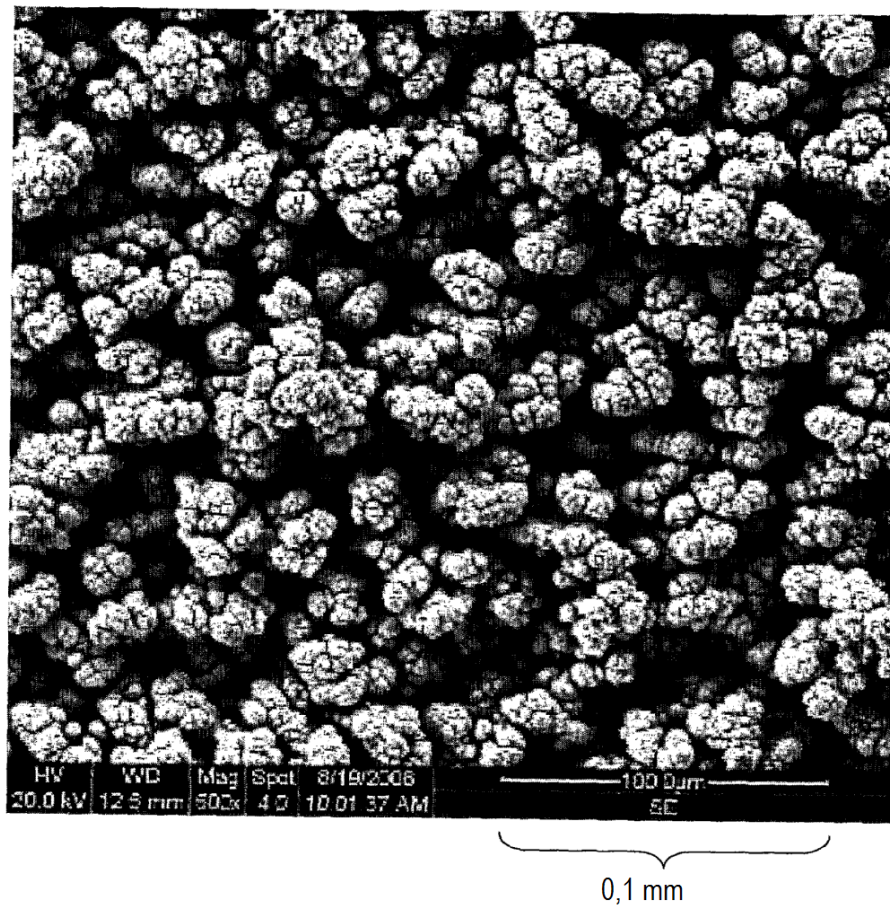


Figura 15D



Figura 16

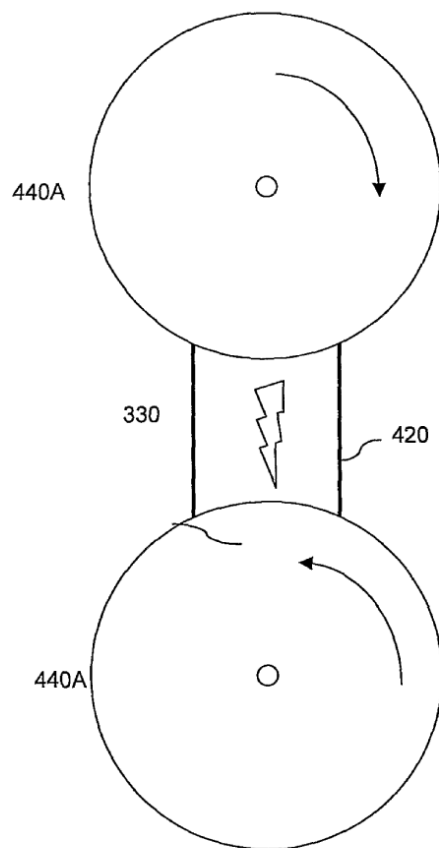


Figura 17A

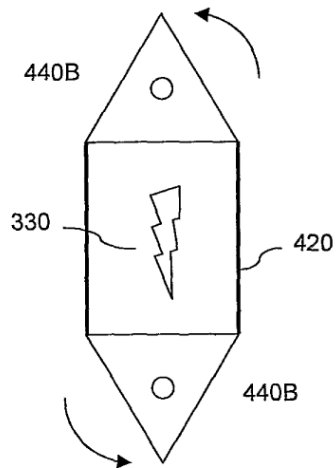


Figura 17B

Pasar un fluido a descontaminar a través de al menos una primera región de una cavidad de resonancia de un láser, estando dispuesta la cavidad de resonancia entre un primer y un segundo espejo del láser

s.10

Figura 18