

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 765 052**

51 Int. Cl.:

C02F 1/467	(2006.01)
C02F 1/46	(2006.01)
C02F 1/72	(2006.01)
H05H 1/24	(2006.01)
H05H 1/46	(2006.01)
H05H 1/48	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.05.2012 PCT/KR2012/004073**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.12.2012 WO12165799**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.05.2012 E 12792771 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2019 EP 2716606**

54 Título: **Dispositivo de plasma capilar sumergible**

30 Prioridad:

31.05.2011 KR 20110052089

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

05.06.2020

73 Titular/es:

**KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE (100.0%)
169-148 Eoeun-dong Gwahak-ro Yuseong-gu
Daejeon 305-806, KR**

72 Inventor/es:

**HONG, YONG CHEOL;
KIM, YE JIN;
LEE, SANG JU y
LEE, BONG JU**

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 765 052 T3

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

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de plasma capilar sumergible

5 REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

[0001] Esta solicitud reivindica la prioridad y el beneficio de la Solicitud de Patente de la República de Corea N.º 10-2011-0052089, presentada el 31 de mayo de 2011.

10 ANTECEDENTES

[Campo técnico]

15 **[0002]** La presente invención se refiere a un dispositivo de plasma capilar sumergible, y más particularmente, a la tecnología para purificar eficazmente el agua contaminada equipando un electrodo de descarga de plasma capilar sumergible con un canal de gas, en particular, un dispositivo de plasma capilar sumergible según el preámbulo de la reivindicación 1, que se conoce a partir del documento US 2005/189278 A1.

[Técnica anterior]

20

[0003] En los últimos años, se han realizado investigaciones sobre diversos procedimientos para la purificación de agua contaminada y la eliminación de bacterias. Por ejemplo, estos procedimientos incluyen un procedimiento que usa ozono, un procedimiento para añadir un producto químico tal como ácido hipocloroso (HClO) al agua contaminada, un procedimiento que usa rayos ultravioleta, un procedimiento que usa tratamiento térmico, y similares.

25

[0004] Sin embargo, dichos procedimientos tienen problemas porque no se puede obtener el rendimiento de purificación suficiente de los procedimientos, se pueden requerir costes excesivos para desechar el agua contaminada, o se pueden causar efectos secundarios inesperados. Por lo tanto, existe una creciente demanda de procedimientos para purificar eficientemente el agua contaminada y eliminar microorganismos tales como bacterias.

30

[Descripción]

[Problema técnico]

35 **[0005]** Por consiguiente, la presente invención está diseñada para resolver los problemas de la técnica anterior, y es un objeto de la presente invención proporcionar un dispositivo de plasma capilar sumergible que tenga un canal de gas capaz de purificar agua contaminada de manera estable y eficaz utilizando descarga de plasma capilar sumergible.

40 [Solución técnica]

[0006] Según un aspecto de la presente invención, se proporciona un dispositivo de plasma capilar sumergible con las características de la reivindicación de patente 1, que incluye una unidad de alimentación configurada para suministrar una fuente de alimentación, un electrodo de descarga configurado para recibir la fuente de alimentación suministrada desde la unidad de fuente de alimentación, e inducir la descarga de plasma capilar dentro de un fluido, y una unidad de suministro de gas configurada para inyectar un gas auxiliar en el electrodo de descarga.

45

[Efectos ventajosos]

50 **[0007]** Según realizaciones ejemplares de la presente invención, dado que el electrodo de descarga de plasma capilar sumergible está equipado con un canal de gas, se pueden generar especies de plasma a partir de la descomposición del agua causada por la descarga de plasma, y se pueden generar diversas especies reactivas químicas según el gas auxiliar inyectado, eliminando de este modo eficazmente los contaminantes sumergibles. Además, cuando se inyecta un gas como se describe en el presente documento, las especies reactivas generadas por la descarga de plasma se pueden aumentar en concentración y vida útil en el fluido para que se pueda maximizar un efecto de purificación usando plasma. Además, cuando el gas auxiliar se suministra como se ha descrito anteriormente, el plasma puede generarse incluso con una fuente de alimentación más pequeña, en comparación con cuando el gas auxiliar no se inyecta, reduciendo así el consumo de energía para la purificación del fluido.

55

60 [Descripción de los dibujos]

[0008]

La FIG. 1 es un diagrama de bloques que ilustra un dispositivo de plasma capilar sumergible 100

65

La FIG. 2 es un diagrama que muestra un primer ejemplo de un electrodo de descarga 104 y una unidad de

suministro de gas 106 del dispositivo de plasma capilar sumergible 100.

La FIG. 3 es un diagrama que muestra un segundo ejemplo del electrodo de descarga 104 y la unidad de suministro de gas 106 del dispositivo de plasma capilar sumergible 100.

5 La FIG. 4 es un diagrama que muestra una realización ejemplar del electrodo de descarga 104 y la unidad de suministro de gas 106 del dispositivo de plasma capilar sumergible 100 según la presente invención.

La FIG. 5 es un diagrama que muestra un tercer ejemplo del electrodo de descarga 104 y la unidad de suministro de gas 106 del dispositivo de plasma capilar sumergible 100.

La FIG. 6 es un diagrama que muestra la concentración de especies reactivas generadas dentro de un fluido cuando se suministra un gas a la unidad de suministro de gas 106.

10 La FIG. 7 es un diagrama que muestra la concentración de especies reactivas generadas dentro de un fluido cuando se suministra gas nitrógeno (N₂) a la unidad de suministro de gas 106.

La FIG. 8 es un diagrama que muestra la concentración de especies reactivas generadas dentro de un fluido cuando se suministra aire a la unidad de suministro de gas 106.

15 La FIG. 9 es un gráfico que ilustra la comparación del contenido de Cl total en el fluido cuando se inyectan diversos tipos de gases en la unidad de suministro de gas 106.

La FIG. 10 es un gráfico que ilustra los resultados obtenidos al comparar los números de células de *E. coli* según los gases suministrados a la unidad de suministro de gas 106.

[Mejor modo]

20

[0009] En lo sucesivo en el presente documento, la realización ejemplar preferida de la presente invención se describirá en más detalle con referencia a los dibujos adjuntos. Sin embargo, la descripción propuesta en el presente documento es solo un ejemplo preferible con el fin de ilustración solamente, no destinada a limitar el alcance de la invención.

25

[0010] Al describir la presente invención, se omitirán las descripciones detalladas con respecto a las funciones o construcciones conocidas de la presente invención cuando se considere que las descripciones detalladas aclaran la esencia de la presente invención. Además, la terminología utilizada en el presente documento se define en consideración de las funciones o construcciones en la presente invención, y puede alterarse según las intenciones y prácticas de los usuarios u operadores. Por consiguiente, las definiciones de estos términos, por lo tanto, pueden determinarse basándose en el contenido a lo largo de toda la memoria descriptiva.

30

[0011] Por lo tanto, el alcance de esta invención debe determinarse por las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes legales. Por lo tanto, se apreciará que el alcance de la presente invención abarca completamente otras realizaciones que pueden resultar obvias para los expertos en la técnica a la que pertenece la presente invención.

35

[0012] La FIG. 1 es un diagrama de bloques que ilustra un dispositivo de plasma capilar sumergible ejemplar 100.

40

[0013] Como se muestra en la FIG. 1, el dispositivo de plasma capilar sumergible 100 según un ejemplo incluye una unidad de fuente de alimentación 102, un electrodo de descarga 104 y una unidad de suministro de gas 106.

[0014] La unidad de fuente de alimentación 102 sirve para recibir una fuente de alimentación (por ejemplo, una fuente de alimentación de corriente alterna (CA) común), convertir la fuente de alimentación en una fuente de corriente continua (CC) o CA que tenga una tensión con un tamaño predeterminado, y emitir la fuente de alimentación de CC o CA. Aunque en este ejemplo se muestra un ejemplo de un circuito configurado para convertir una fuente de alimentación de entrada externa en una fuente de alimentación de CC que tiene una tensión predeterminada como se muestra en la FIG. 1, la unidad de fuente de alimentación 102 también puede usarse en un circuito configurado para emitir la fuente de alimentación de CA. En este ejemplo, la unidad de fuente de alimentación 102 puede configurarse para incluir un transformador 108 y un rectificador 110, ambos de los cuales están configurados para amplificar la tensión de la fuente de alimentación de entrada. Sin embargo, este es simplemente un ejemplo con fines ilustrativos, la unidad de fuente de alimentación 102 puede configurarse para tener una forma adecuada según el tipo y la tensión de la fuente de alimentación a introducir, y el tipo de fuente de energía a emitir, y similares.

45

50

55

[0015] El electrodo de descarga 104 sirve para purificar un fluido 112 tal como agua contaminada recibiendo la fuente de alimentación suministrada desde la unidad de fuente de alimentación 102, e induciendo la descarga de plasma capilar 114 dentro del fluido contaminado 112. El plasma generado por dicha descarga de plasma capilar descompone moléculas de agua en el fluido 112 para generar especies reactivas tales como OH⁻, O, H, H₂O₂, HO₂, HClO, Cl₂, HCl, y similares. En este caso, las especies reactivas generadas sirven para eliminar contaminantes (es decir, compuestos orgánicos volátiles, microorganismos, algas, etc.) en el fluido.

60

[0016] La unidad de suministro de gas 106 sirve para inyectar un gas auxiliar en el fluido 112 en el que tiene lugar la descarga de plasma capilar por medio del electrodo de descarga 104. Los ejemplos de tal gas auxiliar pueden incluir ozono (O₃), oxígeno (O₂), nitrógeno (N₂), argón (Ar), helio (He), aire y una mezcla de los mismos. Aquí, también puede usarse peróxido de hidrógeno (H₂O₂) en una fase líquida en la unidad de suministro de gas 106. Por lo tanto,

65

el gas auxiliar inyectado se suministra al plasma generado en el electrodo de descarga 104, ayudando así a generar el plasma y purificar el fluido 112 usando el plasma. Es decir, cuando el gas auxiliar se inyecta como se ha descrito anteriormente, las especies reactivas en el fluido 112 pueden aumentar en concentración y vida útil en el fluido, en comparación con cuando el gas auxiliar no se inyecta. Por lo tanto, se puede maximizar un efecto de purificación del fluido 112 por el plasma. Además, cuando el gas auxiliar se suministra como se ha descrito anteriormente, el plasma puede generarse incluso con una fuente de alimentación más pequeña, en comparación con cuando el gas auxiliar no se inyecta, reduciendo así el consumo de energía para la purificación del fluido.

5
10 **[0017]** La FIG. 2 es un diagrama que muestra un primer ejemplo de un electrodo de descarga 104 y una unidad de suministro de gas 106 del dispositivo de plasma capilar sumergible 100.

[0018] Como se muestra en la FIG. 2, el electrodo de descarga 104 está configurado para incluir una punta metálica 200 y un tubo dieléctrico 202.

15 **[0019]** La punta metálica 200 está conectada eléctricamente a un terminal de salida de la unidad de fuente de alimentación 102, y puede estar formada por un material metálico, por ejemplo, al menos uno seleccionado del grupo que consiste en tungsteno, molibdeno, titanio y acero inoxidable (SUS). Tal material que forma la punta metálica 200 puede determinarse teniendo en cuenta la forma y el tamaño de la punta metálica 200, la procesabilidad o el coste del material metálico, y similares. Por ejemplo, la punta metálica 200 puede estar formada por acero inoxidable que tiene buena capacidad de procesamiento, y una porción final de la punta metálica 200 en la que el plasma que se genera puede estar formado por tungsteno que tiene una alta resistencia al desgaste.

20 **[0020]** El tubo dieléctrico 202 está conformado en una forma cilíndrica para rodear la punta metálica 200, y sobresale de un extremo de la punta metálica 200 en una cierta longitud (d). Es decir, se forma una porción final de la punta metálica 200 de manera que la porción final se pueda rebajar hacia dentro desde el tubo dieléctrico 202 por la longitud (d). La longitud (d) puede determinarse adecuadamente teniendo en cuenta las espumas finas generadas en el interior del tubo dieléctrico 202, y un efecto de descarga que tiene lugar en las espumas finas, y por lo tanto, puede estar en un intervalo de aproximadamente 2 mm a 4 mm. Tal tubo dieléctrico 202 puede estar formado, por ejemplo, por alúmina o cuarzo. El tubo dieléctrico 202 puede formarse con un diámetro (a) de aproximadamente 2 mm a 4 mm.

30 **[0021]** Mientras tanto, la unidad de suministro de gas 106 incluye una tubería de suministro de gas 204 configurada para suministrar un gas auxiliar a un fluido. De acuerdo con este ejemplo, el tubo de suministro de gas 204 se forma a través de la punta metálica 200 en una dirección longitudinal y, por lo tanto, está configurado para suministrar directamente el gas auxiliar al plasma generado en la porción final de la punta metálica 200. El tubo de suministro de gas 204 puede formarse con un diámetro (b) de aproximadamente 0,7 mm a 1,2 mm.

[0022] La FIG. 3 es un diagrama que muestra un segundo ejemplo del electrodo de descarga 104 y la unidad de suministro de gas 106 del dispositivo de plasma capilar sumergible 100.

40 **[0023]** Como en el primer ejemplo, este ejemplo también está configurado para incluir una punta metálica 300, un tubo dieléctrico 302 y una tubería de suministro de gas 304. Como se muestra en la FIG. 3, en comparación con el primer ejemplo, la forma del tubo de suministro de gas 304 es diferente de la del tubo de suministro de gas 204. En este ejemplo, una porción final del tubo de suministro de gas 304 que entra en contacto con el fluido tiene un diámetro ahusado. Es decir, en la FIG. 3, se establece la relación de $c > b$ (en la que c representa un diámetro interno del tubo de suministro de gas 304, y b representa un diámetro de una porción de salida de gas del tubo de suministro de gas 304). Como se ha descrito anteriormente, cuando la porción final del tubo de suministro de gas 304 puede tener un diámetro ahusado, el caudal del gas auxiliar puede aumentar en la porción correspondiente, lo que hace posible suministrar el gas auxiliar al plasma más suavemente.

45 **[0024]** La FIG. 4 es un diagrama que muestra una realización ejemplar del electrodo de descarga 104 y la unidad de suministro de gas 106 del dispositivo de plasma capilar sumergible 100 según la presente invención.

50 **[0025]** Como en el primer y segundo ejemplos, esta realización ejemplar también está configurada para incluir una punta metálica 400, un tubo dieléctrico 402 y una tubería de suministro de gas 404. Sin embargo, la forma del tubo dieléctrico 402 es diferente de las de los tubos dieléctricos 202 y 302, en comparación con el primer y segundo ejemplos. Es decir, en el caso de esta realización ejemplar, un extremo 406 del tubo dieléctrico 402 que entra en contacto con el fluido está formado de manera que el extremo 406 del tubo dieléctrico 402 está inclinado en una dirección que se extiende desde una superficie circunferencial interna a una superficie circunferencial exterior de un cilindro que constituye el tubo dieléctrico 402. Cuando se forma un plano inclinado en una porción final del tubo dieléctrico 402 como se ha descrito anteriormente, el desgaste del tubo dieléctrico 402 por el plasma puede reducirse. Mientras tanto, la tubería de suministro de gas 404 se muestra en la FIG. 4 para que la forma del tubo de suministro de gas 404 pueda ser idéntica a la del tubo de suministro de gas 304 según el segundo ejemplo. Sin embargo, este es simplemente un ejemplo con fines ilustrativos, y también se puede usar en el presente documento una tubería de suministro de gas que tenga la forma que se muestra en la FIG. 2.

65

[0026] La FIG. 5 es un diagrama que muestra un tercer ejemplo del electrodo de descarga 104 y la unidad de suministro de gas 106 del dispositivo de plasma capilar sumergible 100.

[0027] Según este ejemplo, la tubería de suministro de gas 404 no se forma a través del interior de una punta metálica 500, sino que se forma en forma cilíndrica para rodear el tubo dieléctrico 502. Cuando la tubería de suministro de gas 504 se forma como se ha descrito anteriormente, un gas auxiliar no se inyecta directamente en el plasma generado en una porción final de la punta metálica 500, sino que se suministra de tal manera que el gas auxiliar rodee el plasma.

10 **[0028]** Las FIGS. 6 a 10 son diagramas que ilustran los efectos del dispositivo de plasma capilar sumergible 100.

[0029] En primer lugar, la FIG. 6 es un diagrama que muestra la concentración de especies reactivas generadas dentro de un fluido cuando se suministra un gas a la unidad de suministro de gas 106, la FIG. 7 es un diagrama que muestra la concentración de especies reactivas generadas dentro de un fluido cuando se suministra gas nitrógeno (N₂) a la unidad de suministro de gas 106, y la FIG. 8 es un diagrama que muestra la concentración de especies reactivas generadas dentro de un fluido cuando se suministra aire a la unidad de suministro de gas 106. Como se muestra en las FIGS. 6 a 8, podría verse que las concentraciones de O y OH aumentan cuando se suministra nitrógeno o aire a la unidad de suministro de gas 106.

20 **[0030]** La FIG. 9 es un gráfico que ilustra la comparación del contenido de Cl en el fluido cuando se inyectan diversos tipos de gases en la unidad de suministro de gas 106. En la FIG. 9, O₂_O₃ representa el contenido de Cl en el fluido cuando se inyecta gas ozono generado a partir de oxígeno, y Aire_O₃ representa el contenido de Cl en el fluido cuando se inyecta gas ozono generado a partir de aire. Como se muestra en la FIG. 9, podría verse que el contenido total de Cl que sirve como desinfectante aumenta cuando se inyecta un gas tal como oxígeno (sin gas),
25 nitrógeno, aire u ozono, en comparación con cuando el gas no se inyecta.

[0031] La FIG. 10 es un gráfico que ilustra los resultados obtenidos al comparar los números de células de *E. coli* según los gases suministrados a la unidad de suministro de gas 106. Como se muestra en la FIG. 10, podría verse que el número de células de *E. coli* en el líquido no disminuye cuando no se suministra el gas (sin gas), mientras que
30 el número de células de *E. coli* en el fluido disminuye repentinamente a partir de un punto de tiempo después del lapso de aproximadamente 15 segundos cuando se suministra nitrógeno u ozono a una velocidad de 50 sccm o 50 sccm, respectivamente.

[0032] Como se ha descrito anteriormente, el dispositivo de plasma capilar sumergible que tiene un canal de
35 gas según la presente invención puede usarse ampliamente para la purificación de agua de lastre, esterilización de agua utilizada en instrumentos médicos, placas, humidificadores, y similares, y otras aplicaciones tales como la eliminación de aguas residuales.

[0033] Aunque la presente invención se ha descrito anteriormente con más detalle con referencia a las
40 realizaciones ejemplares ideales, los expertos en la técnica relacionada a los que la presente invención pertenece deben comprender que se realizarán diversos cambios y modificaciones a las realizaciones ejemplares descritas anteriormente sin apartarse del alcance de la presente invención.

[0034] Por lo tanto, se pretende que la presente invención cubra todas estas modificaciones siempre que entren
45 dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. La invención está definida por las reivindicaciones.

[Breve descripción de las partes principales en los dibujos]

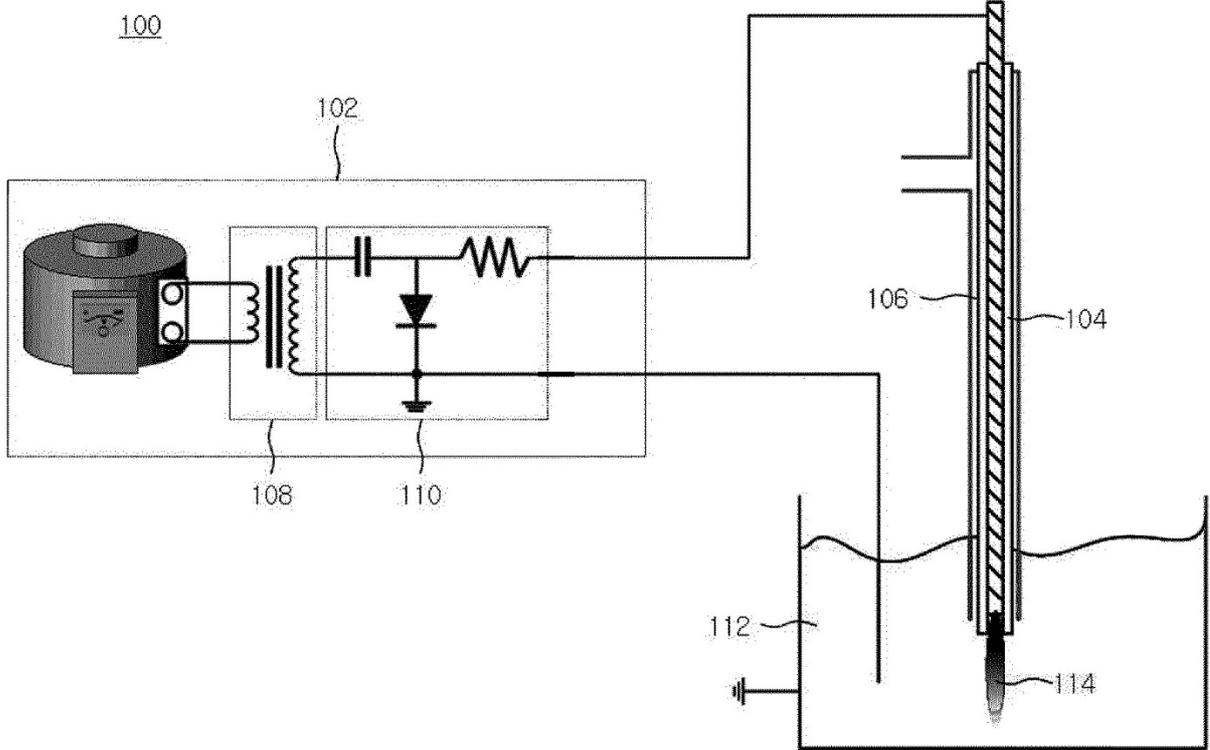
[0035]

- 50
100: dispositivo de plasma capilar sumergible
102: unidad de fuente de alimentación
104: electrodo de descarga
106: unidad de suministro de gas
55 200, 300, 400, 500: punta metálica
202, 302, 402, 502: tubos dieléctricos
204, 304, 404, 504: tuberías de suministro de gas

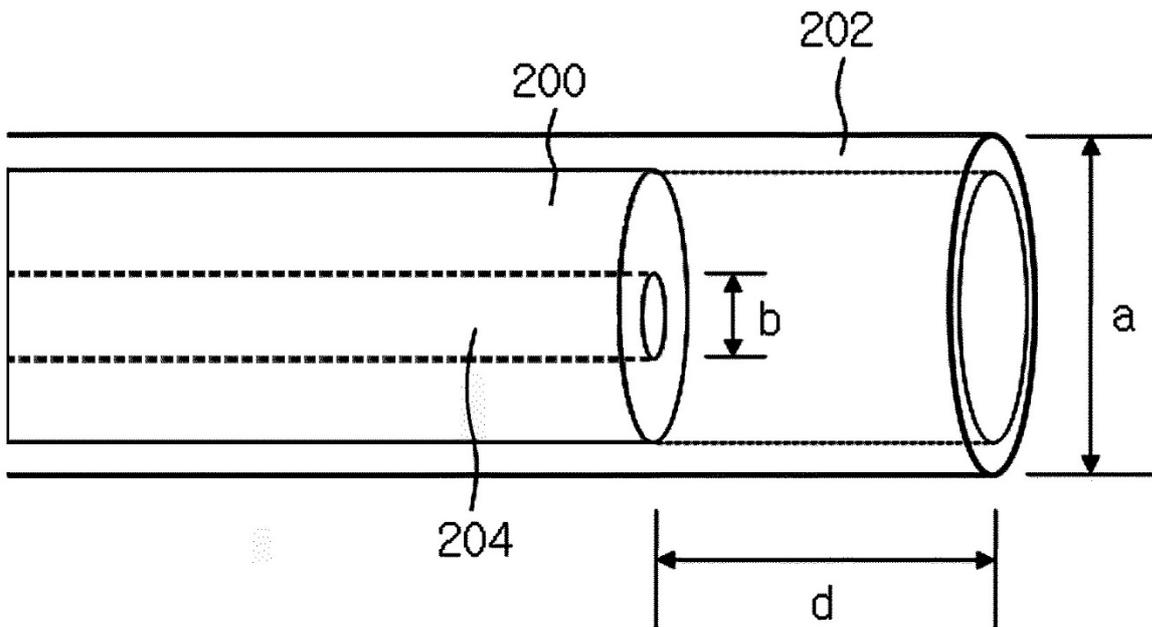
REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de plasma capilar sumergible (100) que comprende:
- 5 una unidad de fuente de alimentación (102) configurada para suministrar una fuente de alimentación;
- un electrodo de descarga (104) configurado para recibir, durante el uso, la fuente de alimentación suministrada desde la unidad de fuente de alimentación (102) e inducir la descarga de plasma capilar dentro de un fluido (112);
- 10 y una unidad de suministro de gas (106) configurada para inyectar un gas auxiliar en el fluido (112) en el que tiene lugar la descarga de plasma capilar, durante el uso, por medio del electrodo de descarga (104), en el que el electrodo de descarga (104) comprende:
- una punta metálica (400) conectada eléctricamente a un terminal de salida de la unidad de fuente de alimentación (102); y
- 15 un tubo dieléctrico de forma cilíndrica (402) dispuesto para rodear la punta metálica (400) y sobresalir de un extremo de la punta metálica (400) en una cierta longitud (d),
- caracterizado porque**
- se forma un extremo (406) del tubo dieléctrico (402) que entra en contacto con el fluido (112) de manera que el extremo del tubo dieléctrico (402) está inclinado en una dirección que se extiende desde una superficie
- 20 circunferencial interna a una superficie circunferencial externa de un cilindro que constituye el tubo dieléctrico (402) de tal forma que, durante el uso, se reduce el desgaste del tubo dieléctrico (402) por el plasma.
2. El dispositivo de plasma capilar sumergible (100) de la reivindicación 1, en el que la punta metálica (400) está formada por al menos un material seleccionado del grupo que consiste en tungsteno, molibdeno, titanio y acero
- 25 inoxidable (SUS).
3. El dispositivo de plasma capilar sumergible (100) de la reivindicación 1, en el que el tubo dieléctrico (402) está formado por al menos un material seleccionado del grupo que consiste en alúmina.
- 30 4. El dispositivo de plasma capilar sumergible (100) de la reivindicación 1, en el que la unidad de suministro de gas (106) comprende una tubería de suministro de gas (404) formada a través de la punta metálica (400).
5. El dispositivo de plasma capilar sumergible (100) de la reivindicación 4, en el que el tubo de suministro de gas (404) está formado de manera que una porción final del tubo de suministro de gas (404) que entra en contacto
- 35 con el fluido (112) tenga un diámetro ahusado.
6. El dispositivo de plasma capilar sumergible (100) de la reivindicación 1, en el que la unidad de suministro de gas (106) está configurada para suministrar un gas que incluye al menos uno seleccionado del grupo que consiste en ozono (O₃), oxígeno (O₂), nitrógeno (N₂), argón (Ar), helio (He) y aire en el fluido (112).
- 40 7. El dispositivo de plasma capilar sumergible (100) de la reivindicación 1, en el que la unidad de suministro de gas (106) está configurada para inyectar peróxido de hidrógeno en una fase líquida en el fluido (112).

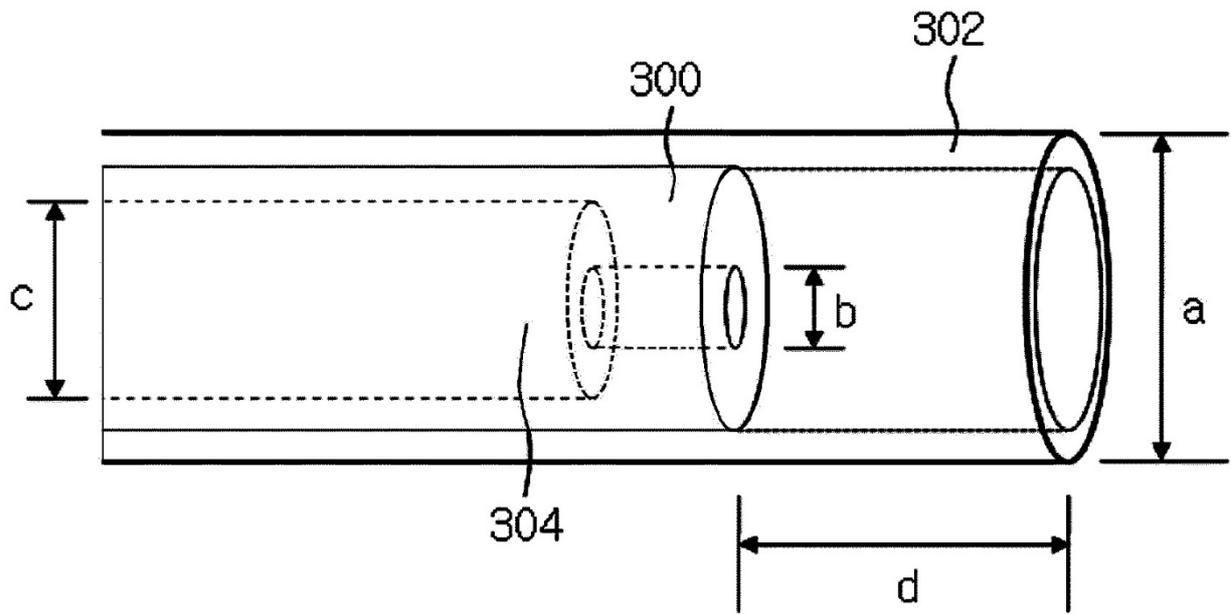
【 Figura 1】



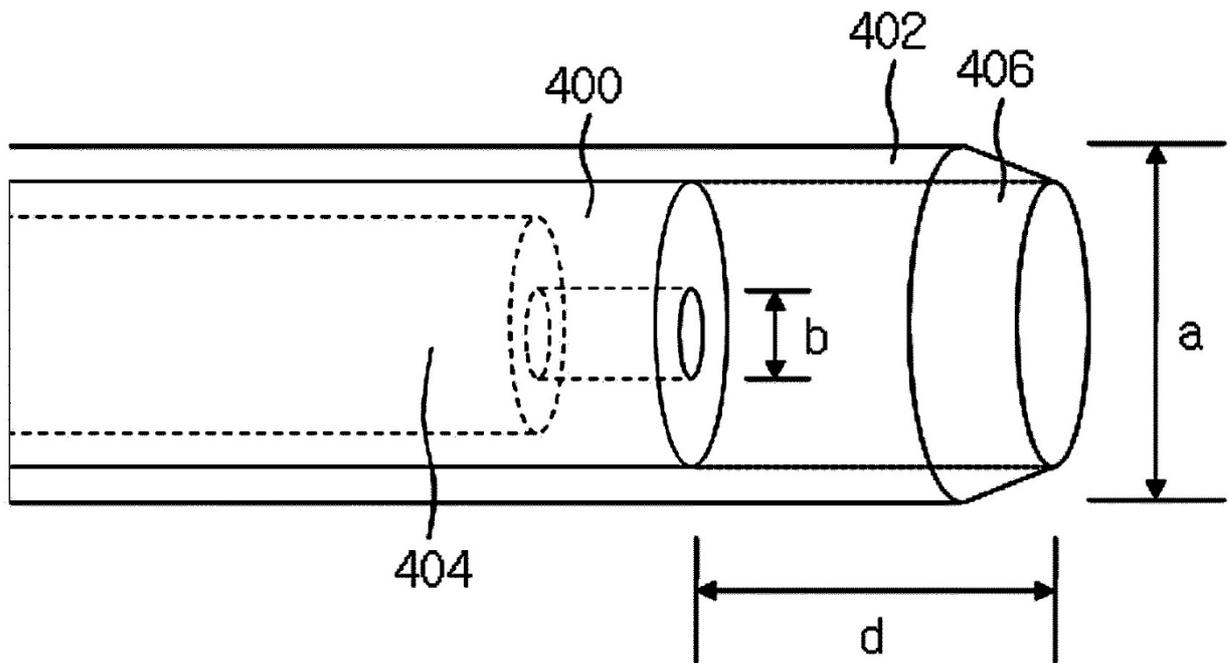
【 Figura 2】



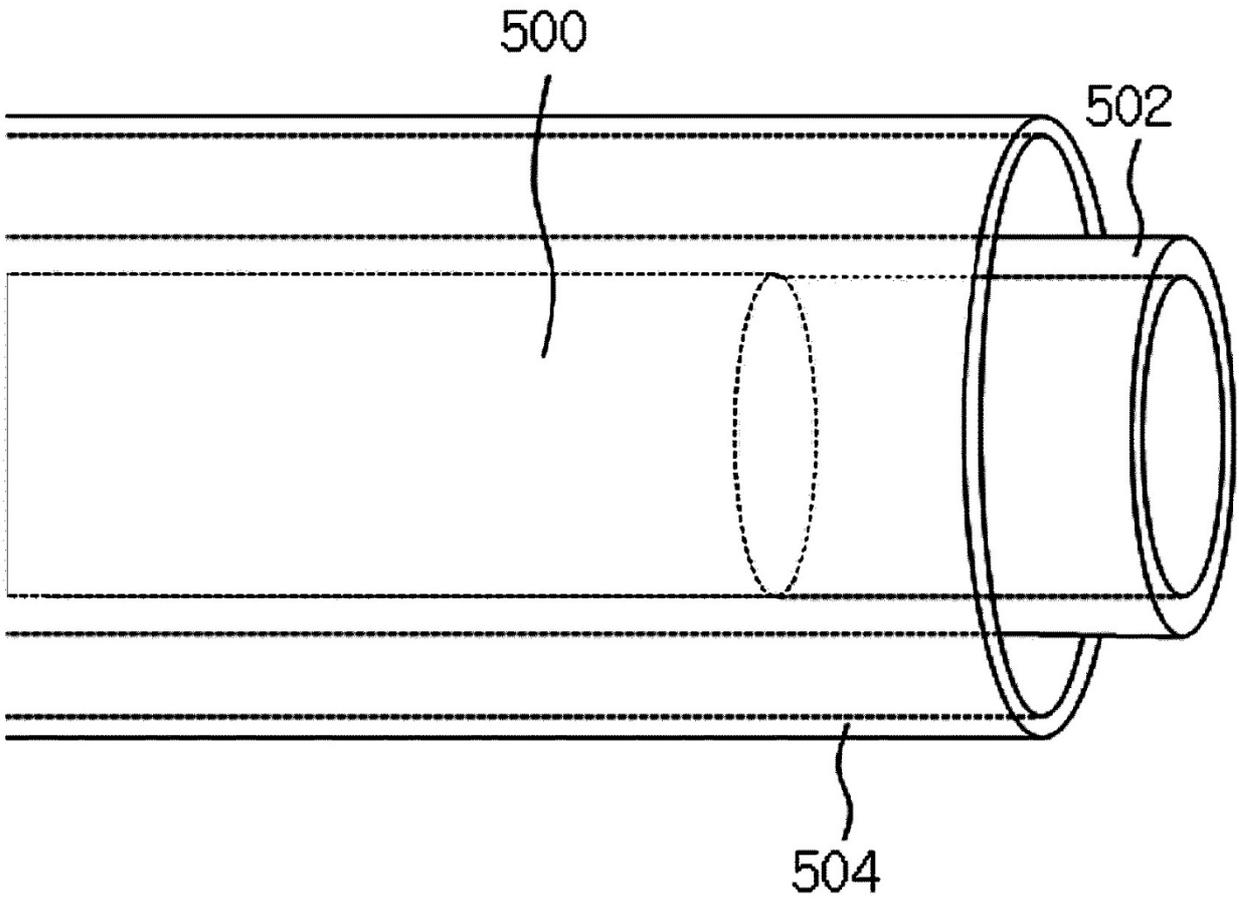
【Figura 3】



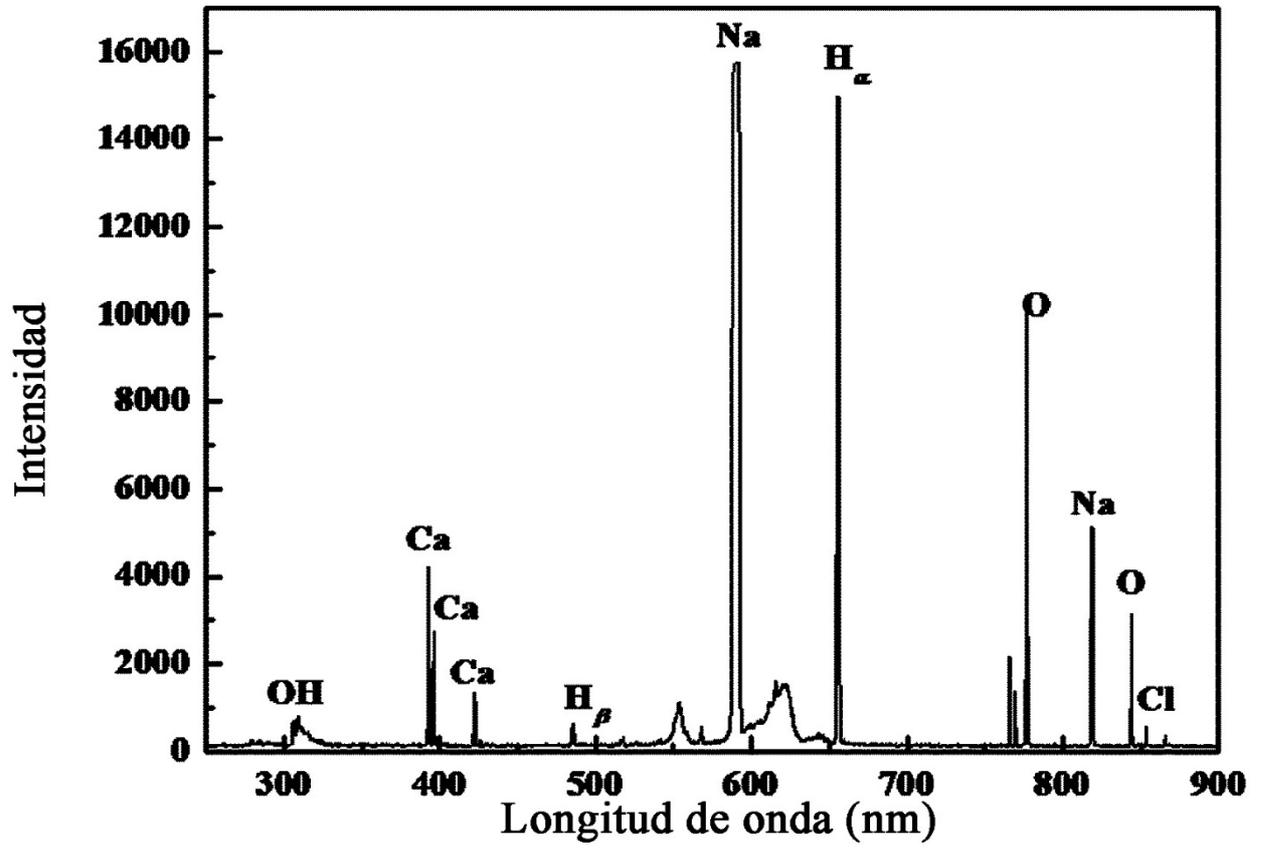
【Figura 4】



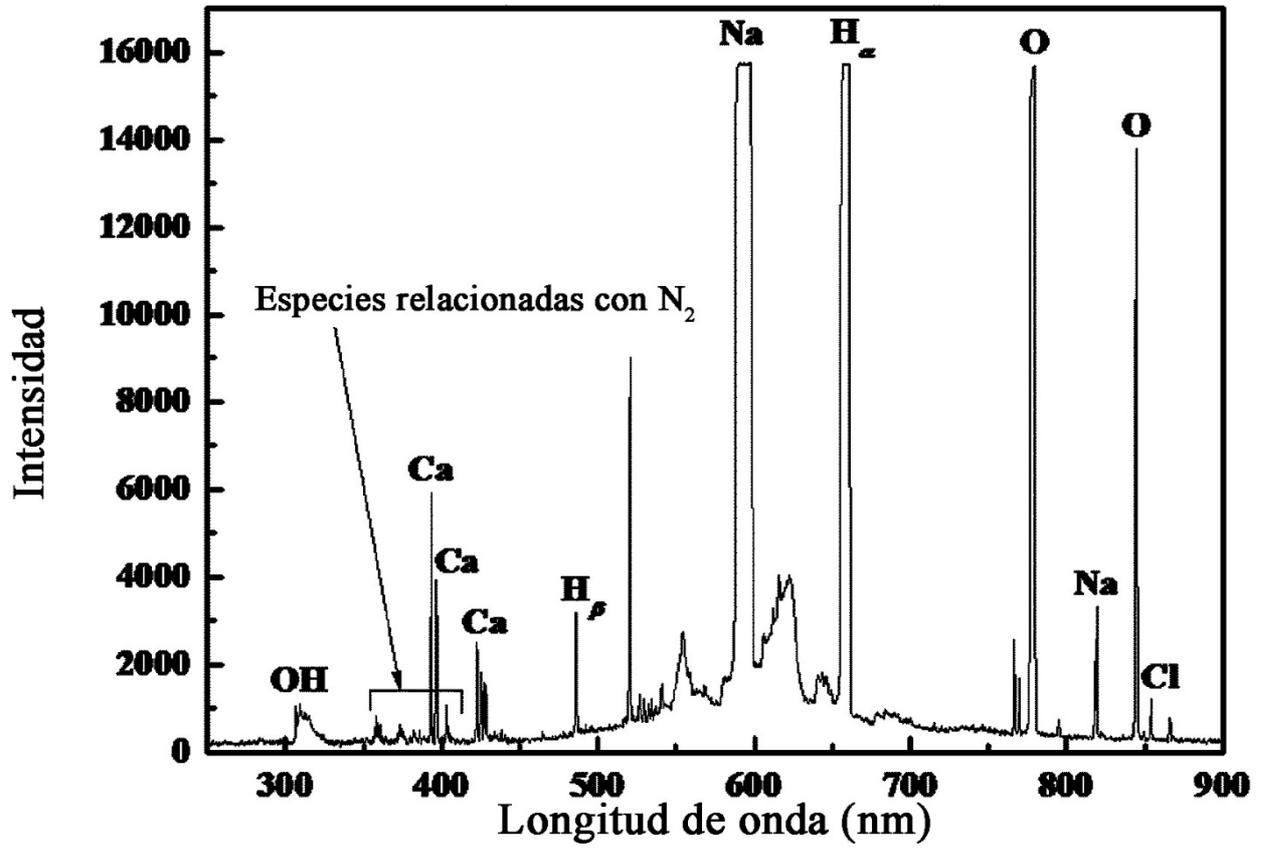
【Figura 5】



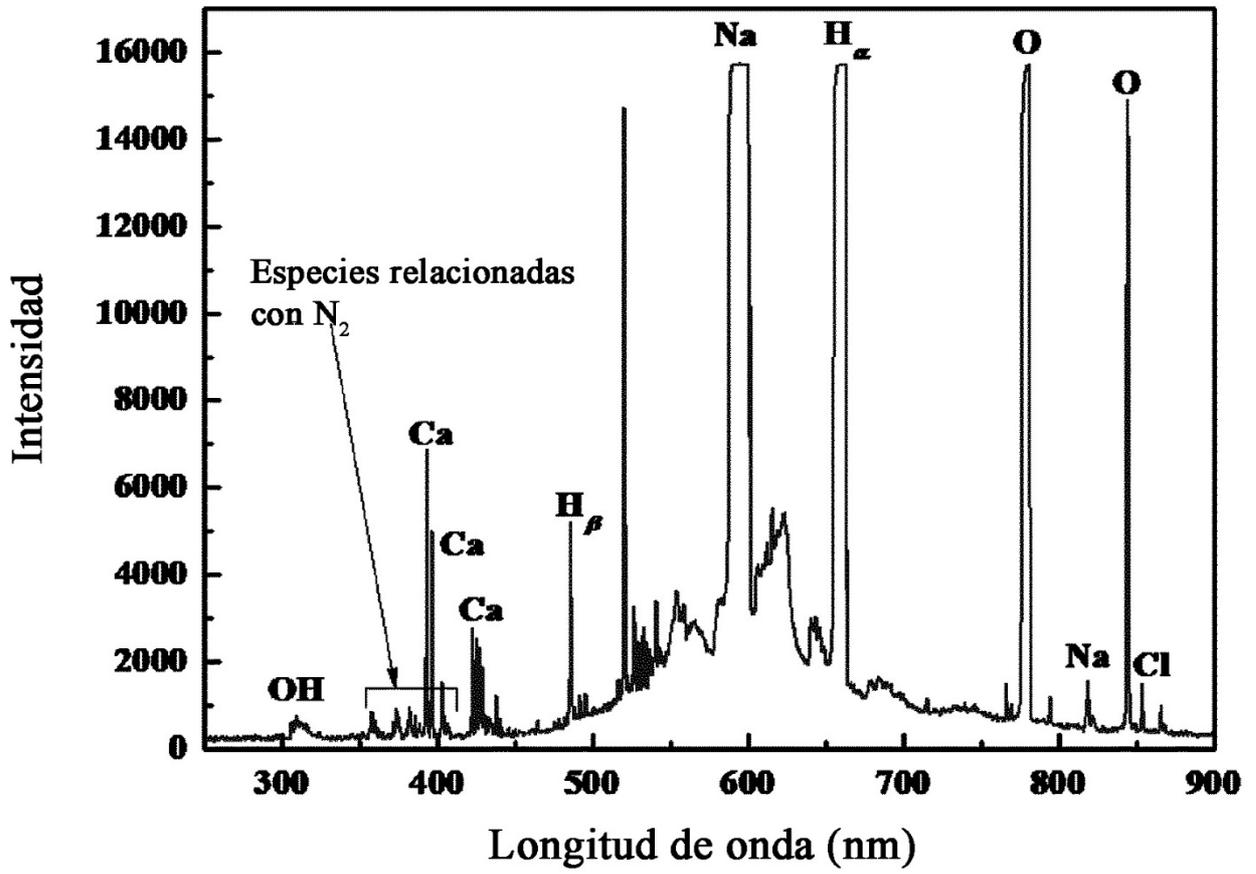
【Figura 6】



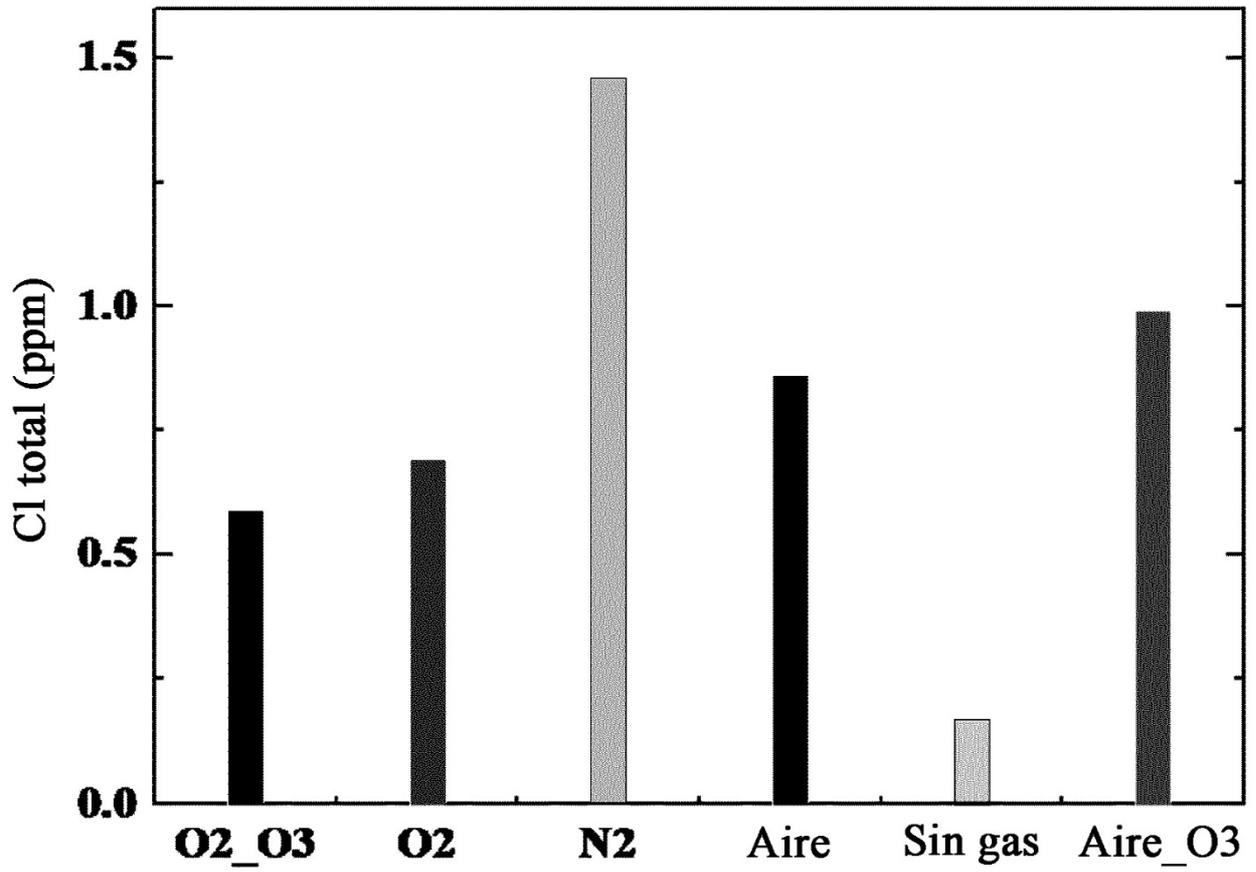
【Figura 7】



【Figura 8】



【Figura 9】



【Figura 10】

