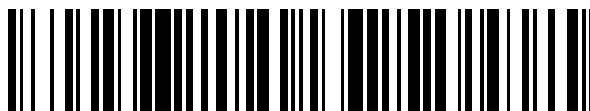


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 659 714**

51 Int. Cl.:

H05H 1/24

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.05.2008** **PCT/EP2008/055801**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.11.2008** **WO08138915**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.05.2008** **E 08759518 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.12.2017** **EP 2153705**

54 Título: **Mejora de una reacción en fase gaseosa en un plasma mediante el uso de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia**

30 Prioridad:

11.05.2007 DK 200700717

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

19.03.2018

73 Titular/es:

**FORCE TECHNOLOGY (100.0%)
PARK ALLÉ 345
2605 BRONDBY, DK**

72 Inventor/es:

**BARDENSSTEIN, ALEXANDER;
BINDSLEV, HENRIK;
KREBS, NIELS y
KUSANO, YUKIHIRO**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 659 714 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

Mejora de una reacción en fase gaseosa en un plasma mediante el uso de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un método para mejorar una reacción en fase gaseosa en un plasma. La invención se refiere además a un sistema para una reacción en fase gaseosa mejorada en un plasma.

Antecedentes de la invención

Un plasma es un gas ionizado. Las especies activas de iones, electrones, partículas neutras de alta energía, radicales, así como la emisión ultravioleta en plasmas pueden usarse para varias cosas. La generación de plasma o un plasma generado también se puede utilizar ventajosamente para diversos fines o aplicaciones como generación de ozono, producción de hidrógeno, limpieza de gases de escape, control de la contaminación, eliminación de olores, conversión de combustible, esterilización, oxidación, etc.

El ozono se puede formar por recombinación en tripletes de átomos de oxígeno individuales que se separan del oxígeno diatómico en un plasma. La conversión de combustible es la transformación química o física de un combustible natural o ya modificado para mejorar la calidad del combustible. Un proceso de conversión de combustible puede dar como resultado uno o más productos mejorados de combustible que pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos, y pueden generar productos químicos o materias primas para la fabricación de productos químicos. Por ejemplo, el carbón generalmente requiere reducción de tamaño, lavado y eliminación de especies inertes. El gas natural puede necesitar la eliminación de H_2S y CO_2 con la separación de líquidos gaseosos y compuestos de C_2 . Sin embargo, la conversión de combustible "gas a líquido" (licuefacción) también es de importancia significativa. Aquí el CH_4 , que es el componente principal del gas natural, se convierte en combustibles líquidos en una o más reacciones químicas de una etapa.

Existe varios plasmas, incluyendo plasmas de corriente continua, plasmas acoplados capacitivamente, plasmas pulsados, plasmas de magnetrón, plasmas de resonancia de ciclotrón de electrones, plasmas de acoplamiento inductivo, plasmas Helicón, plasmas de resonador helicoidal, plasmas de microondas y chorros de plasma (véase, por ejemplo, A Bogaerts et al. Spectrochimica Pt.B 57 (2002) 609-658). Muchos de ellos operan a bajas presiones, los cuales adolecen de los inconvenientes de que requieren costosos sistemas de vacío. Además, los métodos solo están bien desarrollados para tratamientos por lotes o semilotes. Para superar estos inconvenientes, se puede usar un sistema de modificación de la superficie del plasma a presión atmosférica que no solo evita la necesidad de equipos de vacío sino que también permite tanto la modificación superficial de objetos grandes como la modificación continua de la superficie de producción (véase, por ejemplo, C Tendero et al. Spectrochimica Pt.B 61 (2006) 2-30).

Un sistema de aplicación de plasma de la técnica anterior se muestra en la Figura 1 y se explica con más detalle a continuación. La Figura 1 ilustra un ejemplo de plasma acoplado capacitivamente del denominado tipo de descarga de barrera dieléctrica (DBD) bien conocido utilizable a presión atmosférica.

Otros tipos o variaciones de fuentes de plasma incluyen descargas de barrera dieléctrica (DBD) con una única barrera dieléctrica ubicada esencialmente en el medio entre los dos electrodos o con una sola barrera dieléctrica que cubre solo uno de los electrodos. Dichas fuentes de plasma también se denominan generalmente fuentes de descarga de volumen (VD) en las que puede tener lugar una microdescarga en canales delgados generalmente distribuidos aleatoriamente sobre la superficie del electrodo y/o del dieléctrico. Otras fuentes de plasma DBD incluyen las denominadas fuentes de plasma de descarga superficial (SD) que generalmente comprenden una serie de electrodos de superficie sobre una capa dieléctrica y un contraelectrodo en el lado inverso de la capa dieléctrica. Tales fuentes de plasma SD pueden incluir un denominado elemento de descarga SPCP (procesamiento químico de plasma inducido por descarga superficial) o elemento CDSD (descarga superficial difusa coplanar). En un SPCP, los electrodos se unen al dieléctrico o dieléctricos y en un CDSD los electrodos están incrustados en el dieléctrico o dieléctricos.

Otros tipos de fuentes de plasma son, por ejemplo, los llamados sopletes de plasma tales como sopletes de plasma de arco, sopletes de plasma frío (véase, por ejemplo, H Mortensen et al. Jpn. J Appl. Phys. 45 (10B) (2006) 8506-8511), chorro de plasma a presión atmosférica (APPJ), sopletes de tipo lápiz, sopletes de barrera y sopletes de microondas (véase, por ejemplo, C Tendero et al. Spectrochimica Pt.B 61 (2006) 2-30). Otro tipo de fuente de plasma es el denominado arco deslizante (véase, por ejemplo, A Fridman et al. J. Phys. D Appl. Phys. 38 (2005) R1-R24).

Los tipos adicionales de fuentes de plasma son plasmas de baja presión, descarga en corona (véase por ejemplo A Bogaerts et al. Spectrochimica Pt.B 57 (2002) 609-658) y microplasmas (véase por ejemplo V Karanassios Spectrochimica Acta Pt.B 59 (2003) 909-928). Véase por ejemplo A Bogaerts et al. Spectrochimica Pt.B 57 (2002) 609-658, U Kogelschatz Plasma Chem. Plasma Proc. 23 (1) (2003) 1-46, C Tendero et al. Spectrochimica Pt.B 61

(2006) 2-30 y A Fridman et al. J. Phys. D Appl. Phys. 38 (2005) R1-R24) para más detalles de plasmas y plasmas a presión atmosférica.

Los tres artículos 'Ozone generation by hollow-needle to plate electrical in an ultrasound field', J. Phys. D: Appl. Phys. 37 (2004) 1214-1220, 'Ultrasound and airflow induced thermal instability suppression of DC corona discharge: an experimental study', Plasma Sources Sci. Technol. 15 (2006) 52-58 y 'Ultrasonic resonator with electrical discharge cell for ozone generation', Ultrasonics 46 (2007) 227-234, por Stanislav Pekárek, Rudolf Bálek et al. divulga la supresión de la descarga de corona de CC donde se usa ultrasonido o ultrasonido combinado con un flujo de aire en relación con un sistema de electrodo hueco aguja-placa para activar la descarga de corona para la producción de ozono. También se encontró que la aplicación de ondas ultrasónicas aumenta la generación de ozono.

El artículo 'Improvement of Charging Performance of Corona Charger in Electrophotography by Irradiating Ultrasonic Wave to Surrounding Region of Corona Electrode' (Kwang-Seok Choi, Satoshi Nakamura and Yuji Murata Jpn. J. Appl. Phys. 44(5A) (2005) 3248 - 3252) divulga la mejora de la velocidad de carga de un cargador corona en electrofotografía utilizando una onda ultrasónica donde la onda ultrasónica aumenta la densidad de carga en una capa aislante de un tambor de aluminio revestido utilizado en lugar de un tambor fotorreceptor utilizado para la impresión. Al menos algunos de los hallazgos en los artículos también se han divulgado en la solicitud de patente CZ 295687.

Los generadores de ultrasonidos divulgados en los artículos mencionados anteriormente están basados en transductores piezoeléctricos. No se mencionan los niveles de presión sonora específicos o preferidos de las ondas acústicas u ondas ultrasónicas emitidas o las ventajas de las mismas.

Además, los artículos mencionan que las presiones acústicas desarrolladas mediante diseños ultrasónicos son, respectivamente, del orden de 2 y 10 kPa cerca de la superficie emisora del transductor a la frecuencia de ultrasonidos generada de 20,3 kHz. En el cuarto artículo, el generador ultrasónico es un transductor piezoeléctrico tipo Langevin con abrazadera de perno, de 28 kHz, 50 mm de diámetro y 80 mm de altura. La potencia de entrada máxima es de 50 W. Estos valores dan una estimación del valor de presión acústica emitida de aproximadamente 2 kPa. Los valores de presión de 2 y 10 kPa corresponden a niveles de presión sonora muy altos de 160 y 174 dB por encima de la presión de referencia de 20 μ Pa. Se puede estimar que las presiones acústicas especificadas anteriormente a la frecuencia anterior corresponden a intensidades de ultrasonido de 4,4 y 20 kW/m^2 o a los niveles de intensidad sonora de 156 y 163 dB por encima de la intensidad de referencia de 1 pW/m^2 . Esto caracteriza a las ondas acústicas ultrasónicas que se aplican en al menos algunos de estos artículos como de alta intensidad. Sin embargo, la potencia acústica proporcionada de acuerdo con los artículos es de hecho demasiado baja y demasiado localizada para permitir una mejora eficiente y de gran volumen de la fase gaseosa en un plasma.

Se puede describir una situación similar con respecto a la memoria descriptiva de la patente US-6.391.118. Esta divulga un método para eliminar partículas de la superficie de un artículo en un aparato que usa descarga en corona. Las partículas se alimentan con una carga eléctrica y posteriormente se aplica una onda ultrasónica o una corriente de gas sobre la superficie del artículo mientras se aplica un campo eléctrico para expulsar las partículas sólidas cargadas eléctricamente de la superficie. La aplicación de una onda ultrasónica y/o gas facilita aún más la eliminación de las partículas sólidas cargadas eléctricamente. La variedad de generadores (osciladores) ultrasónicos incluye aquí un oscilador piezoeléctrico, una membrana piezoeléctrica de polímero, un oscilador electrostrictivo, un oscilador Langevin (que es como se mencionó anteriormente solo un tipo especial de transductores piezoeléctricos), un oscilador magnetostrictivo, un transformador electrodinámico y un transformador de capacitor El uso de tales osciladores proporciona una potencia acústica baja (no más de 50 W) y localizada. Es demasiado baja y está localizada para permitir una mejora eficiente y de alto volumen de la fase gaseosa en un plasma. Además, no se proporciona ninguna divulgación de un nivel de presión sonora específico o preferido de las ondas ultrasónicas emitidas o las ventajas de las mismas.

El artículo 'Current Waveforms of Electric Discharge in Air under High-Intensity Acoustic Standing Wave Field', Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 43, No. 5B, 2004, pp. 2852 - 2856, Nakane et al. también divulga un fenómeno de descarga eléctrica en un campo acústico de alta intensidad. Aquí se usan ondas estacionarias con una frecuencia de 660 Hz, lo que limita el volumen de descarga para la producción de ozono. La producción mejorada de ozono de acuerdo con este artículo puede explicarse por la ley de Paschen, lo que significa que cuanto menor es la presión estática, mayor es la tasa de formación de canales de descarga. Por lo tanto, los canales deberían crecer más intensamente en los nodos de las ondas estacionarias. Otra parte del mecanismo propuesto es que los canales de transmisión espacial oscilan en el campo acústico.

La Solicitud de patente US 2003/0165636 divulga un proceso para la modificación de la superficie del plasma a presión atmosférica de la superficie de un objeto donde la excitación de la superficie a tratar se realiza de manera que vibra y ondula, activando así la aplicación del plasma. La energía para la excitación de la superficie puede provenir del proceso de creación del plasma, de una fuente externa, o de una combinación de los mismos. La energía para la excitación de la superficie puede provenir de un generador de vibración que entra en contacto con el objeto a tratar o por contacto indirecto de un generador de vibración que emite ondas acústicas, por ejemplo, ondas

ultrasónicas, al objeto a tratar de modo que provoque un plasma turbulento. No se divulga ningún nivel de presión sonora específico o preferido de las ondas acústicas o las ondas ultrasónicas o las ventajas de las mismas. Por lo tanto, se sugieren vibraciones y ondulaciones de excitación en la superficie, o en otras palabras, la generación de ondas acústicas superficiales y guiadas sobre el objeto para intensificar un tratamiento con plasma. Igualmente, se divulga que la vibración de la superficie a tratar puede ser el resultado de la excitación a una o varias frecuencias propias y sus armónicos asociados con el cuerpo del objeto a tratar. Por lo tanto, o bien el intervalo de la dimensión característica del objeto modificado (principalmente su grosor) está estrictamente limitado por la frecuencia operativa de la fuente de energía acústica utilizada, o dicha frecuencia está estrictamente determinada por la dimensión del objeto. También se divulga que la vibración de la superficie también puede ser el resultado de frecuencias forzadas cuando un generador externo de ondas acústicas emite frecuencias que no son armónicas de las frecuencias propias del objeto a tratar. Esto implica la generación de ondas acústicas superficiales (principalmente las ondas superficiales de Rayleigh).

Se mencionan los siguientes procedimientos de transferencia de potencia acústica a gas ambiente/plasma:

1. Generador acústico externo → Vibración de la superficie del objeto tratado → Vibración de las moléculas de gas (partículas de plasma).
2. Generación de la vibración de la superficie del objeto tratado directamente, por ejemplo, a través de un contacto acústico directo → Vibración de las moléculas de gas (partículas de plasma).

Ambos procedimientos requieren que las ondas acústicas superen la interfaz sólido/gas al menos una vez. Sin embargo, debido a una diferencia de más de cuatro órdenes de magnitud en la impedancia acústica para un sólido y un gas, la mayor parte de la potencia acústica generada no se puede emitir (y especialmente volver a emitir) a la atmósfera de gas y permanece en un sólido que en último término se convierte en energía térmica. Por lo tanto, no es posible de esta manera generar sonido o ultrasonido en el aire con una potencia que sea suficiente para permitir la mejora eficiente y de alto volumen de una fase gaseosa en un plasma. Por lo tanto, es de primordial importancia no simplemente "agitar" la superficie y provocar de esa forma un plasma turbulento no controlado con una eficiencia y distribución espacial desconocidas, sino más bien permitir una mejora eficiente y de alto volumen de la fase gaseosa en un plasma.

La potencia acústica generada es relativamente baja (en cualquier caso, inferior a 100 W) porque la potencia aplicada al transmisor de onda acústica es de 100 W, y la eficiencia de generación de sonido en una atmósfera de gas no puede exceder ~ 30 % incluso para el más eficaz de los transmisores ultrasónicos de chorro de gas, por no mencionar otros métodos.

Un impedimento principal para la generación de un plasma u otros procesos de plasma es cómo habilitar una reacción en fase gaseosa muy eficiente sobre grandes volúmenes en un plasma.

Ninguna de las divulgaciones de la técnica anteriormente mencionadas especifican un nivel de potencia acústica suficiente para permitir eficientemente una mejora eficiente y de alto volumen de la fase gaseosa en un plasma.

Además, la técnica anterior que implica transductores piezoeléctricos u otros transductores que implican un sólido para transferir la energía, solo proporciona la energía de una manera muy localizada, por ejemplo, muy cerca del transductor piezoeléctrico (u otro transductor sólido) y, por lo tanto, no es adecuado para la intensificación de la fase gaseosa de gran volumen.

Sumario de la invención

Es un objetivo de la invención proporcionar un método y un sistema para una reacción mejorada en fase gaseosa en un plasma que alivie los inconvenientes mencionados anteriormente de la técnica anterior al menos hasta cierto punto.

Otro objetivo es permitir la mejora de una reacción en fase gaseosa de plasma en un gran volumen.

Un objetivo adicional es acelerar un proceso de plasma.

Un objetivo adicional de algunas realizaciones es mejorar un proceso de generación que implica la generación de un plasma, por ejemplo, hidrógeno, ozono o gas de síntesis, usando plasma, limpieza de gases de escape, control de la contaminación, eliminación de olores, conversión de combustible, licuefacción, esterilización, oxidación, etc. utilizando un plasma.

Estos objetivos se consiguen al menos en cierta medida mediante un método para mejorar una reacción en fase gaseosa en un plasma de acuerdo con la reivindicación 1. De esta manera, se obtiene una alta intensidad de sonido y potencia que mejora eficazmente una reacción en fase gaseosa en el plasma, que mejora el proceso de plasma, por ejemplo permitiendo una generación más eficiente de ozono o gas de síntesis usando plasma, limpieza de gases de escape, control de contaminación, eliminación de olores, conversión de combustible, licuefacción, esterilización,

oxidación, etc. utilizando un plasma en relación con la velocidad de reacción y/o concentración obtenida del compuesto generado. Aumentar la concentración de los productos deseados, reducir la concentración de contaminantes, el olor, etc. y/o reducir el tiempo de reacción, reduce el costo del proceso, ya que el proceso es costoso y requiere mucha energía.

5 En comparación, el área de superficie emisora de sonido de los transductores, por ejemplo como los descritos en los artículos de la técnica anterior mencionados anteriormente ('Ozone generation by hollow-needle to plate electrical in an ultrasound field'; 'Ultrasound and airflow induced thermal instability suppression of DC corona discharge: an experimental study' y 'Improvement of Charging Performance of Corona Charger in Electrophotography by Irradiating
10 Ultrasonic Wave to Surrounding Region of Corona Electrode') es del orden de 2×10^{-3} metro² y la potencia acústica emitida es 10-40 W.

La potencia acústica proporcionada por un generador de chorro de gas de alta potencia es capaz de generar potencias acústicas mucho más altas junto con niveles altos de presión sonora e intensidad de 140 o 150 a 170 dB (véase por ejemplo Y.Y. Borisov, Acoustic gas-jet generators of Hartmann type, en L. D. Rozenberg (ed.) Sources of
15 High-Intensity Ultrasound (New York: Plenum: 1969) parte I y Levavasseur, R. High power generators of sound and ultrasound. Patente de los Estados Unidos, libro 116-137, N.º 2755767 (1956).

Se ha demostrado que una potencia acústica de aproximadamente 100 W o más intensifica la reacción en fase gaseosa en un plasma.

20 Un generador de chorro de gas de alta potencia normalmente tiene una potencia acústica de varios cientos de vatios (es decir, aproximadamente un orden de magnitud mayor que la salida de potencia acústica del transductor piezoeléctrico) y un nivel de presión sonora (SPL) típico de 160 dB a 10 cm del orificio del generador a la frecuencia de 20-30 kHz. Incluso una potencia acústica de 1-2 kW es alcanzable.

25 La razón física principal de una diferencia tan drástica en las salidas de potencia acústica de los generadores piezoeléctricos (u otros transductores acústicos de estado sólido) y de chorro de gas es que un transductor piezoeléctrico funciona al vibrar (usar sonido) un sólido que está en contacto con un gas y por lo tanto transfiere las vibraciones al gas. Debido a la tremenda diferencia en la impedancia acústica para un sólido y un gas (un
30 denominado desequilibrio de impedancia acústica), la mayor parte de la potencia acústica generada no puede emitirse en el gas ambiental y permanece en un sólido. Esta se convierte en energía térmica y da como resultado un calentamiento del transductor.

En consecuencia, no es posible de esta manera generar sonido o ultrasonido en el gas con una potencia que sea suficiente para mejorar suficientemente una reacción en fase gaseosa en un plasma. De hecho, un único transductor
35 piezoeléctrico proporciona la radiación de ultrasonido de alta intensidad solo cerca de su superficie emisora e irradia un área superficial limitada que es comparable con el área de su superficie emisora. Esto se debe a la difracción de ondas acústicas, que es significativa cuando el diámetro del transductor es comparable con la longitud de onda acústica. De hecho, para una frecuencia de ultrasonido de 20-30 kHz en el aire, la longitud de onda es de aproximadamente 10-20 mm, lo que es del orden del diámetro real del transductor. En el caso de los transmisores
40 ultrasónicos de chorro de gas, un medio vibrante no es un sólido sino un gas. Está claro que no existe ninguna discrepancia de impedancia y que se puede emitir una potencia acústica lo suficientemente alta en el gas ambiental. Además, la intensidad y los niveles de presión sonora de la radiación de ultrasonido permanecen muy altos a varias decenas de centímetros del orificio del transmisor de chorro de gas, mientras que el frente de onda acústica es amplio (a veces solo es un frente de onda esférica). De esta manera, es posible exponer grandes volúmenes a
45 ultrasonidos de alta intensidad (intensidad del sonido y niveles de presión sonora de esencialmente 140 dB y superiores a aproximadamente 10 cm del orificio del generador) y permitir una reacción en fase gaseosa eficiente en un plasma.

En una realización, el nivel de presión sonora de dichas ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta
50 potencia generadas es

- al menos esencialmente 150 dB,
- al menos esencialmente 160 dB,
- al menos esencialmente 170 dB,
- 55 – al menos esencialmente 180 dB,
- al menos esencialmente 190 dB, o
- al menos esencialmente 200 dB.

donde el nivel de presión sonora está a 10 cm del orificio del generador.

60 En una realización, la potencia acústica de dichas ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia generadas es

- al menos esencialmente 200 W,
- 65 – al menos esencialmente 300 W,

- al menos esencialmente 400 W,
- aproximadamente 400 W,
- mayor que esencialmente 400 W,
- al menos esencialmente 500 W,
- 5 – al menos esencialmente 1 kW, o
- seleccionado de aproximadamente 1 - 2 kW.

Debe entenderse que, si se usan varios generadores acústicos, se pueden obtener incluso mayores potencias.

- 10 En una realización, la fuente de plasma comprende al menos una fuente seleccionada de un grupo de: una fuente de plasma de descarga de barrera dieléctrica (DBD), una fuente de plasma de descarga superficial (SD), una fuente de plasma de descarga de volumen (VD), una fuente de plasma de soplete, un soplete de plasma de arco, un soplete de plasma de arco deslizante, un soplete de plasma frío, un soplete de tipo lápiz, una fuente de plasma de corriente continua, una fuente de plasma acoplado capacitivamente, una fuente de plasma pulsado, una fuente de plasma
- 15 magnetrón, una fuente de plasma de resonancia de ciclotrón de electrones, una fuente de plasma acoplado inductivamente, una fuente de plasma helicón, una fuente de plasma de resonador helicoidal, una fuente de plasma de microondas, una fuente de chorro de plasma a presión atmosférica (APPJ), un soplete de barrera, un soplete de arco de microondas, una fuente de plasma de descarga de corona, una fuente de microplasma, una fuente de plasma de baja presión y una fuente de plasma de alta presión.

- 20 En una realización, una presión de gas de trabajo en una entrada de al menos un generador de chorro de gas de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia está entre aproximadamente 1,9 y aproximadamente 5 bar.

En una realización, el plasma se crea a presión atmosférica.

- 25 En una realización, la fuente de plasma comprende al menos un electrodo y en el que un electrodo de dicho al menos un electrodo es un tipo de electrodo de malla.

Esto permite que el gas/energía pase a través del electrodo 'superior' de una manera muy simple y eficiente.

- 30 En una realización, las ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia generadas se generan usando un medio gaseoso y donde las ondas acústicas se dirigen hacia dicho plasma y en el que dicho medio gaseoso después de la salida de dicho al menos un generador de chorro de gas de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia se dirige lejos de dicho plasma.

- 35 En una realización, las ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia generadas no se solapan espacialmente con el flujo de gas de trabajo que sale del orificio del generador. Además, dado que las ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia generadas están dirigidas hacia el plasma y el gas que sale del generador de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia no se superpone en el espacio, el dicho gas de salida no se mezcla con uno o más gases usados por dicha fuente de plasma para crear dicho plasma.

De esta forma, se permite el control del entorno de gas para el proceso de generación de plasma.

- 40 En una realización, una mezcla de gases, que se usa para crear el plasma, se suministra a al menos un electrodo de la fuente de plasma esencialmente en una dirección en la que dichas ondas acústicas ultrasónicas se propagan hacia dicho plasma.

- 45 En una realización, al menos uno de los generadores de chorro de gas de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia se seleccionan del grupo de:

- un generador de chorro de gas de tipo Hartmann,
- un generador de chorro de gas de tipo Levavasseur,
- 50 – un generador que comprende una parte exterior y una parte interior que definen un paso, una abertura y una cavidad dispuesta en la parte interior, donde dicho generador de chorro de gas de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia está adaptado para recibir un gas presurizado y pasar el gas presurizado a dicha abertura, desde la cual el gas presurizado se descarga en un chorro hacia la cavidad,
- un generador de cualquiera de los tipos mencionados anteriormente, que incluye cualquier tipo de concentradores o reflectores de ondas acústicas.

- 55 En una realización, un artículo alimenticio se somete al plasma donde la creación del plasma genera radicales químicos y esteriliza el artículo alimenticio.

- 60 En una realización, la generación de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia comprende:

- generar ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia mediante un primer generador de ondas acústicas que utiliza un medio gaseoso, donde el medio gaseoso, después de la salida del primer generador de ondas acústicas, tiene una primera dirección principal que es diferente de una segunda dirección principal de las ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia generadas por el primer generador de ondas acústicas,
- 65 – generar ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia mediante un segundo generador de ondas acústicas,

- donde el primer y el segundo generadores de ondas acústicas se encuentran relacionados entre sí de modo que al menos una parte de las ondas acústicas de alta intensidad generadas, siendo estas generadas por dicho segundo generador de ondas acústicas, se dirigen hacia al menos una parte del medio gaseoso después de salir de dicho primer generador de ondas acústicas.

5

En una realización, el plasma se usa en un proceso seleccionado del grupo de:

- generación de ozono
- producción de hidrógeno,
- 10 – limpieza de gases de escape,
- control de polución,
- eliminación de olores,
- conversión de combustible,
- esterilización y
- 15 – oxidación.

La presente invención también se refiere a un sistema correspondiente al método de la presente invención. Más específicamente, la invención se refiere a un sistema para mejorar una reacción en fase gaseosa en un plasma de acuerdo con la reivindicación 14. Las realizaciones ventajosas del sistema se definen en las subreivindicaciones y se describen en detalle a continuación. Las realizaciones del sistema corresponden a las realizaciones del método y tienen las mismas ventajas por las mismas razones.

20

Breve descripción de los dibujos

25 Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes y se aclararán con referencia a las realizaciones ilustrativas mostradas en los dibujos, en los que:

La Figura 1 ilustra esquemáticamente un aparato de plasma de la técnica anterior;

30

La Figura 2 ilustra esquemáticamente un diagrama de bloques de un aparato de plasma;

La Figura 3a ilustra esquemáticamente un flujo (turbulento) sin aplicación de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia;

35

La Figura 3b ilustra esquemáticamente un flujo donde se ilustra el efecto de aplicar ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia a/en aire/gas.

La Figura 4 ilustra esquemáticamente una realización de un aparato de plasma mejorado;

40

La Figura 5 ilustra esquemáticamente una realización alternativa de un aparato de plasma mejorado;

La Figura 6 ilustra esquemáticamente una realización alternativa de un aparato de plasma mejorado;

45

La Figura 7 ilustra esquemáticamente una realización de un aparato de plasma mejorado donde la fuente de plasma es una fuente de plasma de descarga superficial (SD);

La Figura 8 ilustra esquemáticamente una realización de un aparato de plasma mejorado donde la fuente de plasma es una fuente de plasma de soplete, por ejemplo, una fuente de plasma de arco deslizante;

50

La Figura 9 ilustra esquemáticamente una realización de un generador de chorro de gas de ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia en la que un chorro de gas supersónico convergente sale por una boquilla anular y que frena en un resonador de seta tiene la forma de un disco (es decir, el denominado generador de ultrasonidos Hartmann de chorro de disco);

55

La Figura 10 es una vista transversal a lo largo del diámetro del generador de ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia (101) en la Figura 9 que ilustra más claramente la forma de una abertura (302), un paso de gas (303) y una cavidad (304);

60

La Figura 11 ilustra esquemáticamente otra realización de un generador acústico de alta intensidad y alta potencia en forma de un cuerpo alargado; y

La Figura 12 ilustra esquemáticamente una realización de un generador acústico de alta intensidad y alta potencia que comprende dos generadores.

65

En las Figuras, los mismos números de referencia indican características similares o correspondientes.

Descripción de las realizaciones preferidas

La Figura 1 ilustra esquemáticamente un aparato de reacción o generación de plasma de la técnica anterior. Se muestra un ejemplo de un generador de plasma o fuente de plasma, es decir, cualquier dispositivo o método capaz de crear un plasma (en lo sucesivo la fuente de plasma indicada) del bien conocido tipo de descarga de barrera dieléctrica (DBD) utilizable incluso a presión atmosférica. Se muestran una cantidad de gases (111), como He, Ar, O₂, CO₂ y NH₃ suministrado a una unidad de mezcla de gases (110) mezclando los gases en una composición adecuada para el uso o aplicación dados. Los gases seleccionados para el plasma deben seleccionarse en función del tipo específico de reacción de plasma o proceso de generación de compuestos que se utiliza y puede ser cualquier gas, que se utiliza normalmente para tales procesos. Los ejemplos específicos y típicos incluyen aire, gas natural, CH₄, He, Ar, Ne, Xe, N₂, O₂, H₂O, CO₂, gases compuestos de halógeno como los gases de freón (CF₄, CHF₃, C₃F₆, C₄F₈ etc.), gases halón, NH₃, NF₃, SF₆, gases compuestos orgánicos (CH₄, C₂H₆, C₂H₄, C₂H₂, C₆H₆, C₂H₅OH etc.), NO_x (óxidos de nitrógeno), SO₂, silanos etc. y mezclas de gases seleccionadas de ellos. Para estabilizar el plasma, el gas o los gases pueden diluirse con He, Ar, véase por ejemplo la Patente europea EP 0508833 B1.

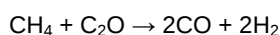
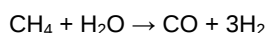
Además, se muestran dos electrodos (103) separados con un espacio de descarga entre ellos, donde al menos uno de los electrodos (103) está unido o cubierto con un material aislante o dieléctrico (105) en un lado del electrodo orientado hacia el otro electrodo para evitar el arco. En la Figura, ambos electrodos (103) están unidos o cubiertos con material dieléctrico (105). Un electrodo (103) está conectado a una fuente de alimentación (114) adecuada, que está conectada a tierra y suministra alta tensión de CA, por ejemplo, 0,1 kHz - 500 kHz, entre los electrodos (103).

Además, se muestra una sonda de alta tensión (113) conectada a la fuente de alimentación (114) y un osciloscopio conectado a la sonda de alta tensión (113). La sonda de alta tensión se utiliza para controlar el voltaje aplicado, pero no es relevante ni influye en el proceso de plasma.

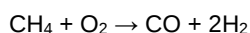
La mezcla de gases se suministra desde la unidad de mezcla de gases (110) al área de descarga entre los dos electrodos (103) y, como resultado, se crea plasma (104) cuando se aplica voltaje a los electrodos (103). Una muestra u objeto (no mostrado) puede estar localizado en el plasma (104), por ejemplo, para la modificación de la superficie, tratamiento, procesamiento, etc.

El proceso de plasma que tiene lugar puede, por ejemplo, involucrar la generación de ozono, producción de hidrógeno, producción de gas de síntesis, limpieza de gases de escape, control de la contaminación, eliminación de olores, conversión de combustible, esterilización, oxidación, etc.

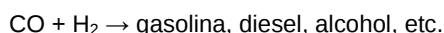
El ozono se puede formar por recombinación en tripletes de átomos de oxígeno individuales que se separan del oxígeno diatómico en un plasma. La conversión de combustible es la transformación química o física de un combustible natural o ya modificado para mejorar la calidad del combustible. Un proceso de conversión de combustible puede dar como resultado uno o más productos mejorados de combustible que pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos, y pueden generar productos químicos o materias primas para la fabricación de productos químicos. Por ejemplo, el carbón generalmente requiere reducción de tamaño, lavado y eliminación de especies inertes. El gas natural puede necesitar la eliminación de H₂S y CO₂ con la separación de líquidos gaseosos y compuestos de C₂. Sin embargo, la conversión de combustible "gas a líquido" (licuefacción) también es de importancia significativa. Aquí CH₄, que es el componente principal del gas natural, se convierte en combustibles líquidos en una o más reacciones químicas de una etapa. Un proceso bien conocido es sintetizar primero un gas de síntesis (CO + H₂);



o



y posteriormente sintetizar líquidos;



El plasma también puede sintetizar líquidos (metanol, etanol, benceno, etc.) y otras moléculas (etano, propano, etileno, acetileno, propileno benceno e hidrocarburos más pesados) (K.V. Kozlov, P. Michel, H.E. Wagner "Synthesis of organic compounds from mixtures of methane with carbon dioxide in dielectric barrier discharge at atmospheric pressure" Plasmas and Polymers, 5(3/4) (2000) 129-150., S. Kado, Y. Sekine, T. Nozaki, K. Okazaki "Diagnosis of atmospheric pressure low temperature plasma and application to high efficient methane conversion" Catalysis Today 89 (2004) 47-55 etc.). El gas hidrógeno producido también se puede usar para otros fines, como un combustible

ecológico para las células de combustible. La refinación del petróleo y la gasificación del carbón también son ejemplos. Ejemplos de mejoras de calidad son la fabricación de gasolina para automóviles por craqueo de los componentes del petróleo y la eliminación de azufre y nitrógeno de los combustibles líquidos mediante la reacción del combustible con hidrógeno.

5 La limpieza del gas de escape se puede realizar pasando a través de un plasma o inyectando especies activadas en el escape. Son ejemplos la reducción de NOx y SO₂.

10 Los plasmas son útiles para descomponer componentes de gases tóxicos, como compuestos orgánicos volátiles (VOC) (K. Urashima, J.S. Chang "Removal of volatile compounds from air streams and industrial flue gases by non-thermal plasma technology" IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Engineering 7(5) (2000) 602-614) y olores como el NH₃ (L. Xia, L. Huang, X. Shu, R. Zhang, W. Dong, H. Hou "Removal of ammonia from gas streams with dielectric barrier discharge plasmas" 152 (2008) 113-119). Estos generalmente se descomponen por oxidación en un plasma.

15 Una reacción en fase gaseosa en el plasma (104) se puede mejorar como se muestra y se explica a continuación.

20 La Figura 2 ilustra esquemáticamente un diagrama de bloques de un proceso/aparato de plasma. Se ilustra una o más fuentes de plasma (106) que crean o suministran plasma (104).

25 Se ilustran adicionalmente uno o más generadores de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (101) que generan ultrasonidos de alta intensidad y alta potencia (102). De acuerdo con la presente invención, el ultrasonido (102) generado se aplica a al menos una parte del plasma (104) de modo que al menos una parte de la energía acústica es absorbida por el plasma (104). La adición de energía al plasma (104) mejorará la reacción en fase gaseosa y mejorará el proceso de plasma que tiene lugar. La aplicación de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia con un nivel de presión sonora de al menos esencialmente 140 dB y una energía de al menos esencialmente 100 W mejorará significativamente la reacción en fase gaseosa y de este modo el proceso de plasma, como se explica a continuación en relación con las Figuras 3a y 3b.

30 La presión de gas de trabajo a la entrada de los generadores de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (101) se puede optimizar para que se pueda generar alta presión acústica. Preferiblemente está entre 1,9 y 5 bar o entre 2,5 y 4 bar y generalmente dependerá del tipo de generador utilizado. La presión de gas a la salida de los generadores de chorro de gas de alta potencia es menor que en la entrada, y puede ser prácticamente igual a la presión de gas para el proceso de plasma.

35 La presión de aire requerida para el funcionamiento de generadores ultrasónicos de chorro de gas de alta intensidad y alta potencia es de al menos más de 1,9 bar para operar en condiciones normales y la presión requerida para un funcionamiento óptimo que proporcione una generación estable de ultrasonidos con un SPL superior a 140 dB A 10 cm del orificio del generador es de 2,5 a 4 bar, dependiendo del tipo de generador.

40 La una o más fuentes de plasma (106) pueden ser cualquier fuente de plasma adecuada para el proceso de plasma dado, por ejemplo fuentes tales como las descritas anteriormente y a continuación y/o combinaciones de las mismas o tales fuentes, por ejemplo usando uno o más gases, como se explicó anteriormente, al crear el plasma. La fuente o fuentes de plasma (106) se pueden elegir entre cualquiera de las existentes (tanto plasmas de baja como de alta presión), y más específicamente puede ser, por ejemplo, plasmas de corriente continua, plasmas capacitivamente acoplados, plasmas pulsados, plasmas de magnetrón, plasmas de resonancia de ciclotrón de electrones, plasmas de acoplamiento inductivo, plasmas de helicón, plasmas de resonador helicoidal, plasmas de microondas, DBD, SD, sopletes de plasma como sopletes de plasma de arco, sopletes de plasma frío, APPJ, sopletes de tipo lápiz, sopletes de barrera, sopletes de plasma de arco, sopletes de microondas, arco deslizante, descarga de corona y microplasmas.

50 La presión de gas para el proceso de plasma es preferiblemente superior a 0,4 bar y puede estar alrededor de la presión atmosférica o más, de modo que la energía acústica se puede suministrar de manera eficiente. Por otro lado, es más fácil generar plasmas a presiones más bajas. Por lo tanto, la presión de gas para el proceso de plasma es preferiblemente más de 0,4 bar y menor que la presión en la entrada de los generadores de chorro de gas de alta potencia. Una fuente de plasma más preferible puede ser DBD, SD, sopletes de plasma como sopletes de plasma de arco, sopletes de plasma frío, APPJ, sopletes de tipo lápiz, sopletes de barrera, sopletes de microondas, arco de deslizamiento, descarga de corona y microplasmas, que pueden operarse a las presiones mencionadas anteriormente.

60 El uno o más generadores de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (101) es un generador de chorro de gas de ondas acústicas y puede ser por ejemplo, uno o más generadores de chorro de gas de tipo Hartmann, uno o más generadores de chorro de gas de tipo Levavasseur, etc. o combinaciones de los mismos y como se explica a continuación y como se muestra en las Figuras 9 - 12.

65 El uso de un generador de chorro de gas de ondas acústicas tiene ventajas como las descritas anteriormente en

términos de potencia acústica, alta intensidad, impedancia acústica, etc.

Si se usa más de un solo generador de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia, no es necesario que sean del mismo tipo, aunque sí lo sean.

5 El proceso de plasma puede ser por ejemplo generación de ozono, producción de hidrógeno, limpieza de gases de escape, control de la contaminación, conversión de combustible, esterilización, oxidación, etc.

10 En una realización, un artículo alimenticio se somete al proceso de plasma donde el proceso generará radicales químicos y esterilizará el artículo alimenticio de una manera muy eficiente.

La Figura 3a ilustra esquemáticamente un flujo (turbulento) sin aplicación de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia.

15 Se muestra una superficie (314) de un objeto sólido (100) donde un gas o una mezcla de gases (500) rodea o contacta la superficie (314).

La energía térmica puede ser transportada a través del gas por conducción, así como por el movimiento del gas de una región a otra. Este proceso de transferencia de calor asociado con el movimiento del gas se conoce generalmente como convección. Cuando el movimiento del gas es causado solo por las fuerzas de flotación creadas por las diferencias de temperatura, el proceso normalmente se conoce como convección natural o libre; pero si el movimiento del gas es causado por algún otro mecanismo, generalmente se le denomina convección forzada. Con una condición de convección forzada, habrá una capa límite laminar (311) cerca de la superficie (314). El espesor de esta capa es una función decreciente del número de flujo de Reynolds, de modo que a altas velocidades de flujo, el espesor de la capa límite laminar (311) disminuirá. Cuando el flujo se vuelve turbulento, la capa se divide en una capa límite turbulenta (312) y una capa límite laminar (313). Para casi todos los flujos de gas que ocurren en la práctica, el régimen de flujo será turbulento en la totalidad del volumen de flujo continuo, excepto para la capa límite laminar (313) que cubre la superficie (314) en la que el régimen de flujo es laminar. Considerando una molécula de gas o una partícula (315) en la capa límite laminar (313), la velocidad (316) será esencialmente paralela a la superficie (314) e igual a la velocidad de la capa límite laminar (313). El transporte de calor a través de la capa límite laminar será por conducción o radiación, debido a la naturaleza del flujo laminar.

Además, el transporte de masa a través de la capa límite laminar será únicamente por difusión. La presencia de la capa límite laminar (313) no proporciona un transporte de masa incrementado óptimo o eficiente. Cualquier transporte de masa a través de la capa límite será únicamente por difusión, y por lo tanto a menudo será el factor limitante final en un transporte de masa general.

Un impedimento para la transferencia o transmisión de energía y/o masa de un gas a una superficie sólida es la capa límite del gas, la cual se adhiere a la superficie sólida. Incluso cuando el movimiento del gas es completamente turbulento, existe la capa límite laminar que obstruye el transporte de masa y/o la transferencia de calor. Aunque se han sugerido varios métodos y tipos de aparatos para superar el problema, como mediante medios como conducir el gas con ondas sónicas y hacer vibrar el objeto sólido (100) con generadores de vibración externos, estos métodos, aunque eficaces hasta cierto punto, son intrínsecamente limitados en su capacidad para generar una minimización efectiva de la capa límite laminar y al mismo tiempo cubrir un área lo suficientemente grande como para que el método sea eficiente.

La Figura 3b ilustra esquemáticamente un flujo donde se ilustra el efecto de aplicar ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia a/en aire/gas (500).

50 Más específicamente, la Figura 3b ilustra las condiciones cuando la superficie (314) de un objeto sólido (100) se aplica con ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia mediante un generador de chorro de gas de ondas acústicas (no se muestra; véase, por ejemplo, 101 en otras Figuras) y donde las ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia se absorben en el plasma de modo que la reacción mejora.

55 Nuevamente, si se considera una molécula/partícula de gas (315) en la capa laminar; la velocidad (316) será esencialmente paralela a la superficie (314) e igual a la velocidad de la capa laminar antes de aplicar el ultrasonido. En la dirección del campo de sonido emitido a la superficie (314) en la Figura 3b, la velocidad de oscilación de la molécula (315) se ha incrementado significativamente según lo indicado por las flechas (317). Como ejemplo, se puede lograr una velocidad máxima de $v = 4,5$ m/seg y un desplazamiento de ± 32 μ m donde la frecuencia es $f = 22$ kHz y el nivel de presión sonora = 160 dB. El desplazamiento correspondiente (vertical) en la Figura 3a es esencialmente cero ya que la molécula sigue la corriente de aire laminar a lo largo de la superficie. Como resultado, las ondas acústicas establecerán un flujo de calor forzado y/o transporte de masa desde la superficie hasta el gas/aire (500) circundante aumentando la conducción minimizando la capa límite laminar. El nivel de presión sonora es en una realización esencialmente de 140 dB o mayor. Además, el nivel de presión sonora puede seleccionarse dentro del intervalo de aproximadamente 140 - 160 dB. El nivel de presión sonora puede estar por encima de esencialmente 150 dB, por encima de esencialmente 160 dB, por encima de esencialmente 170 dB, por encima de

esencialmente 180 dB, por encima de esencialmente 190 dB o por encima de esencialmente 200 dB.

El adelgazamiento o destrucción de la capa límite laminar tiene el efecto de que la transferencia de calor y el transporte de masa desde la superficie (314) al gas circundante o de contacto (500) aumentan enormemente, ya que la presencia o el tamaño reducido de la capa límite laminar no retrasará más la transferencia de calor y/o el transporte de masa a la superficie del objeto u objetos sólidos (100) sometidos a modificación de la superficie del plasma, es decir, el plasma influirá más eficientemente en la superficie del objeto.

Además, las ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia se absorben en el plasma de modo que la reacción se mejora.

Se describen diversas realizaciones en relación con las siguientes Figuras.

La Figura 4 ilustra esquemáticamente una realización de un aparato de plasma mejorado.

Se muestra al menos un generador de chorro de gas de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (101) que genera ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (102) que se propagan hacia y alcanzan un plasma (104), que absorberá la energía acústica sustancial mediante lo cual una reacción en fase gaseosa en el plasma (104) mejorará debido a la energía recibida.

Se crea un plasma (104) mediante una fuente de plasma (106) usando el flujo de gas mostrado, los electrodos (103; 103') mostrados y un aislante o material dieléctrico (105), por ejemplo como se explica en relación con la Figura 1. La fuente de plasma (106) mostrada en particular es del tipo DBD pero podría ser de otro tipo.

El aislante o material dieléctrico (105) puede, por ejemplo comprender Al_2O_3 o en general material que tiene una propiedad dieléctrica o cualquier clase de aislantes tales como cerámicas, polímeros y vidrios. Las cerámicas y los vidrios son más duraderos contra el plasma ya que tienen una resistencia a la temperatura relativamente alta. A menudo se prefieren, ya que generalmente tienen altas constantes dieléctricas y, por lo tanto, el plasma puede generarse y mantenerse a voltajes de CA más bajos.

Se muestra adicionalmente una bocina o similar (402) o medios que dirigen o guían el sonido que garantiza que la intensidad y la potencia del sonido estén contenidas y enfocadas hacia el plasma/objeto.

En una realización, una membrana (401) o similar está situada entre el generador de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (102) y el plasma. Esto permite el control del entorno de gas para el proceso de generación de plasma de modo que solo el flujo de gas recibido se use para crear el plasma. Esto puede ser útil para generadores accionados por gas (102) de modo que el gas de tales generadores no interfiera con la mezcla de gases utilizada para la creación de plasma. Otras realizaciones pueden excluir la membrana (401). La membrana (401) es preferiblemente relativamente delgada y relativamente transparente a los ultrasonidos. El grosor, el tamaño y/o la forma de la membrana (401) y la tensión aplicada pueden optimizarse para disminuir la pérdida de ultrasonido.

En algunas realizaciones, se puede prescindir de la membrana incluso aunque no se prefiera que se produzca una mezcla del medio gaseoso usado para generar las ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia y el gas o gases utilizados para crear el plasma. Esto se puede lograr teniendo un generador de ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia donde las ondas acústicas generadas se propagan generalmente en otra dirección distinta a la dirección general del medio gaseoso después de salir del generador de ondas acústicas.

En la Figura 12, se muestran dos de tales generadores donde la dirección general de las ondas acústicas generadas está en un ángulo con respecto a la dirección general del medio gaseoso después de la salida del generador.

Los generadores se pueden diseñar de modo que las dos direcciones sean aproximadamente opuestas. Por ejemplo, los generadores Hartmann de chorro de vástago que irradian ultrasonidos en el denominado régimen de alta frecuencia permiten una separación espacial "natural" del campo de ultrasonidos y el flujo de gas saliente (véase por ejemplo Y.Y. Borisov, Acoustic gas-jet generators of Hartmann type, en L. D. Rozenberg (ed.) Sources of High-Intensity Ultrasound (New York: Plenum: 1969) parte I). Dichos generadores pueden ser muy útiles para evitar el uso de una membrana ya que el medio gaseoso puede dirigirse lejos del plasma. De esta forma, ningún gas o gases utilizados para generar las ondas acústicas influirá en el gas o gases del plasma. Debe entenderse que incluso en una disposición de este tipo, una membrana puede seguir siendo útil (aunque puede ser de un diseño diferente) ya que puede contener los gases utilizados para crear el plasma contenido, de modo que no se difundan en el entorno, lo que puede ser útil ya que algunos tienen un costo significativo.

Se pueden usar cualquier clase de membranas, siempre que no haya una pérdida significativa de ultrasonido ni una fuga de gas significativa. Siempre que se puedan formar películas delgadas, sus materiales se pueden elegir entre cualquier polímero termoplástico y termoestable, como poliésteres, tereftalato de polietileno, poliolefinas (polietileno de baja densidad (LD)), PE de alta densidad (HD), PE de ultra alta densidad, PE de peso molecular ultra-alto, polipropileno, poli(cloruro de vinilo), poli(cloruro de vinilideno), poliestireno, poliimida, poliamida, poli(vinil vinil éter),

poliisobutileno, policarbonato, poliestireno, poliuretano, poli(acetato de vinilo), poli-acrilonitrilo, cauchos naturales y sintéticos, aleaciones de polímeros, copolímeros y sus laminados. Pueden recubrirse con materiales orgánicos y/o inorgánicos utilizando cualquiera de las técnicas existentes. Entre ellas, se pueden utilizar materiales de menor densidad como PE. Además, se puede utilizar una lámina de metal como una membrana. Otros ejemplos son

5 membranas de polímero recubiertas de metal (o material recubierto con material inorgánico) o laminadas.

Como alternativa, la membrana puede comprender o consistir en Aerogel.

10 En una realización, el electrodo ubicado entre el plasma (104) y el generador (101) es un tipo de electrodo de malla (103') u otro tipo de electrodo perforado. Esto permite que el ultrasonido generado pase virtualmente sin obstáculos al objeto o los objetos (100) sin perder una cantidad significativa de energía, de modo que estará presente tanta energía como sea posible para influenciar la subcapa laminar alrededor del objeto (100). Otras realizaciones pueden excluir el tipo de malla/electrodo perforado (103').

15 La dirección del gas de salida/mezcla de gases, usada para crear el plasma (104), y el ultrasonido (102) es bastante controlable y el ángulo entre sus direcciones principales puede variar. En la realización mostrada, el ángulo es de aproximadamente 90 °. Pero el ángulo puede ser en principio cualquier ángulo. En la Figura 5, por ejemplo, el ángulo es de aproximadamente 0 °.

20 El gas o la mezcla de gases utilizada para crear el plasma (104) también se puede usar para accionar el generador o los generadores acústicos de chorro de gas (101). El plasma (104) puede generarse antes, en o después del generador acústico (101).

25 La Figura 5 ilustra esquemáticamente una realización alternativa de un aparato de plasma mejorado. Esta realización corresponde a la realización mostrada y explicada en relación con la Figura 4, excepto que el gas para el plasma no se alimenta desde el lado sino desde la misma dirección que las ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (102).

30 La Figura 6 ilustra esquemáticamente una realización alternativa de un aparato de plasma mejorado. Esta realización corresponde a la realización mostrada y explicada en relación con la Figura 4, excepto que no comprende una membrana. Tal realización es adecuada para plasma de aire ambiental o normal. En una realización de este tipo sin membrana, se puede usar también un flujo de aire a alta velocidad para la generación de ultrasonidos de alta intensidad y alta potencia como gas de proceso para el plasma.

35 La Figura 7 ilustra esquemáticamente una realización de un aparato de plasma mejorado donde la fuente de plasma es una fuente de plasma de descarga superficial (SD). La realización mostrada corresponde a la realización mostrada y explicada en relación con la Figura 4, excepto que en lugar de una fuente de plasma DBD comprende una fuente de plasma de descarga superficial (SD) (106) que comprende un único aislante o material dieléctrico (105) y varios electrodos (103) incrustados en el aislador o el material dieléctrico (105). La fuente de plasma SD
40 mostrada comprende un denominado elemento de descarga CDSD. En otra alternativa, podría comprender un elemento de descarga SPCP o de otro tipo de fuente de plasma SD. Como alternativa al flujo de gas que se recibe desde el lateral, podría suministrarse en la dirección de las ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia, por ejemplo como se muestra en la Figura 5 o de otra manera.

45 La Figura 8 ilustra esquemáticamente una realización de un aparato de plasma mejorado donde la fuente de plasma es una fuente de plasma de soplete, por ejemplo una fuente de plasma de arco deslizante. La realización mostrada corresponde a la realización mostrada y explicada en relación con la Figura 4, excepto que en lugar de una fuente de plasma DBD comprende una fuente de plasma de soplete, por ejemplo, una fuente de plasma de arco deslizante.

50 La fuente de plasma de soplete podría por ejemplo ser un diseño de soplete de barrera o un diseño de soplete de plasma frío como es bien conocido en la técnica.

La Figura 9 ilustra esquemáticamente una realización de un generador de chorro de gas de ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia en forma de un chorro de disco con forma de disco (es decir, un generador de ultrasonidos
55 Hartmann de chorro de disco). Se muestra una realización de un generador de ultrasonidos de alta intensidad (101), en este ejemplo un generador denominado de chorro de disco. El generador (101) comprende una parte exterior generalmente anular (305) y una parte interior generalmente cilíndrica (306), en la que se rebaja una cavidad anular (304). A través de un paso anular de gas (303) pueden difundirse gases a la abertura anular (302) desde la cual puede transportarse a la cavidad (304). La parte exterior (305) puede ser ajustable en relación con la parte interior (306), por ejemplo proporcionando un hilo u otro dispositivo de ajuste (no mostrado) en la parte inferior de la parte exterior (305), que además puede comprender medios de sujeción (no mostrados) para bloquear la parte exterior (305) en relación con la parte interior (306), cuando se ha obtenido el intervalo deseado entre ellos. Tal dispositivo de ultrasonidos puede generar una frecuencia de aproximadamente 22 kHz a una presión de gas de 4 atmósferas. Las moléculas del gas pueden así migrar hasta 33 µm aproximadamente 22.000 veces por segundo a una velocidad
65 de 4,5 m/s. Estos valores se incluyen solamente para dar una idea del tamaño y las proporciones del dispositivo de ultrasonidos y de ningún modo para limitar la realización mostrada.

La Figura 10 es una vista transversal a lo largo del diámetro del generador de ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia (101) en la Figura 9 que ilustra más claramente la forma de una abertura (302), un paso de gas (303) y una cavidad (304). Como se menciona en relación con la Figura 9, la abertura (302) es generalmente anular. El paso de gas (303) y la abertura (302) están definidos por la parte exterior esencialmente anular (305) y la parte interior esencialmente cilíndrica (306) dispuesta en su interior. El chorro de gas descargado desde la abertura (302) choca con la cavidad esencialmente circunferencial (304) formada en la parte interior (306), y luego sale del generador de ultrasonidos de alta intensidad (101). Como se mencionó anteriormente, la parte exterior (305) define el exterior del paso de gas (303) y se bisela adicionalmente en un ángulo de aproximadamente 30° a lo largo de la superficie exterior de su circunferencia interior formando la abertura del generador de ultrasonidos de alta intensidad, desde donde el chorro de gas puede expandirse cuando se difunde. Junto con un biselado correspondiente de aproximadamente 60° en la superficie interna de la circunferencia interna, el biselado anterior forma un borde circunferencial de ángulo agudo que define la abertura (302) externamente. La parte interior (306) tiene un biselado de aproximadamente 45° en su circunferencia exterior que mira hacia la abertura y define internamente la abertura (302). La parte exterior (305) puede ajustarse en relación con la parte interior (306), por lo que puede ajustarse la presión del chorro de gas que golpea la cavidad (304). La parte superior de la parte interior (306), en la que la cavidad (304) está rebajada, también está biselada en un ángulo de aproximadamente 45° para permitir que el chorro de gas oscilante se expanda en la abertura del generador de ultrasonidos de alta intensidad.

La Figura 11 ilustra esquemáticamente otra realización de un generador de onda acústica de alta intensidad y alta potencia en forma de un cuerpo alargado. Se muestra un generador de chorro de gas de ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia (101) que comprende un cuerpo alargado esencialmente en forma de raíl, donde el cuerpo es funcionalmente equivalente con las realizaciones mostradas en las Figuras 9 y 10. En esta realización, la parte exterior comprende una parte en forma de raíl (305), que junto con una otra parte en forma de raíl (306) forma un dispositivo de ultrasonidos (101). Se proporciona un paso de gas (303) entre la parte en forma de raíl (305) y la otra parte en forma de raíl (306). El paso de gas tiene una abertura (302) que transporta el gas emitido desde el conducto de gas (303) a una cavidad (304) prevista en la otra parte en forma de raíl (306). Una ventaja de esta realización es que un cuerpo con forma de raíl puede recubrir un área superficial mucho más grande que un cuerpo circular. Otra ventaja de esta realización es que el generador de onda acústica de alta intensidad y alta potencia puede fabricarse en un proceso de extrusión, con lo que se reduce el coste de los materiales.

La Figura 12 ilustra esquemáticamente una realización de un generador acústico de alta intensidad y alta potencia que comprende dos generadores. Se muestra un ejemplo de dos generadores de chorro de gas de ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia (101; 101'), un primero (101) y un segundo (101'), donde cada generador (101; 101') genera ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia (102) usando un medio gaseoso (121). El medio gaseoso (121) sale de cada generador (101) en una dirección principal indicada esquemáticamente por la flecha (A, A') en forma de cono, como se representa por el área rayada, hacia el plasma generado.

Las ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia (102) generadas por el primer generador (101) se propagan en una dirección principal como se indica esquemáticamente por las flechas (B) que es diferente a la dirección general del medio gaseoso (A) desde el primer generador (101) debido al diseño del generador de ondas acústicas de alta potencia (101).

Las ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia (102) generadas por el segundo generador (101') se propagan en una dirección general como se indica esquemáticamente por la flecha (B').

Un ejemplo de un generador de ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia que funciona de una manera como esta se muestra y explica en relación con la Figura 11. Este diseño genera ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia esencialmente en una línea (vista desde arriba), mientras que el diseño de las Figuras 9 y 10 genera ondas de forma esencialmente circular.

El primer (101) y el segundo generador de ondas acústicas de alta potencia (101') están situados uno con respecto al otro de modo que al menos una parte de las ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia (102) generadas a partir del segundo generador de ondas acústicas (101') tenga una dirección general (B') dirigida hacia al menos una parte del medio gaseoso (121) del primer generador de ondas acústicas (101) y que al menos una parte de las ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia (102) generadas a partir del primer generador de ondas acústicas (101) tenga una dirección general (B) que está dirigida hacia al menos una parte del medio gaseoso (121) desde el segundo generador de ondas acústicas (101').

Al dirigir las ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia generadas por el segundo generador (101) directamente hacia el medio gaseoso (121) desde el primer generador (101), la energía se suministra de la manera más directa posible para que influya directamente en el medio gaseoso (121) aumentando así la eficacia o la turbulencia del medio gaseoso.

Esto proporciona una configuración muy compacta y eficiente ya que el medio gaseoso de cada generador se ve reforzado por las ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia de otro generador que utiliza un total de solo dos

generadores.

Si se usase un solo generador (101), la diferencia entre las direcciones generales de las ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia (B o B') y la dirección general del medio gaseoso (A o A') para un solo generador (101) causaría una pérdida de eficiencia ya que las ondas acústicas no coinciden con el medio gaseoso (121).

La ubicación de los generadores (101; 101') en relación entre sí puede variar. Un ejemplo es, por ejemplo, cuando los dos generadores están uno frente al otro movidos o desplazados, pero donde las ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia aún influyen directamente en el medio gaseoso del otro generador.

En la Figura, los tamaños, direcciones, etc. mostrados de los conos (121; 102) no se relacionan con ninguna propiedad física específica, como la intensidad de la onda acústica, etc., sino que sirven solamente para fines ilustrativos. Las intensidades y/o la potencia de los dos generadores (101) pueden ser iguales o diferentes (siendo cualquiera de ellos uno mayor que el otro). Además, las formas, tamaños y direcciones pueden variar de una aplicación a otra.

La ubicación específica de uno de los generadores (101; 101') también puede variar en relación con el otro generador y puede, por ejemplo colocarse arriba o por encima de y/o por ejemplo enfrente, al otro generador (101); siempre que las ondas acústicas (102) de un generador (101) influyan directamente en el medio gaseoso (121) del otro generador (101) y viceversa.

Aunque este ejemplo particular muestra dos generadores, debe entenderse que una disposición dada puede comprender generadores adicionales.

El medio gaseoso (102) puede ser en general cualquier medio gaseoso. En una realización, el medio gaseoso (102) es vapor. En una realización alternativa, el medio gaseoso (102) comprende uno o más gases usados para crear el plasma.

Debe observarse que uno o más de los generadores acústicos mostrados en relación con la Figura 12 o cualquier otra Figura podría comprender uno o más reflectores, por ejemplo de forma generalmente parabólica o elíptica para dirigir la energía acústica a una región o mancha preferida.

Debe enfatizarse que el término "comprende/que comprende" cuando se usa en esta memoria descriptiva se considera que especifica la presencia de las características, números enteros, etapas o componentes indicados, pero no excluye la presencia o adición de una o más características, números enteros, etapas, componentes y/o grupos de los mismos.

En las reivindicaciones, los signos de referencia colocados entre paréntesis no se interpretarán como limitantes de la reivindicación. La palabra "que comprende" no excluye la presencia de elementos o etapas distintos de los enumerados en una reivindicación. La palabra "uno" o "una" que precede a un elemento no excluye la presencia de una pluralidad de tales elementos.

La invención puede implementarse mediante hardware que comprende varios elementos distintos, y por medio de un ordenador o procesador adecuadamente programado. En las reivindicaciones de sistema y dispositivo que enumeran varios medios, varios de estos medios pueden ser realizados por uno y el mismo elemento de hardware. El mero hecho de que se enumeren ciertas medidas en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que una combinación de estas medidas no se pueda utilizar con ventaja.

REIVINDICACIONES

1. Un método para mejorar una reacción en fase gaseosa en un plasma, que comprende:

- 5 - crear plasma (104) mediante al menos una fuente de plasma (106), y
- generar ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (102) que tienen una cantidad predeterminada de energía acústica mediante al menos un generador de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (101), donde dichas ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia están dirigidas a propagarse hacia dicho plasma (104) de manera que al menos una parte de dicha cantidad predeterminada de energía acústica se absorba en dicho plasma (104), y donde una potencia acústica de dichas ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (102) generadas sea de al menos esencialmente 100 W;

CARACTERIZADO por que:

- 15 - el generador de ondas acústicas (101) es un generador de chorro de gas de ondas acústicas;
- un nivel de presión sonora de las ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (102) generadas es al menos esencialmente de 140 dB; y
- 20 - las ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia generadas se propagan hacia una membrana (401) de modo que los gases utilizados por el al menos un generador de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (101) no se mezclen con uno o más gases (111) usados por dicha fuente de plasma (106) para crear dicho plasma (104).

2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho nivel de presión sonora de dichas ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (102) generadas es

- al menos esencialmente 150 dB,
- al menos esencialmente 160 dB,
- al menos esencialmente 170 dB,
- 30 - al menos esencialmente 180 dB,
- al menos esencialmente 190 dB, o
- al menos esencialmente 200 dB.

3. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 2, en el que dicha potencia acústica de dichas ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (102) generadas es

- al menos esencialmente 200 W,
- al menos esencialmente 300 W,
- 40 - al menos esencialmente 400 W,
- aproximadamente 400 W,
- mayor de esencialmente 400 W,
- al menos esencialmente 500 W,
- al menos esencialmente 1 kW, o
- 45 - seleccionado de aproximadamente 1 - 2 kW.

4. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 3, en el que dicha fuente de plasma (106) comprende al menos una fuente seleccionada de un grupo de: una fuente de plasma de descarga de barrera dieléctrica (DBD), una fuente de plasma de descarga superficial (SD), una fuente de plasma de descarga de volumen (VD), una fuente de plasma de soplete, un soplete de plasma de arco, un soplete de plasma de arco deslizante, un soplete de plasma frío, un soplete de tipo lápiz, una fuente de plasma de corriente continua, una fuente de plasma acoplado capacitivamente, una fuente de plasma pulsado, una fuente de plasma de magnetron, una fuente de plasma de resonancia de ciclotron de electrones, una fuente de plasma de acoplamiento inductivo, una fuente de plasma helicón, una fuente de plasma de resonador helicoidal, una fuente de plasma de microondas, una fuente de chorro de plasma a presión atmosférica (APPJ), un soplete de barrera, un soplete de microondas de arco, una fuente de plasma de descarga de corona, una fuente de microplasma, una fuente de plasma de baja presión y una fuente de plasma de alta presión.

5. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4, en el que una presión de gas de trabajo en una entrada de dicho al menos un generador de chorro de gas de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (101) está entre aproximadamente 1,9 y aproximadamente 5 bares.

6. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 5, en el que dicho plasma (104) se crea a presión atmosférica.

7. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 6, en el que dicha fuente de plasma (106)

comprende al menos un electrodo (103; 103') y en el que un electrodo (103') de dicho al menos un electrodo (103; 103') es un electrodo de tipo de malla.

- 5 8. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1 - 7, en el que las ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (102) generadas se generan usando un medio gaseoso (121) y donde las ondas acústicas (102) se dirigen hacia dicho plasma (104) y en donde dicho medio gaseoso (121) después de la salida de dicho al menos un generador de chorro de gas de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (101) se dirige alejándose de dicho plasma (104).
- 10 9. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 8, en el que una mezcla de gases (111) utilizada para crear el plasma (104) se suministra a al menos un electrodo (103; 103') de la fuente de plasma (106) esencialmente en una dirección en la que dichas ondas acústicas ultrasónicas se propagan hacia dicho plasma (104).
- 15 10. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 9, en el que dicho al menos un generador de chorro de gas de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (101) se selecciona del grupo de:
 - un generador de chorro de gas de tipo Hartmann,
 - un generador de chorro de gas de tipo Levavasseur,
 - 20 – un generador que comprende una parte exterior (305) y una parte interior (306) que definen un paso (303), una abertura (302) y una cavidad (304) dispuesta en la parte interior (306), donde dicho generador de chorro de gas de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (101) está adaptado para recibir un gas presurizado y pasar el gas presurizado a dicha abertura (302), desde la cual el gas presurizado se descarga en un chorro hacia la cavidad (304),
 - 25 – un generador de uno cualquiera de los tipos mencionados anteriormente, que incluye cualquier tipo de concentradores o reflectores de ondas acústicas.
- 30 11. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 10, en el que se somete un artículo alimenticio al plasma (104), donde la creación del plasma (104) genera radicales químicos y esteriliza el artículo alimenticio.
- 35 12. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 11, en el que dicha generación de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (102) comprenden:
 - generar ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia (102) mediante un primer generador de ondas acústicas (101) que utiliza un medio gaseoso (121), donde el medio gaseoso (121), después de salir del primer generador de ondas acústicas (101), tiene una primera dirección principal (A) que es diferente de una segunda dirección principal (B) de las ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia (102) generadas por el primer generador de ondas acústicas (101),
 - 40 – generar ondas acústicas de alta intensidad y alta potencia (102) mediante un segundo generador de ondas acústicas (101'),
 - donde el primer (101) y el segundo generadores de ondas acústicas (101') están situados uno con respecto al otro de manera que al menos una parte de las ondas acústicas de alta intensidad (102) generadas, siendo estas generadas por dicho segundo generador de ondas acústicas (101'), se dirige hacia al menos una parte del medio gaseoso (12) después de salir de dicho primer generador de ondas acústicas (101).
 - 45
- 50 13. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 12, en el que dicho plasma (104) se usa en un proceso seleccionado del grupo de:
 - generación de ozono,
 - producción de hidrógeno,
 - limpieza de gases de escape,
 - control de la contaminación,
 - eliminación de olores,
 - 55 - conversión de combustible,
 - esterilización, y
 - oxidación.
- 60 14. Un sistema para mejorar una reacción en fase gaseosa en un plasma, que comprende:
 - al menos una fuente de plasma (106) adaptada para crear plasma (104),
 - al menos un generador de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (101) adaptado para generar ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (102) que tienen una cantidad predeterminada de energía acústica y que se dirigen para propagarse hacia dicho plasma (104) de modo que al menos una parte de dicha cantidad predeterminada de energía acústica se absorbe en dicho plasma (104), y
 - 65

donde una potencia acústica de dichas ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (102) generadas es de al menos 100 W;

CARACTERIZADO por que:

- 5
 - el generador de ondas acústicas (101) es un generador de chorro de gas de ondas acústicas;
 - un nivel de presión sonora de dichas ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (102) es al menos esencialmente de 140 dB; y
 - el sistema comprende además una membrana (401), en donde el sistema está adaptado para propagar las
- 10 ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia generadas hacia la membrana (401) de modo que cualquier gas utilizado por al menos un generador de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (101) no se mezcla con uno o más gases (111) usados por dicha fuente de plasma (106) para crear dicho plasma (104).
- 15 15. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 14, en el que el nivel de presión sonora de dichas ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (102) generadas es
 - al menos esencialmente 150 dB,
 - al menos esencialmente 160 dB,
 - 20 - al menos esencialmente 170 dB,
 - al menos esencialmente 180 dB,
 - al menos esencialmente 190 dB, o
 - al menos esencialmente 200 dB.
- 25 16. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 14 - 15, en el que dicha potencia acústica de dichas ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (102) generadas es
 - al menos esencialmente 200 W,
 - al menos esencialmente 300 W,
 - 30 - al menos esencialmente 400 W,
 - aproximadamente 400 W,
 - mayor de esencialmente 400 W,
 - al menos esencialmente 500 W,
 - al menos esencialmente 1 kW, o
 - 35 - seleccionado de aproximadamente 1 y 2 kW.
- 40 17. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 14 - 16, en el que dicha fuente de plasma (106) comprende al menos una fuente seleccionada de un grupo de: una fuente de plasma de descarga de barrera dieléctrica (DBD), una fuente de plasma de descarga superficial (SD), una fuente de plasma de descarga de volumen (VD), una fuente de plasma de soplete, un soplete de plasma de arco, un soplete de plasma de arco deslizante, un soplete de plasma frío, un soplete de tipo lápiz, una fuente de plasma de corriente continua, una fuente de plasma acoplado capacitivamente, una fuente de plasma pulsado, una fuente de plasma de magnetrón, una fuente de plasma de resonancia de ciclotrón de electrones, una fuente de plasma de acoplamiento inductivo, una fuente de plasma helicón, una fuente de plasma de resonador helicoidal, una fuente de plasma de microondas,
- 45 una fuente de chorro de plasma a presión atmosférica (APPJ), un soplete de barrera, un soplete de microondas de arco, una fuente de plasma de descarga de corona, una fuente de microplasma, una fuente de plasma de baja presión y una fuente de plasma de alta presión.
- 50 18. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 14 - 17, en el que una presión de gas de trabajo en una entrada de dicho al menos un generador de chorro de gas de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (101) está entre aproximadamente 1,9 y aproximadamente 5 bares.
- 55 19. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 14 - 18, en el que dicho plasma (104) se crea a presión atmosférica.
- 60 20. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 14 - 19, en el que dicha fuente de plasma (106) comprende al menos un electrodo (103; 103') y en el que un electrodo (103') de dicho al menos un electrodo (103; 103') es un electrodo de tipo de malla.
- 65 21. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 14 - 20, en el que las ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (102) generadas se generan usando un medio gaseoso (121) y donde las ondas acústicas (102) se dirigen hacia dicho plasma (104) y en el que dicho medio gaseoso (121) después de salir de dicho al menos un generador de chorro de gas de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (101) se dirige alejándose de dicho plasma (104).
22. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 14 - 21, en el que dicha fuente de plasma

(106) comprende al menos un electrodo (103; 103') y en el que una mezcla de gases (111) usada para crear el plasma (104) se suministra a al menos un electrodo (103; 103') esencialmente en una dirección en la que dichas ondas acústicas ultrasónicas se propagan hacia dicho plasma (104).

5 23. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 14 - 22, en el que dicho al menos un generador de chorro de gas de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (101) se selecciona del grupo de:

- 10 - un generador de chorro de gas de tipo Hartmann,
- un generador de chorro de gas de tipo Levavasseur,
- un generador que comprende una parte exterior (305) y una parte interior (306) que definen un paso (303), una abertura (302) y una cavidad (304) dispuesta en la parte interior (306), donde dicho generador de choro de gas de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (101) está adaptado para recibir un gas presurizado y pasar el gas presurizado a dicha abertura (302), desde la cual el gas presurizado se descarga en
- 15 - un generador de uno cualquiera de los tipos mencionados anteriormente, que incluye cualquier tipo de concentradores o reflectores de ondas acústicas.

20 24. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 14 - 23, en el que se somete un artículo alimenticio al plasma (104) donde la creación del plasma (104) genera radicales químicos y esteriliza el artículo alimenticio.

25 25. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 14 - 24, en el que dicho al menos un generador de chorro de gas de ondas acústicas ultrasónicas de alta intensidad y alta potencia (101) comprende

- un primer generador de ondas acústicas (101) para generar ondas acústicas de alta intensidad (102) usando un medio gaseoso (101) donde el medio gaseoso (101) después de salir de dicho primer generador de ondas acústicas (101) tiene una primera dirección principal (A) que es diferente de una segunda dirección principal (B) de ondas acústicas de alta intensidad (102) generadas por dicho primer generador de ondas acústicas (101), y
- 30 - al menos un segundo generador de ondas acústicas (101') para generar ondas acústicas de alta intensidad (102),

35 donde dichos primer (101) y segundo (101') generadores de ondas acústicas están situados uno con respecto al otro de manera que al menos una parte de las ondas acústicas de alta intensidad (102) generadas, siendo generadas por uno de dicho primer (101) y un segundo (101') generador de ondas acústicas, se dirige hacia al menos una parte del medio gaseoso (101) después de salir del otro de dicho primer (101) y dicho segundo (101') generador de ondas acústicas.

40 26. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 14 - 25, en el que dicho plasma (104) se usa en un proceso seleccionado del grupo de:

- generación de ozono,
- producción de hidrógeno,
- 45 - limpieza de gases de escape,
- control de la contaminación,
- eliminación de olores,
- conversión de combustible,
- esterilización, y
- 50 - oxidación.

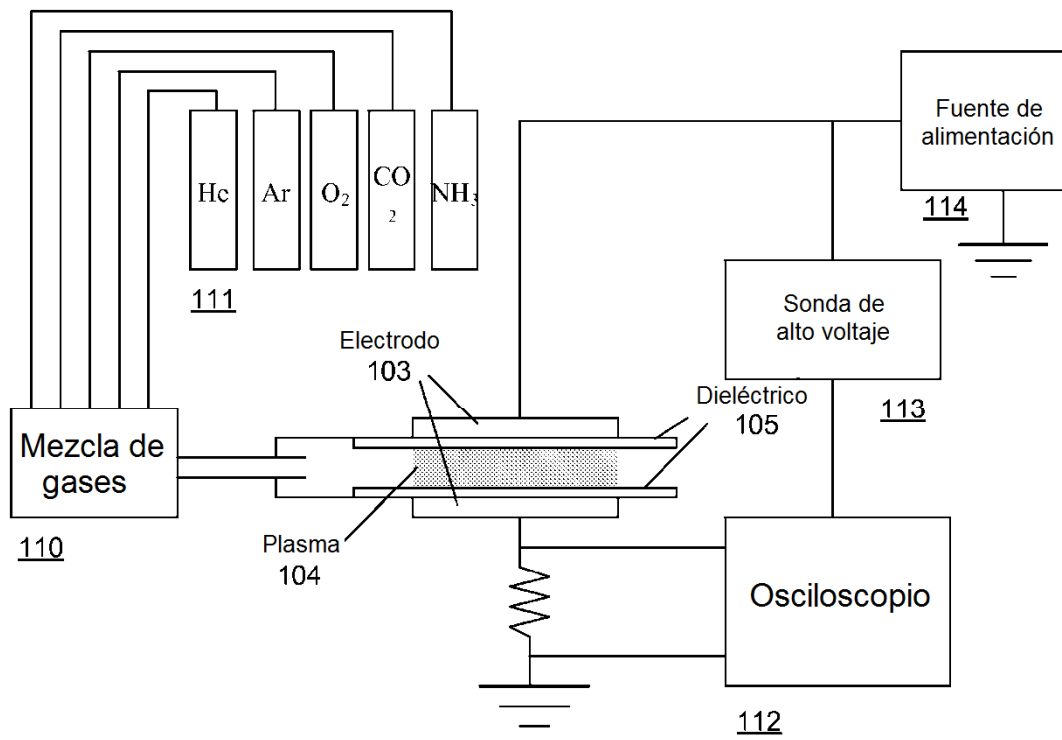


Figura 1

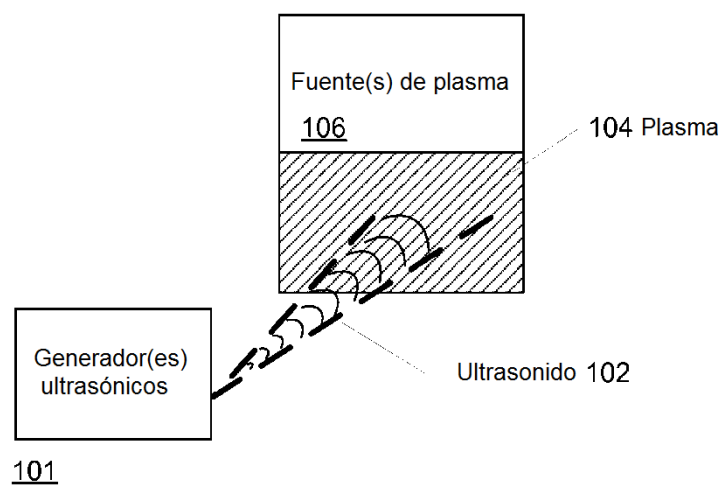


Figura 2

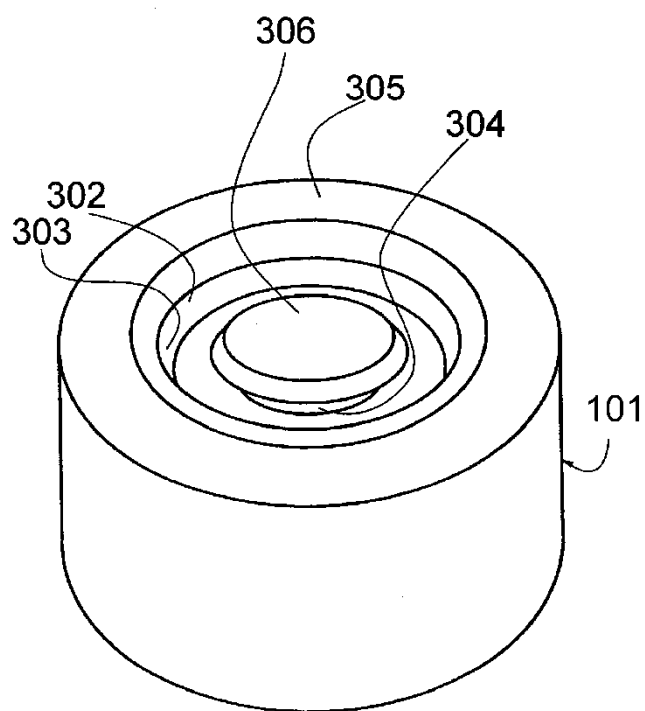


Figura 9

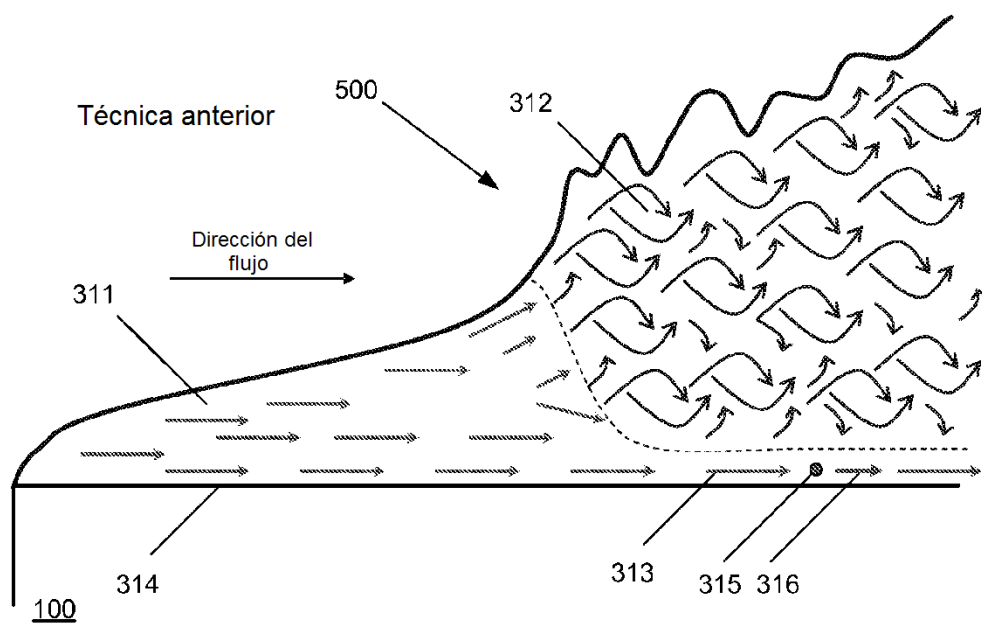


Figura 3a

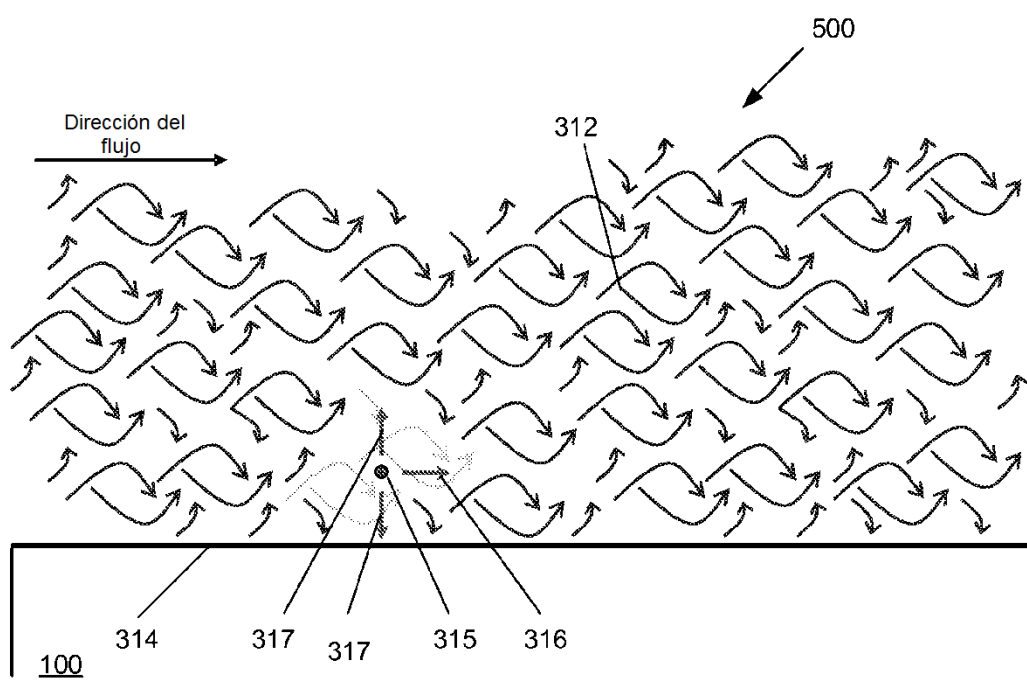
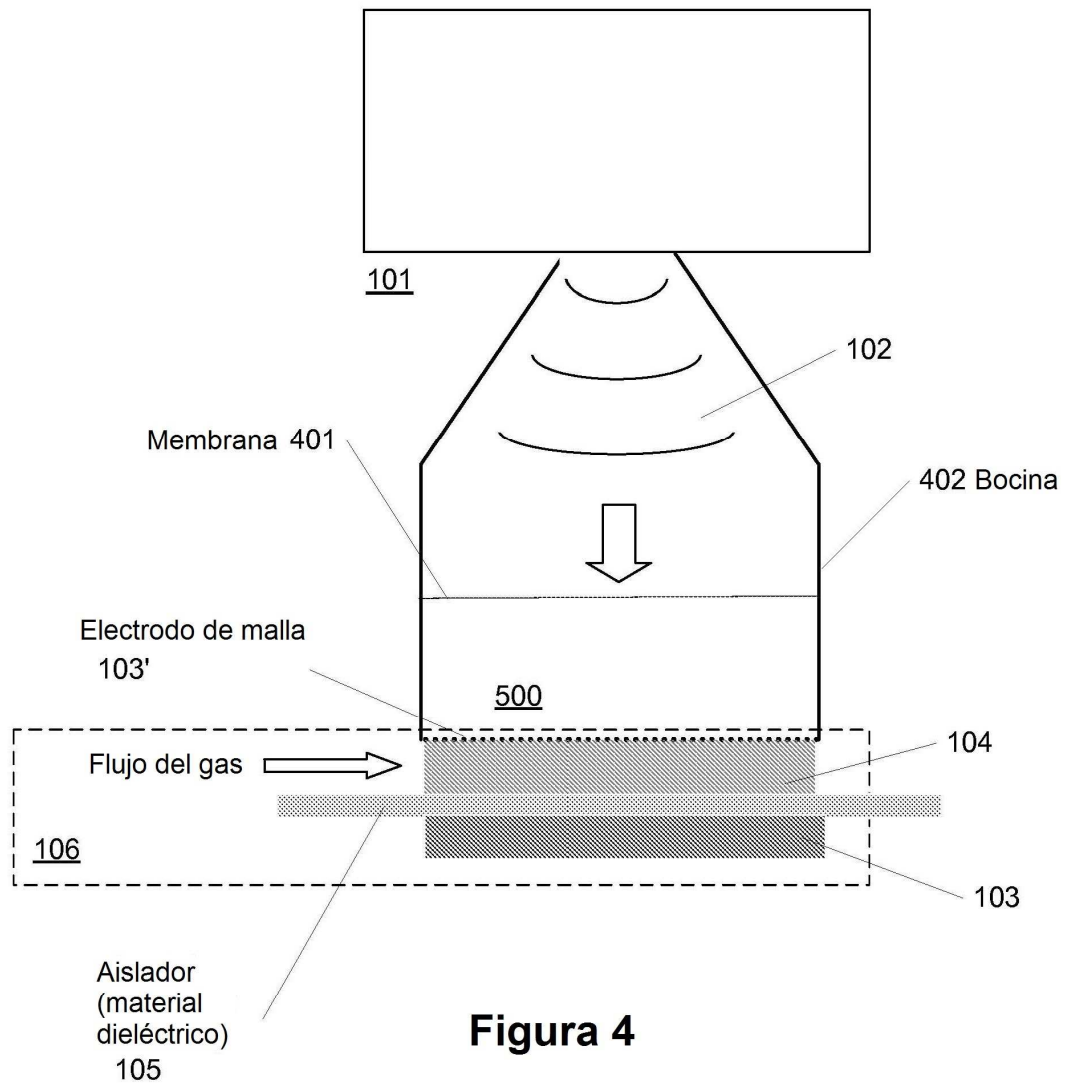


Figura 3b



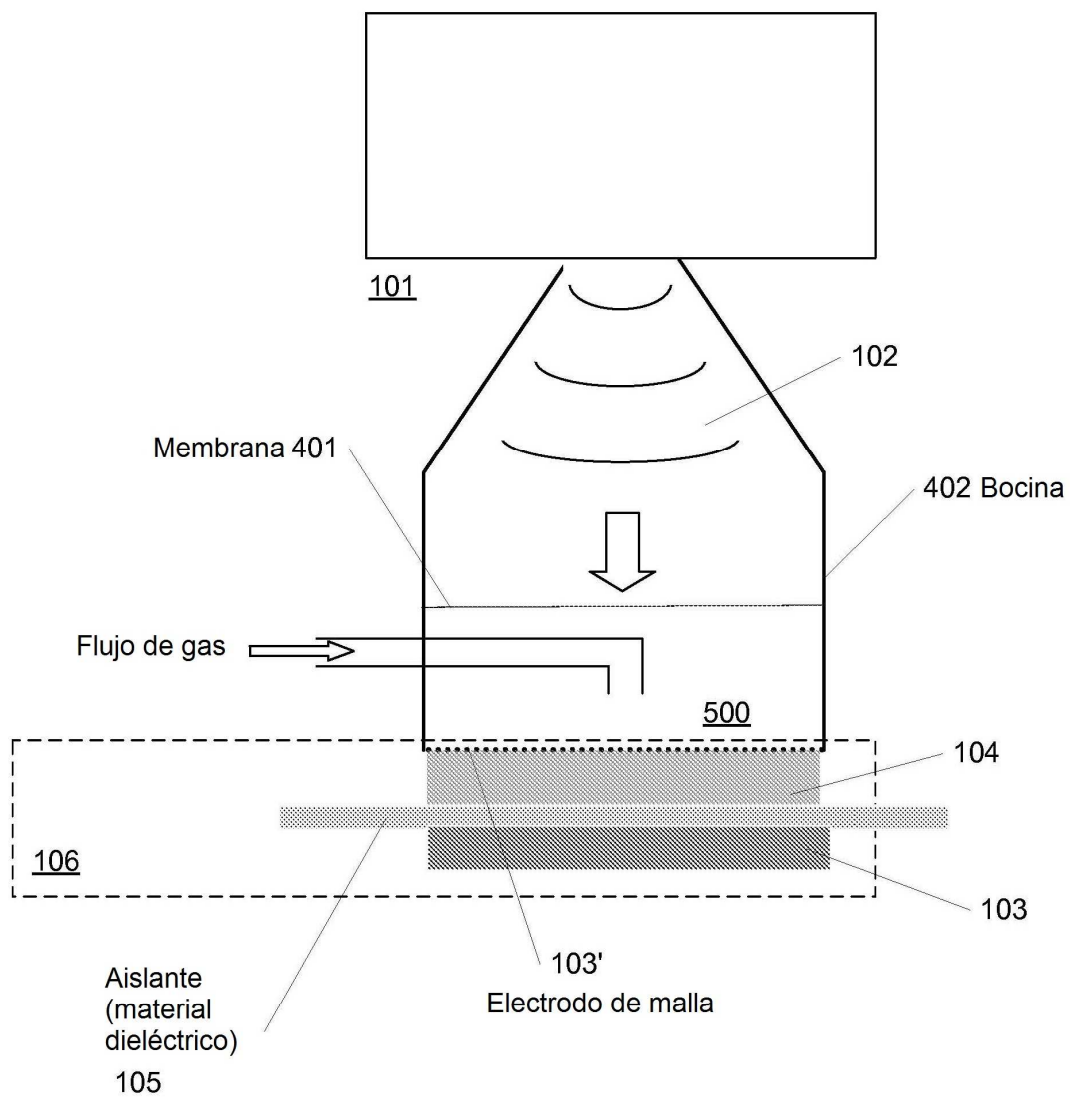


Figura 5

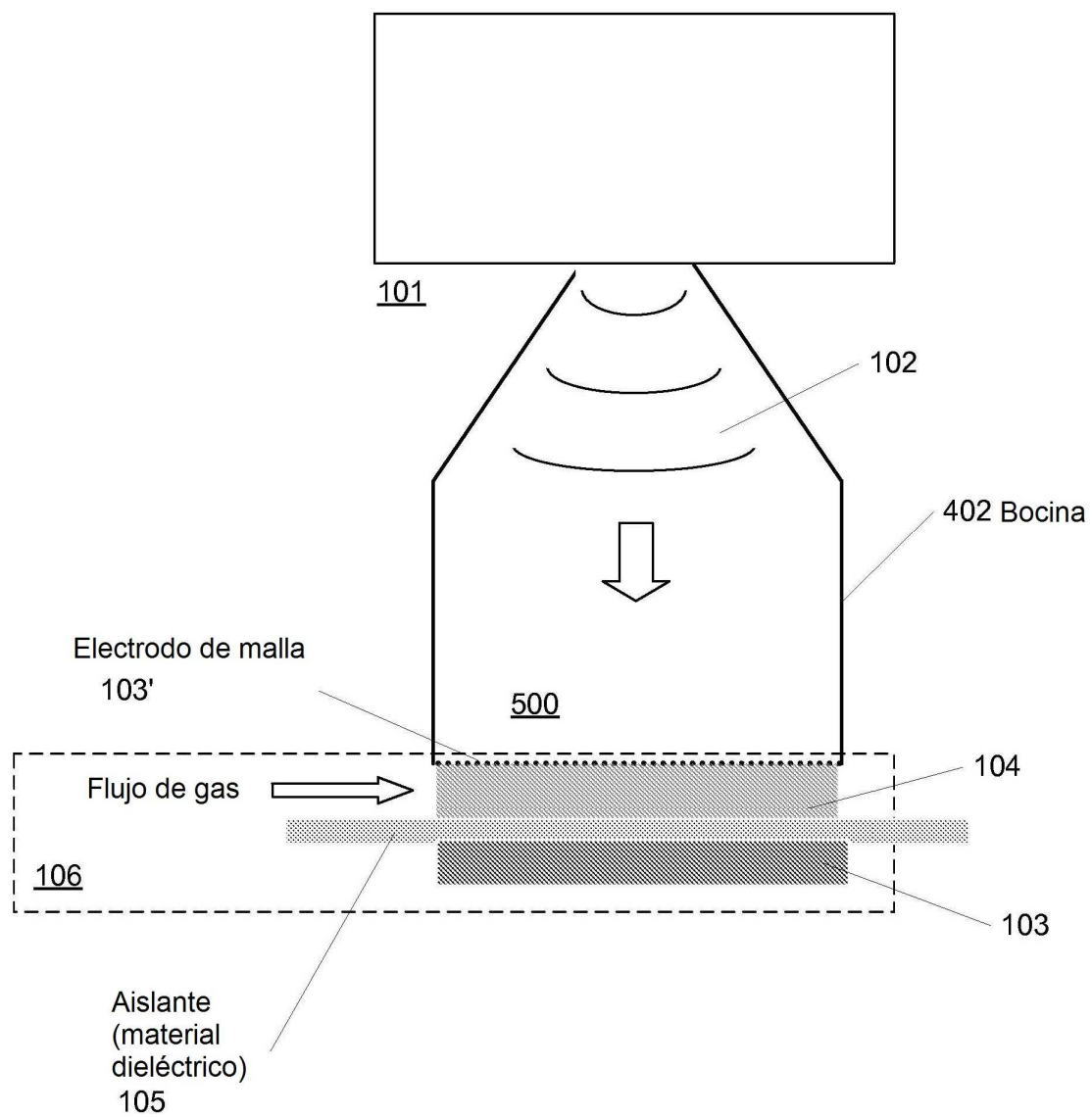


Figura 6

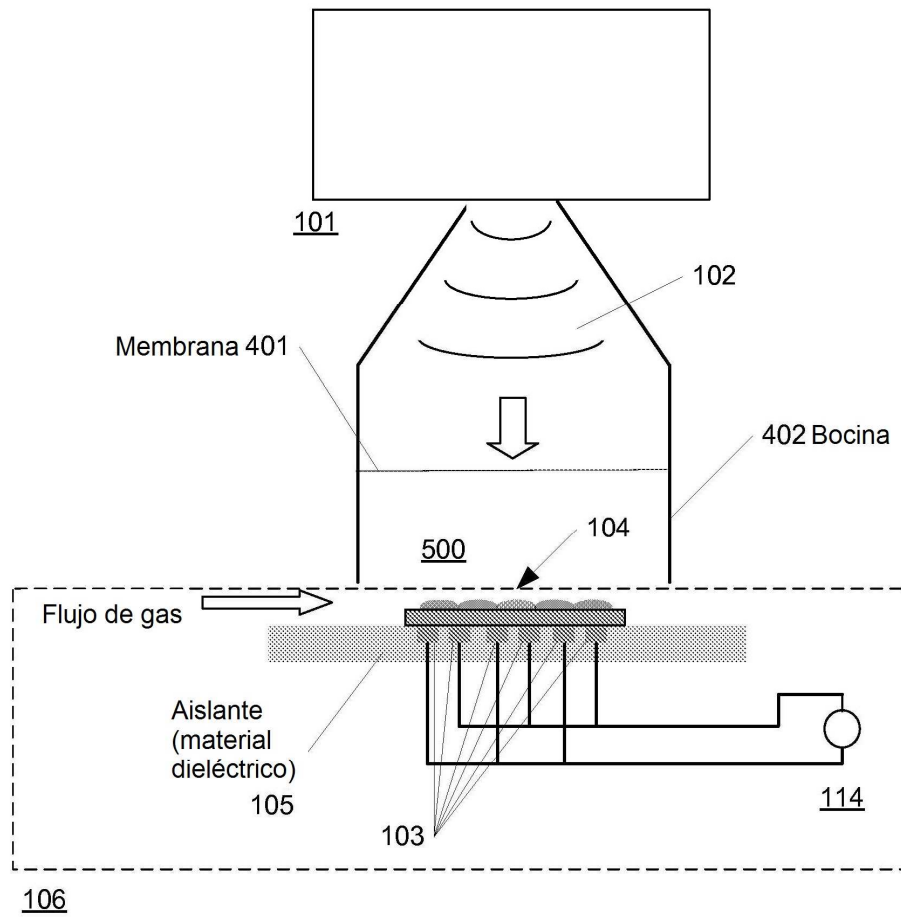


Figura 7

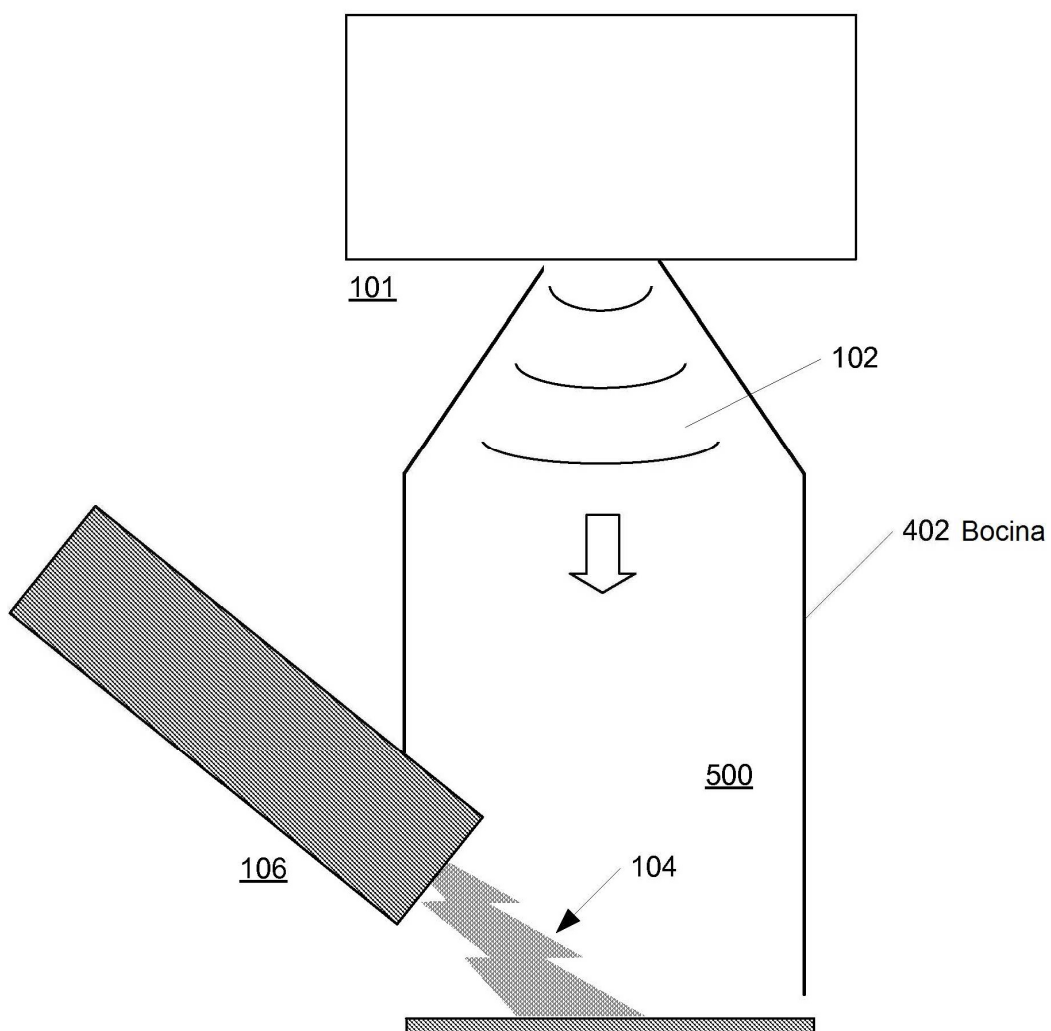


Figura 8

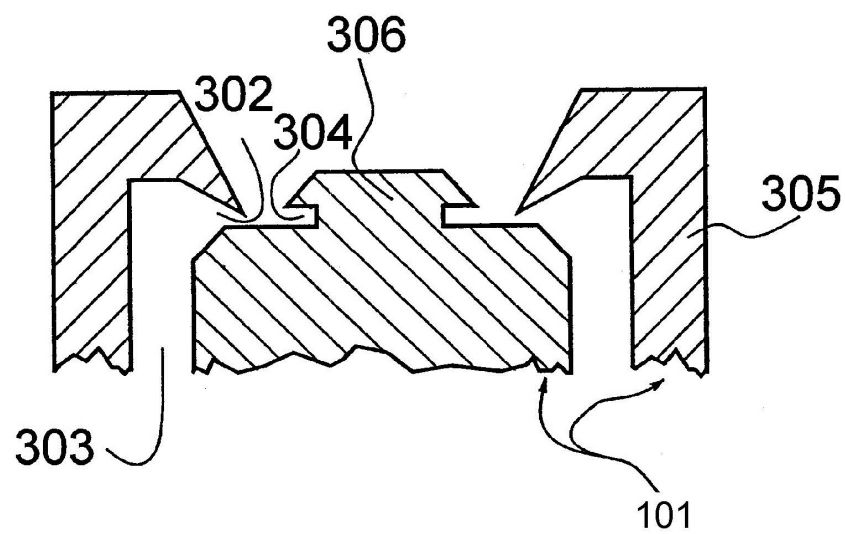


Figura 10

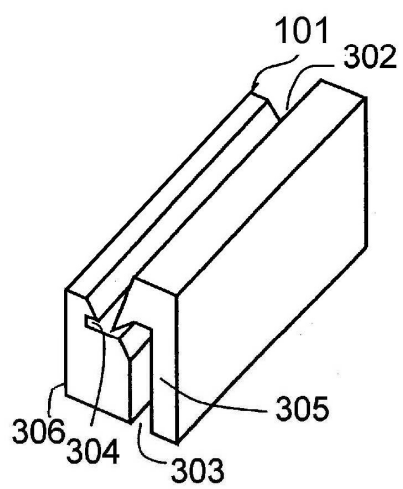


Figura 11

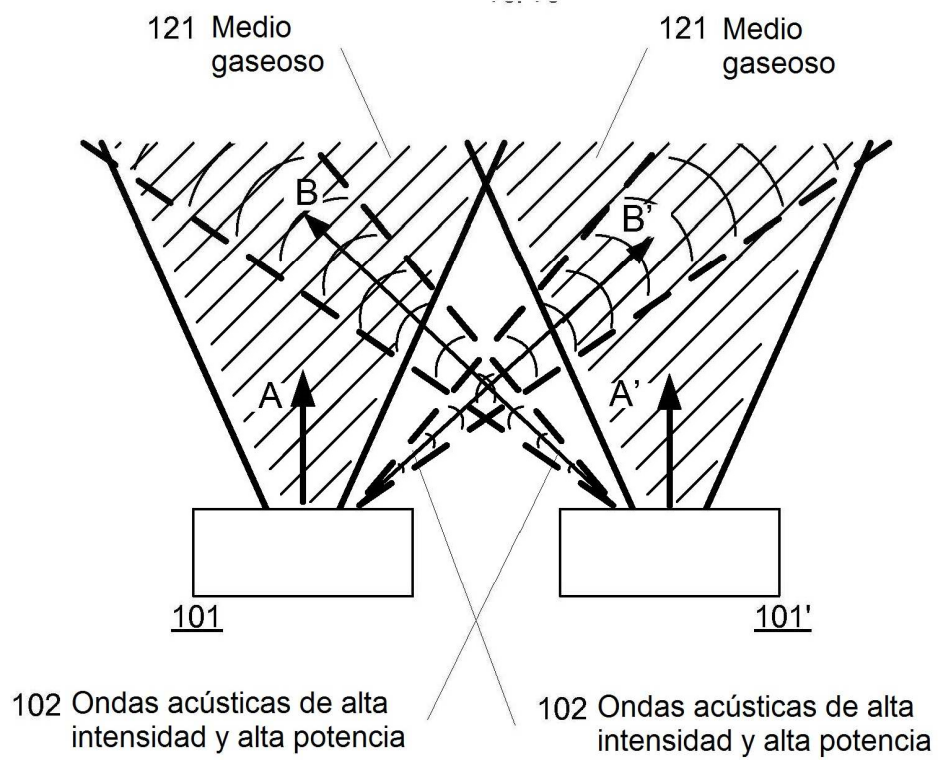


Figura 12