

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 751 112**

51 Int. Cl.:

**B01J 19/12** (2006.01)

**B01J 7/00** (2006.01)

**H05H 1/46** (2006.01)

**H05H 1/30** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.06.2012 PCT/US2012/043421**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.01.2013 WO13003164**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.06.2012 E 12805407 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019 EP 2726195**

54 Título: **Sistema de conversión de gas**

30 Prioridad:

**28.06.2011 US 201161501767 P**  
**19.06.2012 US 201213526653**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**30.03.2020**

73 Titular/es:

**RECARBON INC. (100.0%)**  
**3350 Scott Boulevard, Bldg. 16**  
**Santa Clara, California 95054, US**

72 Inventor/es:

**TANIBATA, TORU;**  
**KOO, JAE-MO y**  
**LEE, SANG HUN**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 751 112 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**

Sistema de conversión de gas

**5 Antecedentes de la invención****1. Campo de la invención**

10 La presente invención se refiere a sistemas de conversión de gas, y más particularmente, a sistemas de conversión de gas que usan múltiples medios de conversión de gas con plasma de microondas.

**2. Análisis de la técnica relacionada**

15 En los últimos años se ha aplicado la tecnología de microondas para la generación de diversos tipos de plasma. En algunas aplicaciones, la capacidad requerida de conversión de gas que usa plasma es muy grande, y requiere un generador de microondas de elevada potencia. Las técnicas de microondas existentes no son adecuadas, o como mucho, son muy ineficaces debido a uno o más de los siguientes inconvenientes. En primer lugar, los sistemas existentes carecen de la apropiada escalabilidad, donde escalabilidad se refiere a la capacidad de un sistema para manipular cantidades variables de capacidad de conversión de gas de una forma natural, o a su capacidad para ser ampliado/reducido para acomodar la variación en la capacidad de conversión del gas. Por ejemplo, la capacidad de conversión requerida del gas puede variar ampliamente dependiendo de las aplicaciones. En segundo lugar, la economía de la escala para un magnetrón aumenta rápidamente al aumentar la potencia de salida. Por ejemplo, el precio de un magnetrón de 10 kW es mucho mayor que el precio de diez magnetrones de 1 kW. En tercer lugar, el sistema configurado con un magnetrón de mayor potencia tendría una posibilidad de que todo el sistema necesitara ser apagado cuando cualquiera del magnetrón o del aplicador de plasma tuviera un problema. Por lo tanto, existe una necesidad de un sistema de conversión de gas que tenga una elevada escalabilidad, un menor tiempo de apagado del sistema y que sea más barato que los sistemas de conversión de gas disponibles actualmente sin comprometer la capacidad de conversión de gas.

30 El documento JP 2004-313998 A desvela un sistema de conversión de gas que usa un plasma de microondas con un medio de control, tal como mediciones de la temperatura de los sensores de la guía de ondas y del estado de plasma, para encender y apagar el plasma y controlar el suministro del gas en respuesta a las anomalías detectadas.

**Sumario de la invención**

35 En una realización de la presente divulgación, un sistema de conversión de gas que usa un plasma de microondas incluye: una guía de ondas de microondas para transmitir microondas a través de la misma; un tubo de flujo de gas que pasa a través de la guía de ondas de microondas y configurado para transmitir las microondas a través del tubo de flujo de gas; un primer medio de control de la temperatura para controlar una temperatura de la guía de ondas de microondas; un sensor de temperatura dispuesto junto al tubo de flujo de gas y configurado para medir una temperatura de la guía de ondas de microondas; un ignitor situado junto al tubo de flujo de gas y configurado para encender un plasma en el interior del tubo de flujo de gas, de forma que el plasma transforma un gas que fluye a través del tubo de flujo de gas durante el funcionamiento; y un detector de plasma situado junto al tubo de flujo de gas y configurado para monitorizar el plasma.

45 En una realización de la presente divulgación, un sistema de conversión de gas incluye: un colector del gas de entrada para suministrar un gas; y una pluralidad de unidades de conversión de gas conectadas al colector del gas de entrada y configuradas para recibir el gas del mismo. Cada una de la pluralidad de unidades de conversión de gas incluye: una guía de ondas de microondas para transmitir microondas a través de la misma; un tubo de flujo de gas que pasa a través de la guía de ondas de microondas y configurado para transmitir las microondas a través del tubo de flujo de gas; un primer medio de control de la temperatura para controlar una temperatura de la guía de ondas de microondas; un sensor de temperatura dispuesto junto al tubo de flujo de gas y configurado para medir una temperatura de la guía de ondas de microondas; un ignitor situado junto al tubo de flujo de gas y configurado para encender un plasma en el interior del tubo de flujo de gas de forma que el plasma transforma un gas que fluye a través del tubo de flujo de gas durante el funcionamiento; y un detector de plasma situado junto al tubo de flujo de gas y configurado para monitorizar el plasma. El sistema de conversión de gas también incluye un colector del gas de salida conectado a la pluralidad de unidades de conversión de gas y configurado para recibir del mismo.

**Breve descripción de los dibujos**

60 La FIG. 1 es un diagrama esquemático de un sistema de conversión de gas según una realización de la presente invención.

Las FIGS. 2A - 2C son vistas esquemáticas en sección transversal de las realizaciones alternativas de una porción del sistema de conversión de gas de la FIG. 1.

65 Las FIGS. 3A-3B son diagramas esquemáticos de varias realizaciones de un sistema de conversión de gas integrado según la presente invención.

La FIG. 4 es un diagrama esquemático de un sistema de conversión de gas integrado según otra realización de la presente invención.

La FIG. 5 es una vista esquemática en sección transversal de una realización alternativa de una porción del sistema de conversión de gas de la FIG. 1 según la presente invención.

5 La FIG. 6 es una vista esquemática en sección transversal de una realización alternativa de una porción del sistema de conversión de gas de la FIG. 1 según la presente invención.

Las FIGS. 7A-7D son vistas cenitales de las realizaciones alternativas del tubo de flujo de gas de la FIG. 1 según la presente invención.

10 Las FIGS. 8A - 8B son vistas en perspectiva de realizaciones alternativas del sistema de conversión de gas integrado de la FIG. 4 según la presente invención.

Las FIGS. 9A - 9B son vistas en perspectiva de realizaciones alternativas del sistema de conversión de gas integrado de la FIG. 4 según la presente invención.

### 15 Descripción detallada de las realizaciones preferidas

La FIG. 1 es un diagrama esquemático de un sistema de conversión de gas 1 para la generación de plasma de microondas y la conversión de gas según una realización de la presente invención. Según se ilustra, el sistema de conversión de gas 1 puede incluir: un tubo de flujo de gas 26 que es transparente a las microondas, tal como vidrio, cerámica o cualquier otro material dieléctrico, preferentemente formado por cuarzo; una unidad de suministro de microondas 11 para proporcionar microondas al tubo de flujo de gas 26; y una guía de ondas 24 para transmitir las microondas desde la unidad de suministro de microondas 11 hacia el tubo de flujo de gas 26, donde el tubo de flujo de gas 26 recibe un gas y/o una mezcla de gases desde un suministro de gas, tal como gases de combustión.

20 La unidad de suministro de microondas 11 proporciona microondas al tubo de flujo de gas 26 y puede incluir: un generador de microondas 12 para la generación de microondas; una fuente de energía 13 para suministrar energía al generador de microondas 12; y un aislante 15 que tiene una carga falsa 16 para disipar la microonda reflejada que se propaga hacia el generador de microondas 12 y un circulador 18 para dirigir la microonda reflejada hacia la carga falsa 16.

25 En una realización, la unidad de suministro de microondas 11 incluye adicionalmente un acoplador 20 para la medición de las potencias de microondas; otro acoplador 17 situado en la carga falsa 16 para medir la potencia de la microonda reflejada que va a ser disipada en la carga falsa 16; y un sintonizador 22 para reducir la microonda reflejada desde el tubo de flujo de gas 26. Los componentes de la unidad de suministro de microondas 11 mostrada en la FIG. 1 son bien conocidos y se recogen en el presente documento únicamente con propósito de ejemplo. También es posible sustituir la unidad de suministro de microondas 11 por un sistema que tenga la capacidad de proporcionar microondas al tubo de flujo de gas 26 sin desviarse de la presente invención. Puede montarse un desplazador de fase entre el aislante 15 y el sintonizador 22.

30 El sistema de conversión de gas 1 puede incluir un ignitor de chispa de alto voltaje 28 en el tubo de flujo de gas 26 para una fácil ignición del plasma en el tubo de flujo de gas 26; una cubierta superior 27 que tiene una entrada de gas 271 para recibir el gas y suministrarlo al tubo de flujo de gas 26; y un cortocircuito deslizante 35 para ajustar una posición de onda estacionaria para un plasma eficiente. La cubierta superior 27 está hecha preferentemente de un metal para evitar la fuga de microondas a través de la parte superior del tubo de flujo de gas 26. El flujo de gas en el interior del tubo de flujo de gas 26 puede tener un movimiento en espiral dado que la entrada de gas 271 está configurada en forma de una inyección lateral. La entrada de gas 271 puede estar configurada en forma de una inyección superior para que tenga un flujo recto (que no tiene un movimiento en espiral) o puede estar configurada como una inyección en ángulo.

35 El sistema de conversión de gas 1 puede usarse para un tratamiento del gas de combustión. Más particularmente, puede usarse para la conversión del CO<sub>2</sub> del gas de combustión en CO y O<sub>2</sub> mediante el uso del plasma 101. El sistema de conversión de gas 1 puede incluir un separador del gas de entrada 41 para separar el gas de combustión en CO<sub>2</sub> y otros componentes. El separador del gas de entrada 41 puede usar un método existente, tal como absorción, criogénico o membrana. El separador del gas de entrada 41 suministra el CO<sub>2</sub> al tubo de flujo de gas 26 a través de la entrada de gas 271. Un gas convertido expulsado desde el tubo de flujo de gas 26 es suministrado a un separador del gas de salida 42 para separar el gas convertido en CO, O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. El separador del gas de salida 42 puede usar un método existente, tal como absorción, adsorción oscilante de presión o membrana. El CO<sub>2</sub> separado mediante el separador del gas de salida 42 puede hacerse circular hasta la entrada de gas 271 para una conversión adicional. Por lo tanto, el separador de gas 42 y una línea de gas 421 forman un sistema de circulación de gas.

40 La FIG. 2A es una vista esquemática en sección transversal de una realización alternativa de una porción del sistema de conversión de gas 1 de la FIG. 1. Según se representa, hay instalados unos medios de control de la temperatura 241 y 261, en la guía de ondas 24 y en el tubo de flujo de gas 26, respectivamente, para controlar las temperaturas de la guía de ondas 24 y del tubo de flujo de gas 26, respectivamente. Cada uno de los medios de control de la temperatura 241 y 261 puede usar un sistema de refrigeración por agua, un sistema de refrigeración que usa otros refrigerantes o un calentador que usa un medio de calentamiento tal como agua caliente, aceite o gas. Los flujos del medio para el medio de control de la temperatura 241 y 261 se muestran con las flechas 242 y 262. Las temperaturas

de la guía de ondas 24 y del tubo de flujo de gas 26 pueden ser controladas mediante el ajuste del caudal del medio y mediante la detección de la temperatura de la guía de ondas o del tubo de flujo de gas mediante el uso de un termómetro 29.

5 La FIG. 2B es una vista esquemática en sección transversal de una realización alternativa de una porción del sistema de conversión de gas 1 de la FIG. 1. Según se representa, hay instalados unos medios de refrigeración por aire, tales como un disipador de calor, 243 y 263, en la guía de ondas 24 y en el tubo de flujo de gas 26, respectivamente, para controlar las temperaturas de la guía de ondas 24 y del tubo de flujo de gas 26, respectivamente. El flujo de aire para la refrigeración se ilustra con las flechas 244. Las temperaturas de la guía de ondas 24 y del tubo de flujo de gas 26  
10 pueden ser controladas mediante el ajuste del caudal de aire y mediante la detección de la temperatura mediante el uso de un termómetro 29.

La FIG. 2C es una vista esquemática en sección transversal de una realización alternativa de una porción del sistema de conversión de gas 1 de la FIG. 1. Según se representa, hay instalado un intercambiador de calor 264 después del tubo de flujo de gas 26, de forma que la temperatura del gas que sale de la región del reactor se mantiene a un nivel predeterminado. La región del reactor puede estar aislada con un material aislante 265, de forma que la temperatura del gas en la región del reactor se mantiene a un nivel mayor para aumentar así la eficacia de conversión del reactor. El intercambiador de calor 264 puede ser un medio de refrigeración rápida del gas que usa un refrigerante, tal como agua.  
15

Las FIGS. 3A-3B son diagramas esquemáticos de varias realizaciones de un sistema de conversión de gas integrado según la presente invención. La FIG. 3A ilustra un sistema de conversión de gas integrado que tiene los cuatro sistemas de conversión de gas 1a - 1d, donde cada uno de los cuatro sistemas de conversión de gas 1a - 1b es similar al sistema 1 mostrado en la FIG. 1. El gas de combustión es suministrado a un colector del gas de entrada 51 controlado por un controlador 61. El gas de combustión suministrado a cada uno de los cuatro sistemas de conversión de gas 1a - 1d es separado por un separador de gas y convertido mediante el uso de plasma, y posteriormente enviado a un colector del gas de salida 52. Dado que cada uno de los sistemas de conversión de gas 1a - 1d tiene unos mecanismos y unas funciones similares a los del sistema 1 de la FIG. 1, la separación del gas y la circulación del CO<sub>2</sub> se producen en el interior de los sistemas de conversión de gas 1a - 1d. Cuando el sistema de conversión de gas deja de funcionar, es decir, el plasma se extingue involuntariamente, el controlador 61 controla las distribuciones de gas desde el colector del gas de entrada 51 de forma que el gas no es suministrado al sistema de conversión de gas parado. Además, el controlador 61 puede controlar el caudal total de gas suministrado a los sistemas de conversión de gas dependiendo del número de sistemas de conversión de gas en funcionamiento. Se describe un detector para la monitorización del plasma en cada región del reactor junto con la FIG. 5.  
20  
25  
30

La FIG. 3B ilustra otro sistema de conversión de gas integrado que tiene las cuatro unidades de conversión de gas 2a - 2d. Cada sistema de conversión de gas 2a - 2d tiene unos mecanismos y unas funciones similares a los de la unidad de conversión de gas 2 de la FIG. 1. La unidad de conversión de gas 2, según se representa en la FIG. 1, no contiene ningún separador del gas de entrada/salida o sistema de circulación de gas. El gas de combustión es suministrado al separador del gas de entrada 41 y el CO<sub>2</sub> separado es suministrado al colector del gas de entrada 51 controlado por el controlador 61. Los CO<sub>2</sub> suministrados a los cuatro sistemas de conversión de gas 2a - 2d son convertidos por el plasma, y posteriormente enviados al colector del gas de salida 52. El gas convertido recogido en el colector del gas de salida 52 es suministrado al separador del gas de salida 42. Dado que cada sistema de conversión de gas 2a - 2d no contiene ningún separador de gas o sistema de circulación de gas en la FIG. 1, la separación del gas y la circulación del CO<sub>2</sub> se producen en el exterior de las unidades de conversión de gas 2a - 2d. Cuando el sistema de conversión de gas deja de funcionar, es decir, el plasma se extingue involuntariamente, el controlador 61 controla las distribuciones de gas desde el colector del gas de entrada 51 de forma que el gas no es suministrado al sistema de conversión de gas parado. Además, el controlador 61 puede controlar el caudal total de gas suministrado a los sistemas de conversión de gas dependiendo del número de sistemas de conversión de gas en funcionamiento. Se describe un detector para la monitorización del plasma en cada región del reactor junto con la FIG. 5.  
35  
40  
45  
50

Sobre la base de la realización mostrada en la FIG. 3B, se puede configurar otro sistema de conversión de gas integrado moviendo el separador del gas de salida 42 y el sistema de circulación de CO<sub>2</sub> en cada sistema de conversión de gases 2a - 2d. O se puede configurar otro sistema de conversión de gas integrado moviendo únicamente el separador del gas de salida 42 en cada sistema de conversión de gases 2a - 2d.  
55

La FIG. 4 ilustra otro sistema de conversión de gas integrado que contiene los cuatro sistemas de conversión de gas 3a - 3d. Cada uno de los sistemas de conversión de gas 3a - 3d es similar a la unidad de conversión de gas 2 de la FIG. 1, con la diferencia de que cada uno de los sistemas de conversión de gas 3a - 3d no incluye el aislante 15, el acoplador 20, el sintonizador 22 ni el cortocircuito deslizante 35. Cada uno de los sistemas de conversión de gas 3a - 3d está completamente optimizado para una generación eficiente del plasma, y por lo tanto estos elementos no son necesarios para un funcionamiento apropiado del sistema. El gas de combustión es suministrado al separador del gas de entrada 41 y el CO<sub>2</sub> separado es suministrado al colector del gas de entrada 51 controlado por un controlador 61. El CO<sub>2</sub> separado es suministrado a los cuatro sistemas de conversión de gas 3a - 3d que tienen cuatro tubos de flujo de gas 26a - 26d, respectivamente, y posteriormente convertido por el plasma, y después enviado al colector del gas de salida 52. El gas convertido recogido en el colector del gas de salida 52 es suministrado al separador del gas de  
60  
65

- 5 salida 42. Dado que cada sistema de conversión de gas no tiene ninguna separación de gas ni sistema de circulación de CO<sub>2</sub>, la separación de gas y la circulación del CO<sub>2</sub> se producen en el exterior de los sistemas de conversión de gas 3a - 3d. Cuando el sistema de conversión de gas deja de funcionar, es decir, el plasma se extingue involuntariamente, el controlador 61 controla las distribuciones de gas desde el colector del gas de entrada 51 de forma que el gas no es suministrado al sistema de conversión de gas parado. Además, el controlador 61 puede controlar el caudal total de gas suministrado a los sistemas de conversión de gas dependiendo del número de sistemas de conversión de gas en funcionamiento. Se describe un detector para la monitorización del plasma en cada región del reactor junto con la FIG. 5.
- 10 La FIG. 5 es una vista esquemática en sección transversal de una realización alternativa de una porción del sistema de conversión de gas de la FIG. 1 según la presente invención. Según se representa, hay instalado un detector de plasma 30 en la guía de ondas 24 para monitorizar el plasma, para monitorizar así el apropiado funcionamiento del sistema de conversión de gas 1. El detector de plasma 30 puede ser un sensor óptico para detectar una emisión de luz de plasma o un sensor de temperatura para detectar un aumento en la temperatura debido a la generación del plasma. El detector de plasma 30 puede estar, en su lugar, instalado en el tubo de flujo de gas 26.
- 15 La FIG. 6 es una vista esquemática en sección transversal de una realización alternativa de una porción del sistema de conversión de gas 1 de la FIG. 1 según la presente invención. Hay instalada una placa de malla 32, preferentemente una placa de malla de un metal molido, en la parte inferior del tubo de flujo de gas 26 para mejorar la estabilidad del flujo de gas y del plasma, y para evitar fugas de microondas a través de la parte inferior del tubo de flujo de gas 26. El tamaño de la malla de la placa de malla 32 es mucho menor que la longitud de onda de la microonda generada por la unidad de suministro de microondas 11. Se prefiere instalar la placa de malla 32 en una ubicación que tenga una determinada distancia desde la superficie del fondo de la guía de ondas 24 para tener un volumen suficiente para el plasma y evitar la formación de un arco voltaico en el interior del tubo de flujo de gas 26.
- 20 Las FIGS. 7A-7D son vistas cenitales de las realizaciones alternativas del tubo de flujo de gas 26 de la FIG. 1 según la presente invención. Según se representa, la forma de la sección transversal de los tubos de flujo de gas 266 - 269 puede ser circular, ovalada, cuadrada, rectangular o hexagonal. Debería ser evidente para los expertos habituales que puede usarse cualquier otra forma geométrica adecuada.
- 25 La FIG. 8A es una vista en perspectiva de una realización alternativa del sistema de conversión de gas integrado de la FIG. 4 según la presente invención. Según se representa, el módulo de conversión de gas integrado 4 incluye una pluralidad, digamos cincuenta, de sistemas de conversión de gas 3. Contiene un colector del gas de entrada 51a controlado por un controlador (no mostrado) y un colector del gas de salida 52a. Cada sistema de conversión de gas 3 está montado de forma deslizable, de forma que puede ser fácilmente accesible cuando se requiera mantenimiento.
- 30 La FIG. 8B es una vista en perspectiva de una realización alternativa del sistema de conversión de gas integrado de la FIG. 4 según la presente invención. Según se representa, un sistema de conversión de gas integrado 5 incluye una pluralidad, digamos ciento noventa y dos, de módulos de conversión de gas 4. Contiene un colector del gas de entrada 51b controlado por un controlador (no mostrado) y un colector del gas de salida 52b. Cada módulo de conversión de gas 4 está montado de forma deslizable de forma que puede ser fácilmente accesible cuando se requiera mantenimiento. El gas de combustión es suministrado al separador de gas de entrada (no mostrado) y el CO<sub>2</sub> separado es suministrado al colector del gas de entrada 51b y después suministrado a cada sistema de conversión de gas 3 a través del colector del gas de entrada 51a de los módulos de conversión de gas 4. El gas convertido por el plasma es recogido en el colector del gas de salida 52b a través del colector del gas de salida 52a de los módulos de conversión de gas 4, y después proporcionado al separador del gas de salida (no mostrado). Las operaciones antes del separador de gas de entrada y después del separador del gas de salida, incluyendo la circulación del CO<sub>2</sub>, son las mismas que el sistema mostrado en la FIG. 4, y las descripciones no se repiten por brevedad.
- 35 La FIG. 9A es una vista en perspectiva de una realización alternativa del sistema de conversión de gas integrado de la FIG. 4 según la presente invención. Según se representa, el módulo de conversión de gas integrado 400 incluye una pluralidad, digamos sesenta, de sistemas de conversión de gas 3. Contiene un colector del gas de entrada 51a controlado por un controlador (no mostrado) y un colector del gas de salida 52a. Cada sistema de conversión de gas 3 está dispuesto radialmente de forma que las tuberías de gas se concentran en el centro para facilitar la instalación y que el operario humano tenga suficiente espacio para el mantenimiento.
- 40 La FIG. 9B es una vista en perspectiva de una realización alternativa del sistema de conversión de gas integrado de la FIG. 4 según la presente invención. Según se representa, un sistema de conversión de gas integrado 500 incluye una pluralidad, digamos veinte, de módulos de conversión de gas 400. Contiene un colector del gas de entrada 51b controlado por un controlador (no mostrado) y un colector del gas de salida 52b. El gas de combustión suministrado al separador del gas de entrada (no mostrado) y el CO<sub>2</sub> separado es suministrado al colector del gas de entrada 51b y después suministrado a cada sistema de conversión de gas 3 a través del colector del gas de entrada 51a en los módulos de conversión de gas 400. El gas convertido por el plasma es recogido en el colector del gas de salida 52b a través del colector del gas de salida 52a en los módulos de conversión de gas 400, y después proporcionado al separador del gas de salida (no mostrado). Las operaciones antes del separador de gas de entrada y después del separador del gas de salida, incluyendo la circulación del CO<sub>2</sub>, son las mismas que el sistema mostrado en la FIG. 4,
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

y las descripciones no se repiten por brevedad.

5 Cabe destacar que los sistemas de conversión de gas integrados mostrados en las FIGS. 3A, 3B y 4 tienen únicamente cuatro sistemas de conversión de gases. También cabe destacar que el módulo de conversión de gas integrado mostrado en la FIG. 8A y el sistema de conversión de gas integrado mostrado en la FIG. 8B tienen cincuenta sistemas de conversión de gas y ciento noventa y dos módulos de conversión de gas, respectivamente. Sin embargo, debería ser evidente para los expertos habituales en la materia que el módulo o el sistema puede incluir cualquier otro número adecuado de módulos o de sistemas de conversión de gas. Asimismo, los módulos de conversión de gas integrados mostrados en las FIGS. 9A y 9B pueden tener otro número adecuado de sistemas y de módulos de conversión de gas.

10 El precio del generador de microondas 12a, especialmente del magnetrón, aumenta rápidamente al aumentar su salida de potencia. Por ejemplo, el precio de diez magnetrones de un horno de microondas disponible comercialmente es considerablemente menor que el de un magnetrón de alta potencia que tenga una potencia de salida diez veces la del horno de microondas. Por lo tanto, los sistemas de conversión de gas múltiples de las FIGS. 3A - 8B permiten al diseñador construir un sistema de conversión de gas de bajo coste sin comprometer la capacidad de conversión total. También permite establecer un sistema que tiene un menor tiempo de parada del sistema cuando deja de funcionar, mediante el control de la distribución del gas.

15 Por supuesto, debería entenderse que lo anterior se refiere a realizaciones a modo de ejemplo de la invención y que pueden realizarse modificaciones sin desviarse del ámbito de la invención, según se establece en las siguientes reivindicaciones.

20

## REIVINDICACIONES

1. Un sistema de conversión de gas (1) que usa un plasma de microondas, que comprende:

- 5 una guía de ondas de microondas (24) para transmitir microondas a través del mismo;  
 un tubo de flujo de gas (26) que pasa a través de la guía de ondas de microondas (24) y está configurado para  
 transmitir las microondas a través del tubo de flujo de gas (26);  
 un sensor de temperatura (29) configurado para medir una temperatura de la guía de ondas de microondas (24);  
 un primer medio de control de la temperatura (241) para controlar una temperatura de la guía de ondas de  
 10 microondas (24), en donde el primer medio de control de la temperatura (241) incluye un sistema de refrigeración  
 que usa un refrigerante;  
 un ignitor (28) situado junto al tubo de flujo de gas (26) y configurado para encender un plasma en el interior del  
 tubo de flujo de gas (26) de forma que el plasma transforma un gas que fluye a través del tubo de flujo de gas (26)  
 durante su funcionamiento; y  
 15 un detector de plasma (30) situado junto al tubo de flujo de gas (26) y configurado para monitorizar el plasma;

**caracterizado por que** el sensor de temperatura (29) está dispuesto junto al tubo de flujo de gas (26); y por que el  
 primer medio de control de la temperatura (241) está configurado de forma que la temperatura de la guía de ondas de  
 microondas (24) se controla basándose en la temperatura medida por el sensor de temperatura (29) junto al tubo de  
 20 flujo de gas (26).

2. Un sistema de conversión de gas (1) como se relata en la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:  
 una entrada de gas (271) dispuesta en el tubo de flujo de gas (26) y configurada para recibir el gas.

25 3. Un sistema de conversión de gas (1) como se relata en la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:  
 un segundo medio de control de la temperatura (261) para controlar una temperatura del tubo de flujo de gas (26).

4. Un sistema de conversión de gas (1) como se relata en la reivindicación 3, en el que el segundo medio de control  
 de la temperatura (261) incluye un sistema de refrigeración que usa un refrigerante.

30 5. Un sistema de conversión de gas (1) como se relata en la reivindicación 1, donde el gas contiene dióxido de carbono  
 y el plasma está adaptado para convertir el dióxido de carbono en monóxido de carbono y oxígeno.

35 6. Un sistema de conversión de gas (1) como se relata en la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:  
 una placa de malla de un metal molido (32) dispuesta en el fondo del tubo de flujo de gas (26) y configurada para  
 impedir fugas de microondas a través del tubo de flujo de gas (26).

7. Un sistema de conversión de gas (1) como se relata en la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:

- 40 un separador del gas de entrada (41) situado corriente arriba tubo de flujo de gas (26) y configurado para separar  
 el dióxido de carbono contenido en el gas de otros componentes del gas;  
 un separador del gas de salida (42) situado corriente abajo del tubo de flujo de gas (26) y configurado para separar  
 el dióxido de carbono contenido en el gas convertido por el plasma; y  
 una línea de gas (421) para dirigir el dióxido de carbono separado por el separador del gas de salida (42) a una  
 45 entrada de gas (271) del tubo de flujo de gas (26) para formar así un sistema de circulación de gas.

8. Un sistema de conversión de gas (1) como se relata en la reivindicación 1, en el que el tubo de flujo de gas (26)  
 está configurado para impartir un movimiento en espiral al gas.

50 9. Un sistema de conversión de gas (1) como se relata en la reivindicación 1, en el que el tubo de flujo de gas (26)  
 está hecho de cuarzo.

10. Un sistema de conversión de gas (1) como se relata en la reivindicación 1, en el que el detector de plasma (30) es  
 un sensor óptico para la detección de una emisión de luz desde el plasma.

55 11. Un sistema de conversión de gas (1) como se relata en la reivindicación 1, en el que el ignitor (28) es un ignitor de  
 chispa de alto voltaje.

60 12. Un sistema de conversión de gas (1) como se relata en la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:  
 un sensor de temperatura dispuesto junto al tubo de flujo de gas (26) y configurado para medir una temperatura del  
 tubo de flujo de gas (26).

13. Un sistema de conversión de gas, que comprende:

- 65 un colector del gas de entrada (51) para suministrar un gas;  
 una pluralidad de sistemas de conversión de gas según la reivindicación 1 acoplados al colector del gas de entrada

(51) y configurados para recibir el gas del mismo; y un colector del gas de salida (52) conectado a la pluralidad de sistemas de conversión de gas y configurado para recibir de los mismos.

5 14. Un sistema de conversión de gas como se relata en la reivindicación 13, en el que cada una de la pluralidad de sistemas de conversión de gas incluye adicionalmente:

un separador del gas de entrada (41);

un separador del gas de salida (42);

10 una línea de gas para dirigir el dióxido de carbono separado por el separador del gas de salida hacia una entrada de gas del tubo de flujo de gas para formar así un sistema de circulación de gas.

15. Un sistema de conversión de gas como se define en la reivindicación 13, que comprende adicionalmente:

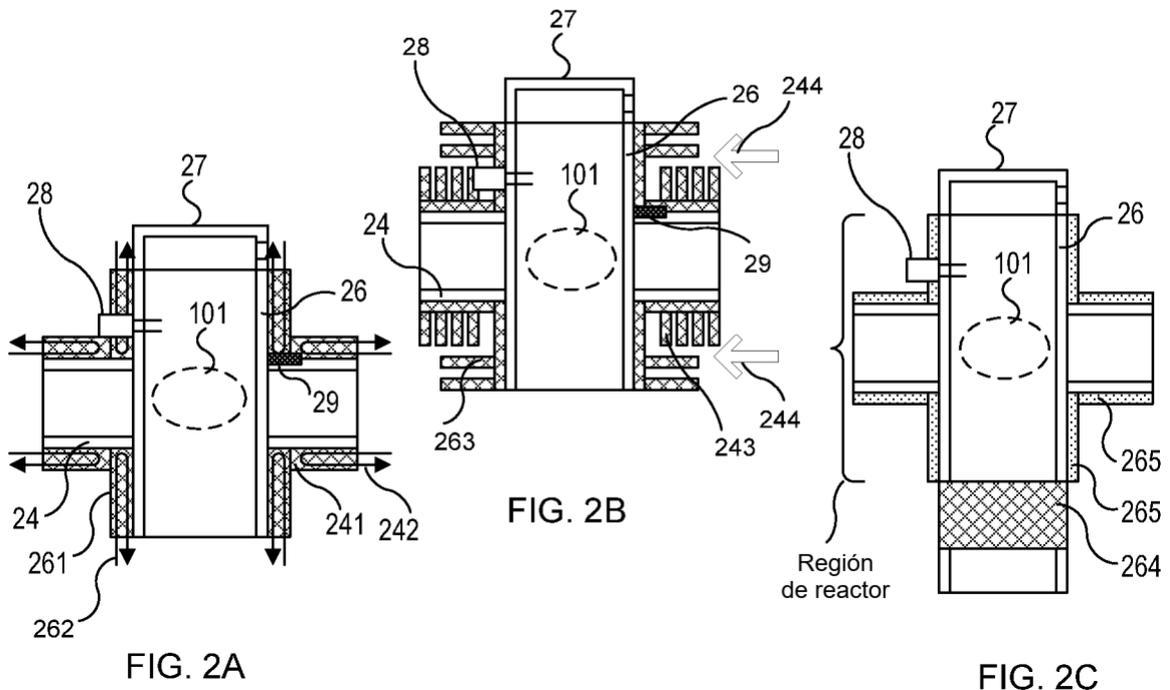
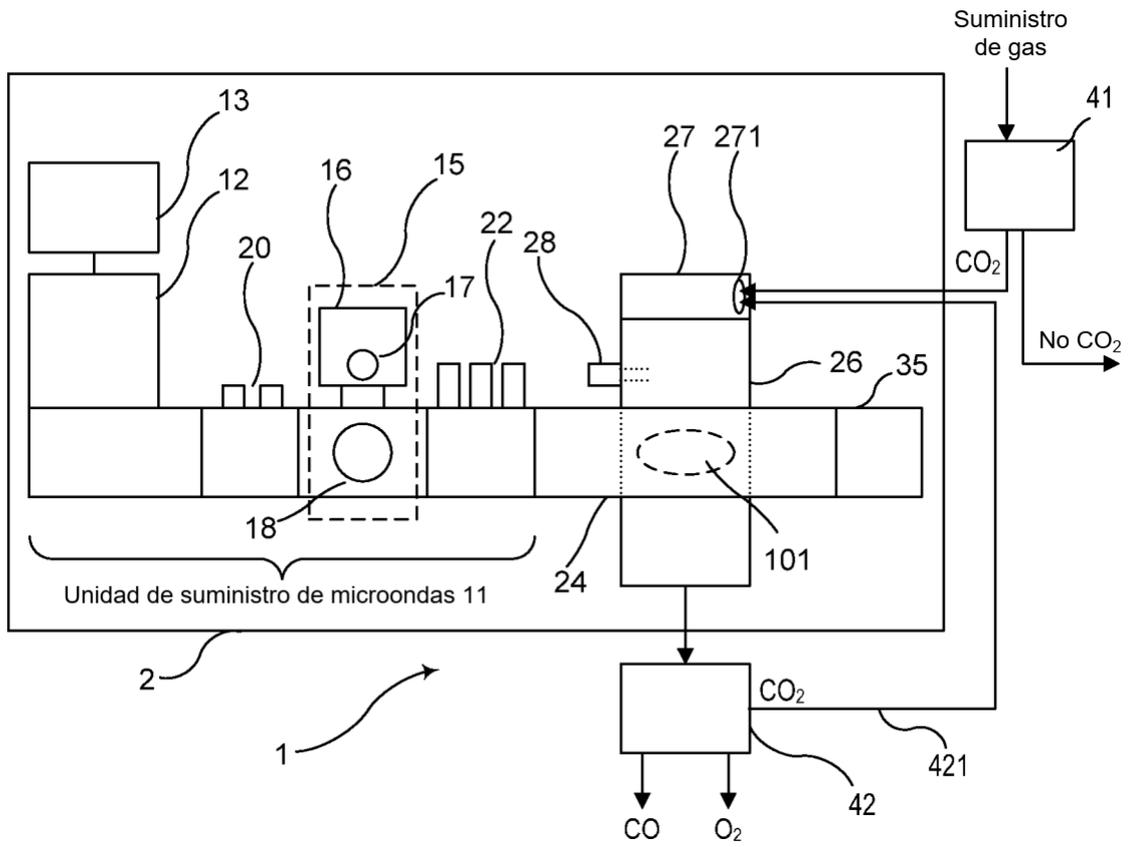
15 un separador del gas de entrada (41) dispuesto corriente arriba del colector del gas de entrada (51);

un separador del gas de salida (42) dispuesto corriente abajo del colector del gas de salida (52);

y

una línea de gas para dirigir el dióxido de carbono separado por el separador del gas de salida hacia el colector del gas de entrada para formar así un sistema de circulación de gas.

20 16. Un sistema de conversión de gas como se relata en la reivindicación 13, en el que cada uno de la pluralidad de sistemas de conversión de gas incluye adicionalmente un segundo medio de control de la temperatura (261) para controlar una temperatura del tubo de flujo de gas.



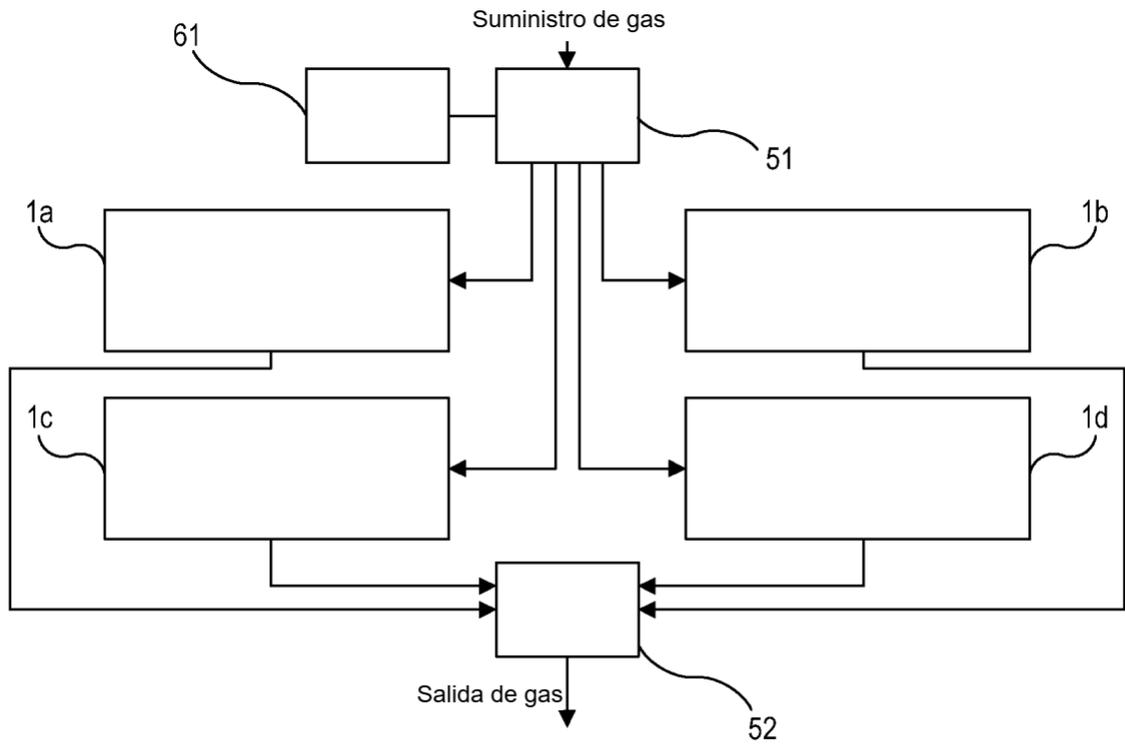


FIG. 3A

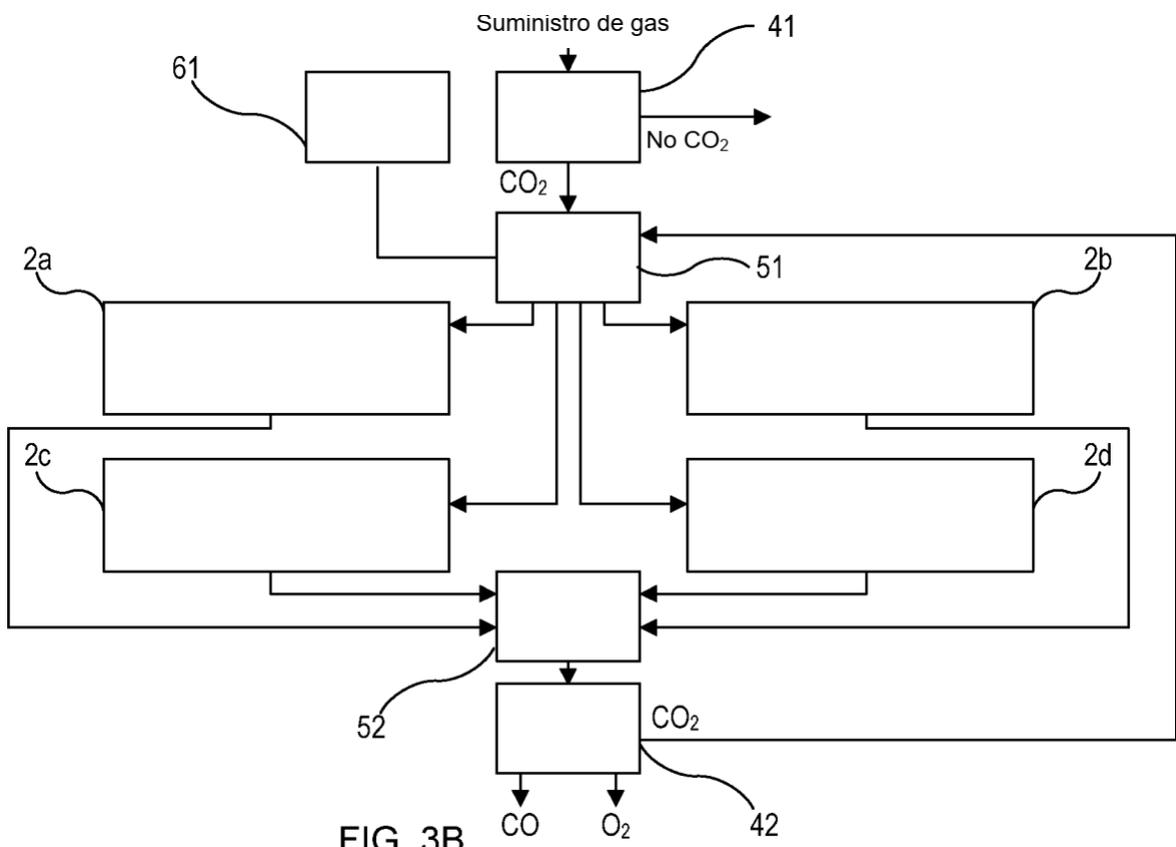


FIG. 3B

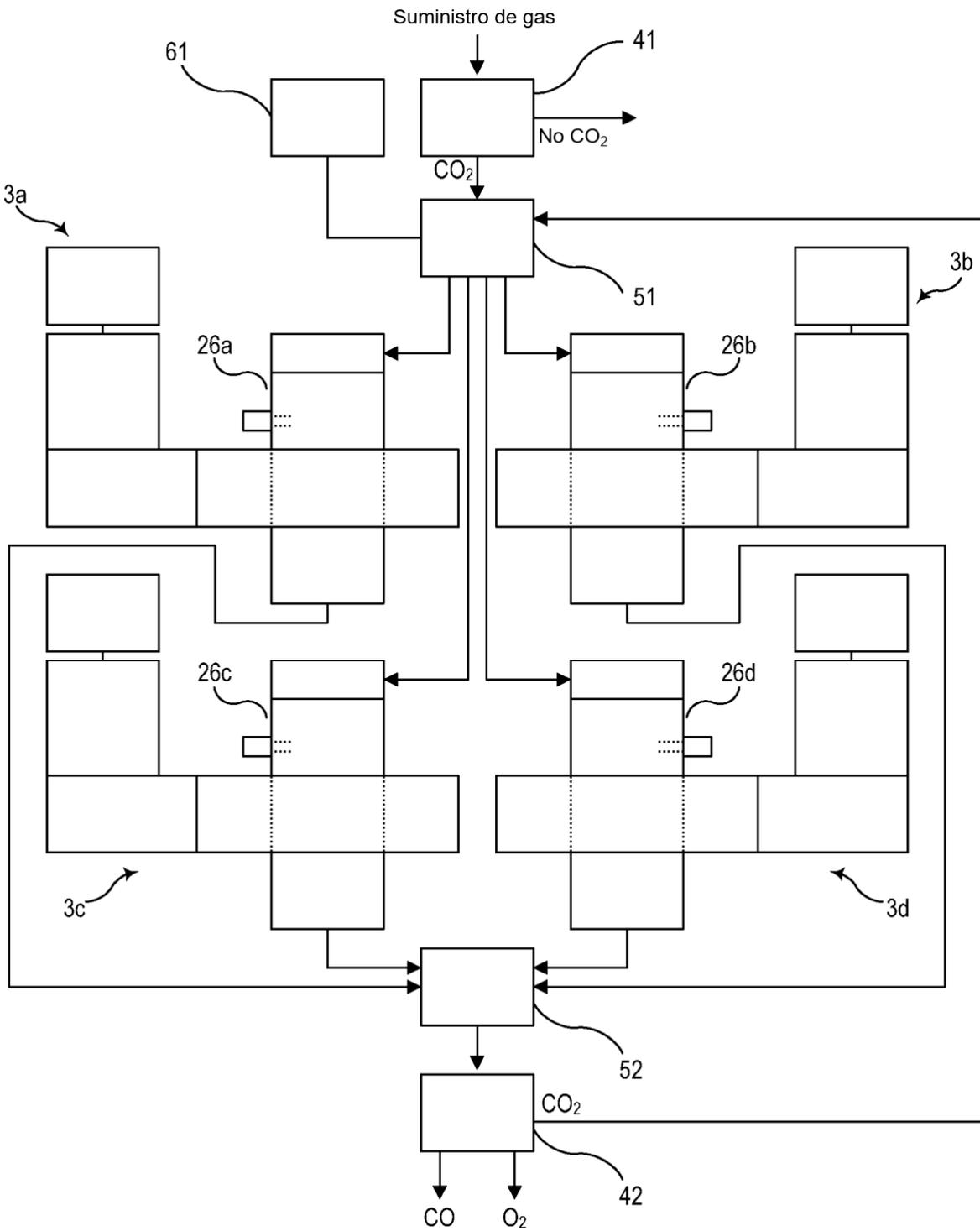


FIG. 4

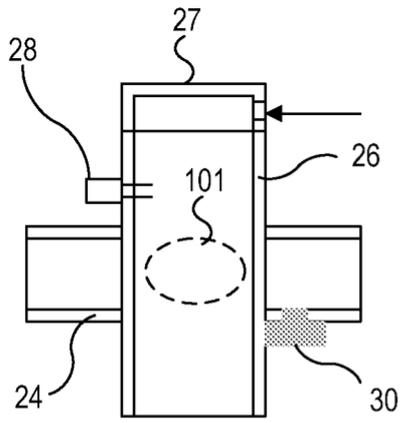


FIG. 5

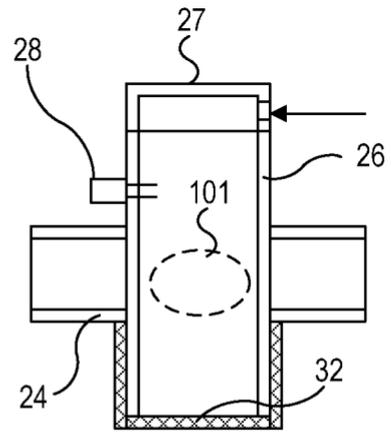


FIG. 6

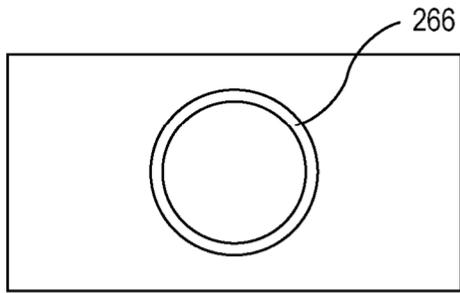


FIG. 7A

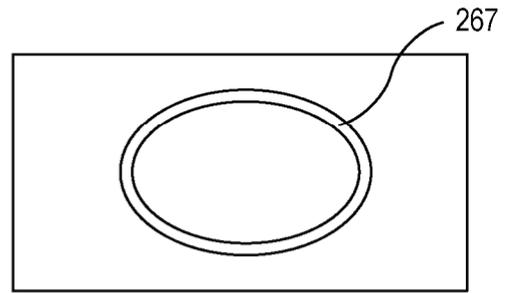


FIG. 7B

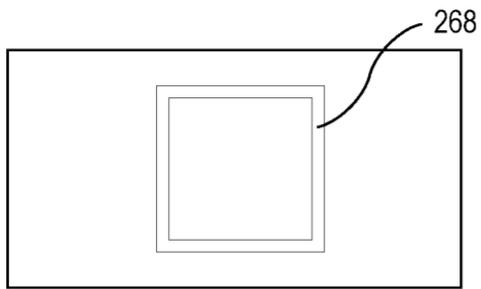


FIG. 7C

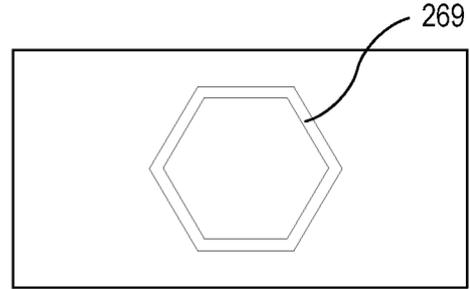
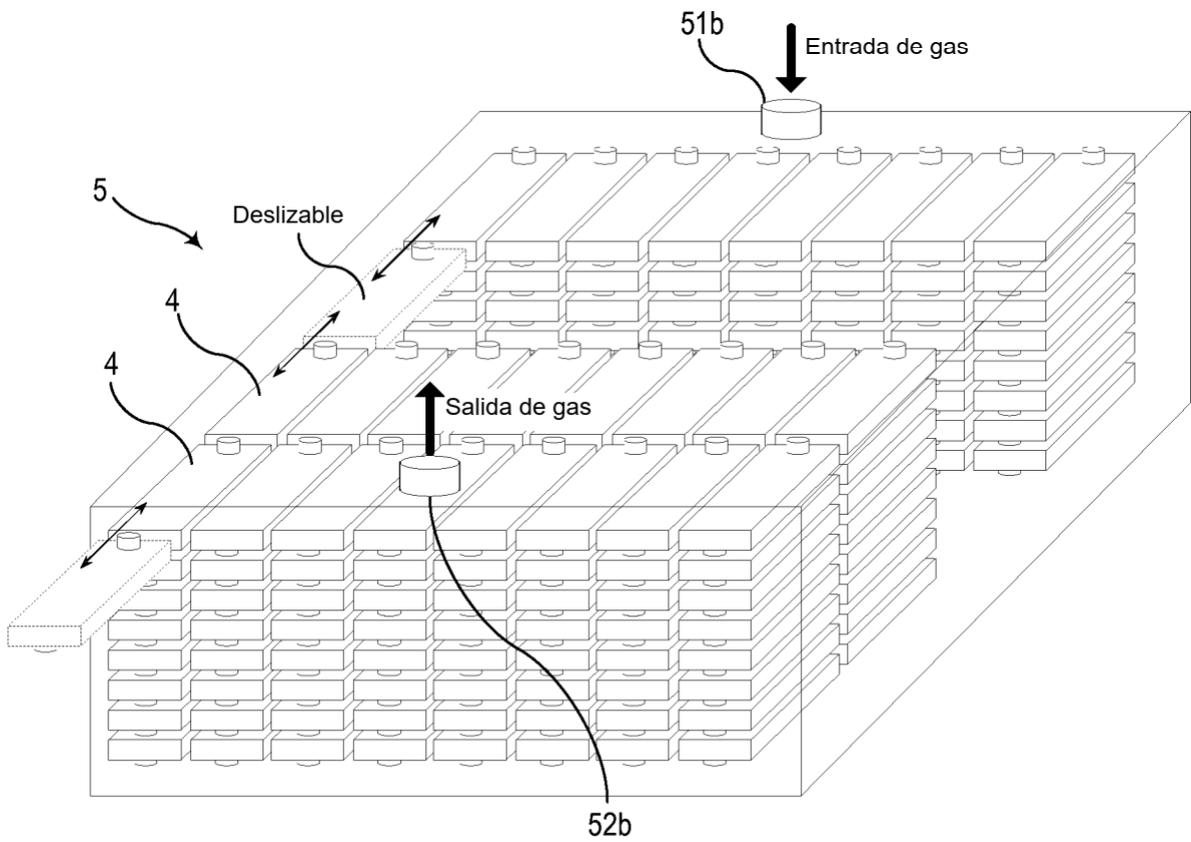
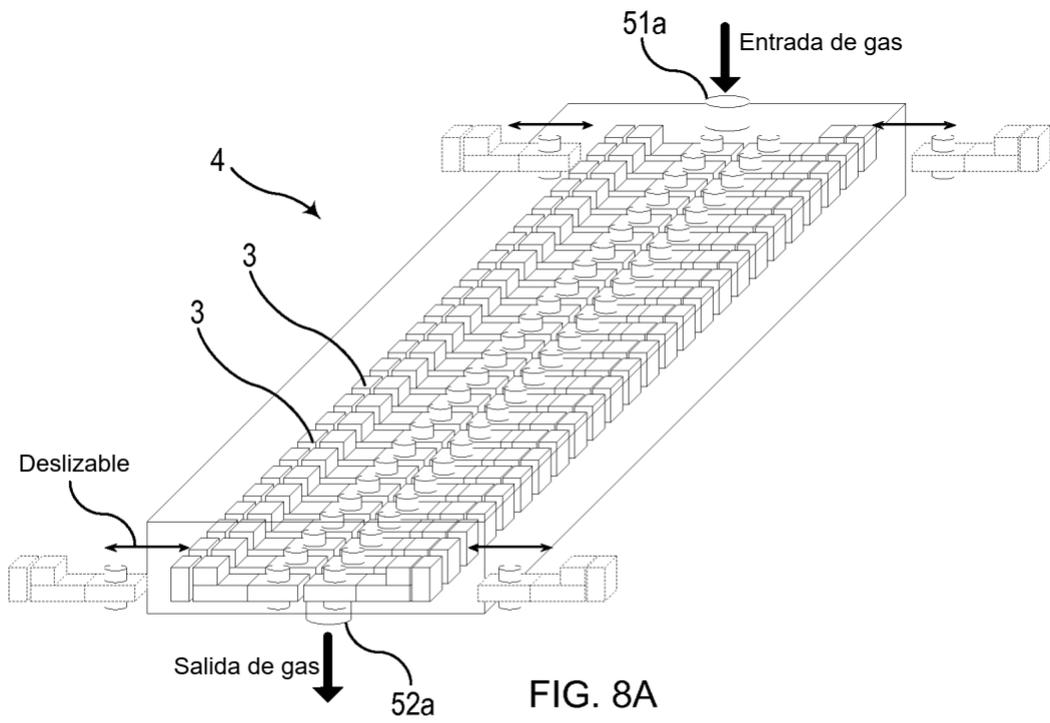


FIG. 7D



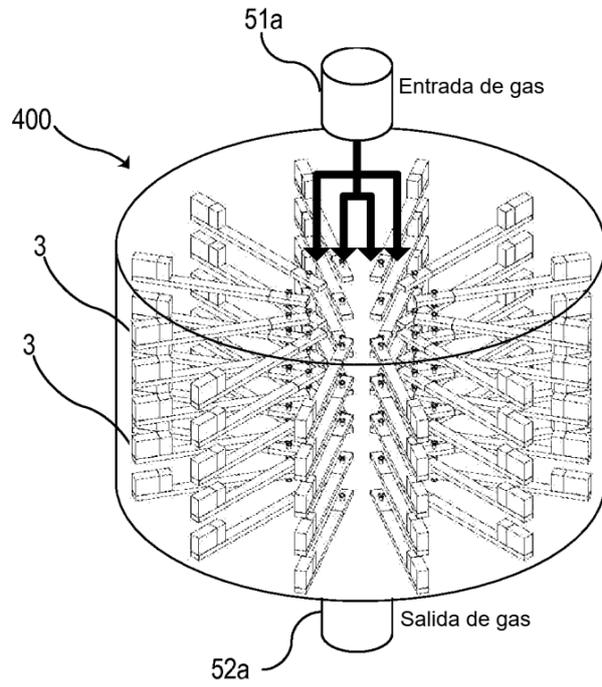


FIG. 9A

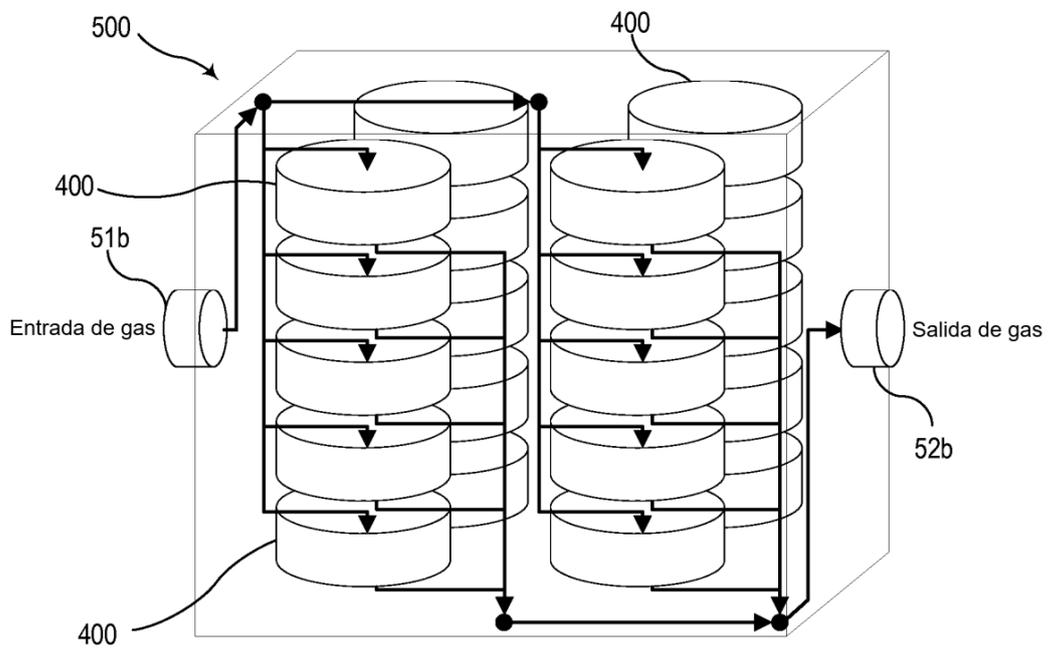


FIG. 9B