

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 633 493**

51 Int. Cl.:

B01J 19/08 (2006.01)

B01J 8/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.07.2014 PCT/FR2014/051950**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.03.2015 WO15040294**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.07.2014 E 14752906 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.06.2017 EP 3046665**

54 Título: **Reactor catalítico de lecho fluidizado que comprende un generador de plasma superficial**

30 Prioridad:

18.09.2013 FR 1358965

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

21.09.2017

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
25, Rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D"
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**ROUX, GUILHEM;
BEDEL, LAURENT y
BENGAOUER, ALAIN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 633 493 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

Reactor catalítico de lecho fluidizado que comprende un generador de plasma superficial

5 Campo de la invención

La invención se refiere al campo de la catálisis heterogénea en un lecho fluidizado.

Estado de la técnica

10

En la catálisis heterogénea, el catalizador está presente en una fase diferente a la de los reactivos y productos obtenidos a partir de la reacción catalítica, permitiendo de ese modo regenerar el catalizador de manera sencilla, y separar fácilmente los productos de reacción del catalizador.

15

Esta catálisis heterogénea se puede llevar a cabo en un « lecho fluidizado », que utiliza por ejemplo como catalizador un material de lecho sólido granular que puede presentar propiedades similares a las de un líquido o un gas, cuando se inyecta un gas por debajo del material con una velocidad superior a la de un umbral predeterminado. Un reactor catalítico de lecho fluidizado, o « FBR » (acrónimo anglosajón de « fluidized bed reactor »), también comprende una cámara en la que un catalizador adquiere la forma de, o está comprendido en, un lecho de material « fluidizable », normalmente designado con la expresión « lecho fluidizado ». La cámara comprende un conducto de entrada para la inyección de los reactivos en forma gaseosa y un conducto de salida para la recuperación de los productos de la catálisis. Los reactivos inyectados en forma gaseosa con una velocidad apropiada sobre el lecho catalítico entonces llevan a este último a presentar una fase fluidizada, lo que permite la transferencia de masa y térmica elevadas, y una homogeneidad térmica de la zona de reacción en la que se produce la reacción catalítica. Para más detalles con respecto a la catálisis heterogénea en lecho fluidizado, se podrá hacer referencia por ejemplo al documento « Dehydrogentions in fluidized bed: catalysis and reactor engineering », de Domenic Sanfilippo, Catalysis Today, vol. 178, pp 142-150, 2011.

20

25

30

Por otra parte, independientemente del tipo de catálisis contemplado, la gestión térmica de la fase catalítica en el caso de reacciones químicas exotérmicas o endotérmicas es un parámetro fundamental para garantizar una tasa de conversión elevada y constante de la reacción catalítica, para garantizar una selectividad constante en el caso de reacciones catalíticas simultáneas, y para limitar la desactivación del catalizador.

35

40

45

50

Para reacciones ligeramente exotérmicas o endotérmicas en reactores catalíticos de pequeña capacidad, el calor producido por la reacción catalítica (o el calor necesario para la reacción) se puede evacuar (alimentado respectivamente) a través de las paredes del reactor, lo que generalmente es suficiente para mantener una temperatura uniforme en la zona de reacción. Por el contrario, cuando las reacciones son altamente exotérmicas o endotérmicas ($|ΔH^0| > 100 \text{ kJ.mol}^{-1}$), y/o cuando el reactor presenta una gran capacidad, normalmente es necesario tener en cuenta un dispositivo adicional para mantener la homogeneidad de la temperatura de dicha zona. Por ejemplo, en el contexto de reactores catalíticos de lecho fluidizado, a partir de los documentos CN 20238744 y CN 102513037, se conoce un serpentín que está situado en el lecho fluidizado y conectado a un circuito de circulación de fluido para el calentamiento o el enfriamiento de la zona catalítica.

45

50

Además se conoce el uso de plasma frío en catálisis heterogénea, en particular para la síntesis de productos químicos, tal como se describe por ejemplo en el documento « *Plasma-assisted catalytic methanation of CO and CO₂ over Ni-zeolite catalyst* » de E. Jwa *et al*, Fuel Processing Technology, vol. 108, pp 89-93, 2013. La energía proporcionada por el plasma promueve la activación de las especies reactivas, en particular iones, radicales, electrones y especies excitadas. La aplicación de un plasma en la proximidad de una fase catalítica permite una mejora de la eficacia de la reacción química a una temperatura dada o permite disminuir la temperatura de la reacción para una tasa de conversión dada.

55

60

65

Entre las tecnologías de plasmas fríos, la tecnología de descarga de barrera dieléctrica, más conocida bajo el acrónimo anglosajón DBD (para « *Discharge Barrier Dielectric* »), consiste en aplicar una señal de corriente alterna o de pulsos entre dos electrodos, estando los electrodos separados por un sustrato dieléctrico con el fin de evitar la formación de un arco eléctrico. Los documentos « *Surface modification of the nanoparticles by an atmospheric room-temperature plasma fluidized bed* » de G. Chen *et al*, Applied Surface Science, vol. 254, pp 3915-3920, 2008 y KR 2004/0085168, describen por ejemplo un reactor catalítico de lecho fluidizado que incorpora la tecnología de plasma DBD denominados « volumétricos ». La pared del reactor es tubular, con una sección circular, y realizada con material dieléctrico, y en la pared exterior del reactor y en el centro del reactor se forman dos electrodos respectivamente. El electrodo central está conectado a una fuente de corriente alterna de alta tensión y el electrodo externo está conectado a tierra. De ese modo, en el volumen interno del reactor entre el electrodo central y la pared del reactor se produce un plasma frío. Sin embargo, la tensión necesaria para generar el plasma aumenta con la distancia que separa los electrodos y el grosor de la pared del reactor. Además, la separación entre los electrodos depende en particular de la naturaleza de los gases, la naturaleza del sustrato dieléctrico (en particular su rigidez dieléctrica) y su grosor (normalmente de varios milímetros), y la tensión disponible aplicada al electrodo central. En la práctica, la distancia entre electrodos se limita por lo tanto a una distancia inferior a un centímetro de forma

convencional, es decir, varios milímetros. Por lo tanto, de ese modo se limita el volumen de la zona catalítica que aprovecha un plasma frío.

Descripción de la invención

5 El objeto de la presente invención es proponer un reactor catalítico de lecho fluidizado que tenga un volumen importante de zona catalítica bañado en un plasma frío y con la temperatura controlada.

Para este fin, la invención tiene como objeto un reactor catalítico de lecho fluidizado que comprende:

- 10
- una cámara que comprende un conducto de entrada de gas y un conducto de salida de gas;
 - un lecho catalítico situado en la cámara y que comprende un material catalizador adecuado para presentar una fase fluidizada bajo el efecto de un gas inyectado en la cámara por el conducto de entrada; y
 - 15 ■ al menos un dispositivo de generación de plasma por descarga de barrera dieléctrica situado en el lecho catalítico, siendo dicho dispositivo adecuado para generar un plasma a partir del gas inyectado en la cámara por el conducto de entrada.

De acuerdo con la invención:

- 20
- dicho al menos un dispositivo de generación de plasma comprende:
 - un elemento dieléctrico situado en el lecho catalítico y que comprende una primera y una segunda cara enfrentadas; y
 - un primer y un segundo electrodos montados de manera asimétrica respectivamente sobre la primera y la
- 25
- y al menos uno del primer y segundo electrodos comprende un tubo adecuado para con su conexión a un circuito de circulación de fluido.

30 En otros términos, el dispositivo de generación de plasma es un dispositivo de descarga de barrera de dieléctrica de tipo « superficial » que permite la producción de una gran zona de plasma con una tensión de corriente alterna o de pulsos. En particular, el plasma se crea en la proximidad de la superficie del elemento dieléctrico, en particular una capa de dieléctrico, y el aire del plasma se puede ajustar en función del espacio entre electrodos. Además, la tensión necesaria para generar el plasma es ligeramente independiente del espacio entre electrodos tal como es el caso del

35 plasma volumétrico. Entonces, la tensión se puede utilizar para controlar las especies creadas por el plasma y la velocidad de la corriente iónica.

De manera ventajosa, en un plano de corte del elemento dieléctrico, las partes del primer electrodo están alternadas con las partes del segundo electrodos, en particular alternadas de forma regular.

40 En otras palabras, el plasma de superficie crea una aceleración de los gases en la proximidad del electrodo sometido a una tensión de corriente alterna o de pulsos en dirección de la parte de dieléctrico bajo la que se localiza el otro electrodo. Al alternar las partes del primer y del segundo electrodos, se generan corrientes iónicas contrarias de modo que se produce un chorro perpendicular de las especies creadas por el plasma en la superficie del

45 elemento dieléctrico, lo que mejora el intercambio de las especies creadas por el plasma y el catalizador comprendidos en el lecho fluidizado.

Un ejemplo de dispositivo de generación de plasma de superficie se describe en el documento US 7 380 756 y en el documento « *Aerodynamic plasma actuators: A directional micro-jet device* » de N. Bénard *et al*, Thin Solid Films, Vol. 516, pp. 6660-6667, 2008.

50

Además, al menos una electrodo del dispositivo de generación de plasma es tubular y por lo tanto permite hacer circular, en la zona catalítica, un fluido para enfriar esta zona si la reacción catalítica es exotérmica o calentar dicha zona si la reacción catalítica es endotérmica. Por lo tanto no es necesario proporcionar un dispositivo separado de modo que la disposición global del reactor es más compacta desde este punto de vista.

55

De manera ventajosa, el reactor catalítico comprende una o varias de las características siguientes:

- 60
- el elemento dieléctrico adquiere la forma de un tubo o de una placa;
 - el primer y el segundo electrodos son electrodos helicoidales desplazados el uno con respecto al otro;
 - uno entre el primer y el segundo electrodos es un serpentín que comprende partes paralelas, en el que el otro entre el primer y el segundo electrodos es un peine que comprende dientes paralelos, y las partes y los dientes están intercalados;
 - el grosor del elemento dieléctrico entre la primera y la segunda caras es inferior a 1 centímetro y de manera
- 65 ventajosa está comprendido entre 2 milímetros y 5 milímetros;

- el primer y el segundo electrodos comprenden partes paralelas de longitud idéntica, estando las partes del primer electrodo desplazadas con respecto a las partes del segundo electrodo en una distancia comprendida entre 0,1 veces y 100 veces la longitud de dichas partes, de manera ventajosa una distancia comprendida entre 0,5 veces y 1,5 veces;
- 5 ■ el reactor comprende varios dispositivos de generación de plasma, en particular al menos una fila de dispositivos de generación de plasma.

La invención también tiene como objeto un sistema catalítico que comprende:

- un reactor catalítico del tipo « lecho fluidizado » del tipo mencionado anteriormente;
 - un circuito de inyección de gas conectado al conducto de entrada de la cámara;
 - un circuito de recogida de gas conectado al conducto de salida de la cámara;
 - un generador de tensión de corriente alterna o de pulsos conectada al primer electrodo de cada uno de al menos un dispositivo de generación de plasma;
- 15 ■ una toma de tierra conectada al segundo electrodo de cada uno de al menos un dispositivo de generación de plasma; y
- un circuito de circulación de fluido conectado al o los electrodos tubulares de cada uno de al menos un dispositivo de generación de plasma.

20 Breve descripción de las figuras

La invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción que sigue a continuación, proporcionara únicamente a modo de ejemplo, y realizada en relación con las figuras adjuntas en las que:

- la figura 1 es una vista esquemática en sección de un reactor catalítico de lecho fluidizado de acuerdo con la invención;
- la figura 2 es una vista esquemática en sección del dispositivo de generación de plasma que se usa en la construcción del reactor de la figura 1;
- las figuras 3A et 3B son vistas esquemáticas desde la parte superior respectivamente de una variante del primero y segundo electrodos del generador de plasma que se usan en la construcción del reactor de acuerdo con la invención;
- la figura 4 es una vista esquemática en sección que ilustra una variante del reactor de acuerdo con la invención;
- y
- la figura 5 es una vista esquemática en sección que ilustra otra variante del reactor de acuerdo con la invención.

35 Descripción detallada de la invención

En la figura 1, un reactor catalítico de lecho fluidizado 10 de acuerdo con la invención comprende:

- una cámara hermética 12 tubular de sección circular, que comprende dos partes coaxiales 14, 16 de diámetros diferentes, un conducto de inyección de gas 18 conectado a la parte 14 de menor diámetro y situado en el eje de la cámara 12, y un conducto de salida de gases 20, conectado a la parte 16 de diámetro mayor y situado en el eje de la cámara 12;
- un distribuidor de gas 22 para inyectar de manera uniforme en la zona fluidizada 24 el gas que proviene del conducto de inyección 18;
- un lecho fluidizado 24 que comprende al menos en parte un catalizador y que está situado en la parte 14 de la cámara; y
- un dispositivo de generación de plasma frío 26, situado en el lecho fluidizado 24.

50 El dispositivo de generación de plasma frío 26 comprende:

- un elemento dieléctrico 28 en forma de tubo, por ejemplo de sección circular, situado en la parte 14 de la cámara y coaxial con la misma;
- un primer electrodo 30 formado sobre la cara externa del tubo dieléctrico 28, enrollado sobre la misma de manera helicoidal y que toma la forma de un tubo, por ejemplo de sección circular o cuadrada, en el que puede circular un fluido. Además, el electrodo 30 está conectado en sus dos extremos a los respectivos conductos 32, 34 adecuados para su conexión a un circuito de circulación de fluido (no representado). Además, el electrodo 30 es adecuado para su conexión a tierra 36 de una fuente de tensión de corriente alterna o de pulsos 38; y
- un segundo electrodo 40 formado sobre la cara interna del tubo dieléctrico 28, enrollado sobre la misma de manera helicoidal y desplazado con respecto al primer electrodo 28. Además, el segundo electrodo 40 es adecuado para su conexión al borne 42 suministrando la tensión de corriente alterna o de pulsos del generador de alta tensión 38.

65 El tubo dieléctrico 28 está formado en particular por un material aislante eléctrico con una resistividad superior a $10^8 \Omega \cdot m$, como por ejemplo una cerámica, cuarzo, alúmina, sílice (SiC) o nitruro de boro. El tubo 27 tiene en particular un grosor inferior a 1 centímetro y de preferencia un grosor comprendido entre 2 y 5 milímetros.

Los electrodos 30 y 40 están formados de preferencia por un material conductor eléctrico que tiene una resistividad inferior a $1 \Omega \cdot m$, formados por ejemplo por un metal o por una aleación de metales. Por ejemplo, los electrodos 28 y 40 están formados por acero inoxidable 316L, cobre, aluminio o un material catalítico conductor.

5 En funcionamiento, el reactor 10 de acuerdo con la invención está conectado a un circuito de inyección de reactivos en forma gaseosa y un circuito de recogida de los productos en forma gaseosa obtenidos en la reacción catalítica, respectivamente a través de los conductos 18, 20, a un circuito de flujo de fluido en el primer electrodo 30 por medio de los conductos 32, 34 y los electrodos 30, 40 están conectados a los bornes del generador de alta tensión de corriente alterna o de pulsos 38.

10 Los reactivos se inyectan a una velocidad apropiada para que el material del lecho 24 adopte una fase fluidizada, la fuente de tensión se activa para generar sobre la superficie del tubo dieléctrico 28 un plasma frío a partir de los reactivos gaseosos inyectados en la cámara y un fluido circula a través del primer electrodo para evacuar o calentar la zona de reacción 24 y de ese modo homogeneizar la temperatura en el lecho fluidizado 24.

15 Tal como esto se ilustra en la vista en sección de la figura 2, por ejemplo de acuerdo con un plano cualquiera paralelo al eje X de la cámara 12, la forma helicoidal de los electrodos 30, 40 permite alternar de forma regular las partes del primer electrodo 30 con las partes del segundo electrodo 40 por un lado y por otro del tubo dieléctrico 28. Como se ilustra en los bordes del tubo 28 en el que solo se presentan las partes del primer electrodo 30 trasladado a una potencial eléctrica constante, se crea una corriente iónica desde la parte del segundo electrodo 40 adyacente, convirtiéndose la corriente iónica en ligeramente paralela a la superficie del dieléctrico 28, como se ilustra esto mediante la flecha F_p . Por lo tanto, la combinación de las partes de electrodos y de dieléctrico forma una celda « elemental » de generación de corriente iónica. Alternando estas celdas elementales, como se ilustra en las zonas C1 y C2 de la figura 2, de ese modo se crean corrientes iónicas contrarias a F_c que, cuando se encuentran, producen por lo tanto un chorro iónico perpendicular F_n en la superficie del dieléctrico 28. Esta corriente iónica perpendicular F_n , que puede alcanzar varios metros por segundo, permite de ese modo bañar todo el volumen interno del tubo 28, y en consecuencia ligeramente toda la parte del lecho fluidizado 24 en el que se produce la reacción catalítica. De manera ventajosa, la alternancia de los primeros y segundos electrodos 30, 40 cubre una superficie máxima del tubo 28 con el fin de maximizar el volumen del lecho fluidizado bañado por el plasma.

20 La tensión aplicada al segundo electrodo 40 interno al tubo dieléctrico 28 está comprendida entre +/- 2 kV y +/- 100 kV y de preferencia entre +/- 5 y +/- 20 KV para frecuencias comprendidas entre 1 Hz y 1 GHz, y de preferencia entre 50 Hz y 100 kHz. La tensión es por ejemplo sinusoidal, triangular, o de pulsos. Además, el plasma se puede activar de forma continua o discontinua con periodos de varios minutos por hora, por ejemplo.

35 Se han descrito electrodos helicoidales 30, 40. Los electrodos de este tipo permiten cubrir de una manera sencilla una gran superficie del tubo dieléctrico 28, y por lo tanto generar una zona de plasma de gran tamaño. Sin embargo, los electrodos pueden adoptar otras formas. Por ejemplo, tal como se ilustra en las figuras 3A y 3B, el primer electrodo 30 adquiere la forma de un serpentín que tiene partes rectas y paralelas 50, el segundo electrodo 40 adquiere la forma de un peine que tiene dientes rectos y paralelos 52 y los dientes 52 del segundo electrodo 40 están situados sobre la cara interior del tubo dieléctrico 28 en comparación con los espacios entre las partes 50 del primer electrodo 30, el primer y segundo electrodos 30, 40 adquiriendo de ese modo la forma de electrodos intercalados.

45 De una manera general, los electrodos 30, 40 pueden adoptar cualquier forma, siempre que se coloquen en el plano de la capa de dieléctrico, como se ilustra de manera esquemática en la figura 2 con el fin de generar una corriente iónica perpendicular F_n dirigida al lecho fluidizado 24. De preferencia, si los electrodos 30, 40 tienen la misma longitud l , la distancia e que separa los mismos está entre 0,1 y 100 veces la longitud l de los electrodos, y de forma ventajosa una distancia comprendida entre 0,5 y 2 veces y de preferencia entre 1 vez y 1,5 veces. De hecho se observa que para una distancia e igual a una vez la longitud l de los electrodos, la velocidad de los chorros de plasma desde la superficie de la capa de dieléctrico es máxima, y puede tener un valor de varios metros por segundo. Más allá de una distancia de e igual a 1,5 veces la longitud l de los electrodos, la velocidad de esta corriente iónica disminuye muy rápidamente hasta que se hace insignificante.

50 Del mismo modo, se ha descrito un material dieléctrico 28 en forma de un tubo. Por el contrario, como se ilustra en la figura 4, el material dieléctrico 28 adquiere la forma de una placa situada en el lecho 24 en el centro de la parte 14 de la cámara 12. Los electrodos 30, 40, situados en ambos lados del material dieléctrico 28, son por ejemplo, respectivamente, un serpentín y un peine intercalados como se ha descrito anteriormente.

60 Del mismo modo, se ha descrito un dispositivo de generación de plasma 26 situado en el reactor 10. Por el contrario, varios dispositivos tal como se ha descrito anteriormente se sitúan en la cámara, por ejemplo dos filas de dispositivos 26 colocadas de manera regular en la cámara 12 a cada lado de su eje. Esta configuración permite crear varias zonas de plasma y por lo tanto permite cubrir un gran volumen para reactores de grandes dimensiones. De este modo es posible obtener una zona catalítica bañada en un plasma frío, y por lo tanto un aumento de la eficacia de la reacción catalítica, comprendida incluso para reactores de gran volumen. Por ejemplo, en el reactor 10 se colocan cuatro dispositivos. Los primeros electrodos tubulares 30 de los dispositivos de generación de plasma 26

están conectados de manera ventajosa entre los mismos con el fin de definir un único recorrido de circulación de fluido cuyos extremos están conectados a los conductos 32, 34. Del mismo modo, todos los primeros electrodos 30 están conectados a tierra 36 y todos los segundos electrodos 40 están conectados al borne de alta tensión de corriente alterna o de pulsos 38 con el fin de obtener un control único para la generación del plasma.

5 Del mismo modo, se ha descrito un primer electrodo tubular 30 para la circulación de fluido. Por el contrario, el segundo electrodo 40 también es tubular y es adecuado para su conexión al circuito de circulación de fluido o a otro circuito de circulación de fluido, o solo el segundo electrodo es de este tipo.

10 Del mismo modo, el esquema de conexión eléctrica del primer y segundo electrodos se puede invertir.

La invención encuentra una aplicación en particular en las reacciones de hidrogenación de CO, CO₂, y de moléculas orgánicas, en las reacciones de deshidrogenación de moléculas orgánicas, en las reacciones de reformado de hidrocarburos, en las reacciones de oxidación, y en las reacciones de síntesis química.

15

REIVINDICACIONES

1. Reactor catalítico de lecho fluidizado (10) que comprende:

- 5 ■ una cámara (12) que comprende un conducto de entrada de gas (18) y un conducto de salida de gas (20);
- un lecho catalítico (24) situado en la cámara (12) y que comprende un material catalizador adecuado para presentar una fase fluidizada bajo el efecto de un gas inyectado en la cámara (12) por el conducto de entrada (18); y
- 10 ■ al menos un dispositivo de generación de plasma por descarga de barrera dieléctrica (26) situado en el lecho catalítico (24), siendo dicho dispositivo (26) adecuado para generar un plasma a partir del gas inyectado en la cámara (12) por el conducto de entrada (18),

caracterizado:

- 15 ■ por que dicho al menos un dispositivo de generación de plasma (26) comprende:
 - un elemento dieléctrico (28) situado en el lecho catalítico (24) y que comprende una primera y una segunda cara enfrentadas; y
 - 20 ○ un primer y un segundo electrodos (30, 40) montados de manera asimétrica respectivamente sobre la primera y la segunda caras del elemento dieléctrico (28), y adecuados para su conexión a una fuente de tensión (38);
- y por que al menos uno del primer y segundo electrodos (30, 40) comprende un tubo adecuado para su conexión a un circuito de circulación de fluido.

25 2. Reactor catalítico de lecho fluidizado de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el elemento dieléctrico (28) adquiere la forma de un tubo o de una placa.

30 3. Reactor catalítico de lecho fluidizado de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que en un plano de corte del elemento dieléctrico (28), las partes del primer electrodo (30) están alternadas con las partes del segundo electrodo (40), en particular alternadas de forma regular.

4. Reactor catalítico de lecho fluidizado de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado por que el primer y el segundo electrodos (30, 40) son electrodos helicoidales desplazados el uno con respecto al otro.

35 5. Reactor catalítico de lecho fluidizado de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado por que uno entre el primer y el segundo electrodos (30, 40) es un serpentín que comprende partes paralelas (50), en el que el otro entre el primer y el segundo electrodos (30, 40) es un peine que comprende dientes paralelos (52), y por que las partes (50) y los dientes (52) están intercalados.

40 6. Reactor catalítico de lecho fluidizado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el grosor del elemento dieléctrico (28) entre la primera y segunda caras es inferior a 1 centímetro y de manera ventajosa está comprendido entre 2 milímetros y 5 milímetros.

45 7. Reactor catalítico de lecho fluidizado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el primer y el segundo electrodos (30, 40) comprenden partes paralelas de longitud idéntica, estando las partes del primer electrodo desplazadas con respecto a las partes del segundo electrodo en una distancia comprendida entre 0,1 veces y 100 veces la longitud de dichas partes, de manera ventajosa una distancia comprendida entre 0,5 veces y 1,5 veces.

50 8. Reactor catalítico de lecho fluidizado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que comprende varios dispositivos de generación de plasma (26), en particular al menos una fila de dispositivos de plasma (26).

9. Sistema catalítico que comprende:

- 55 ■ un reactor catalítico (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes;
- un circuito de inyección de gas conectado al conducto de entrada de la cámara;
- un circuito de recogida de gas conectado al conducto de salida de la cámara;
- una fuente de tensión de corriente alterna o de pulsos conectada al primer electrodo de cada uno de al menos un dispositivo de generación de plasma;
- 60 ■ una toma de tierra conectada al segundo electrodo de cada uno de al menos un dispositivo de plasma; y
- un circuito de circulación de fluido conectado al o los electrodos tubulares de cada uno de al menos un dispositivo de generación de plasma.

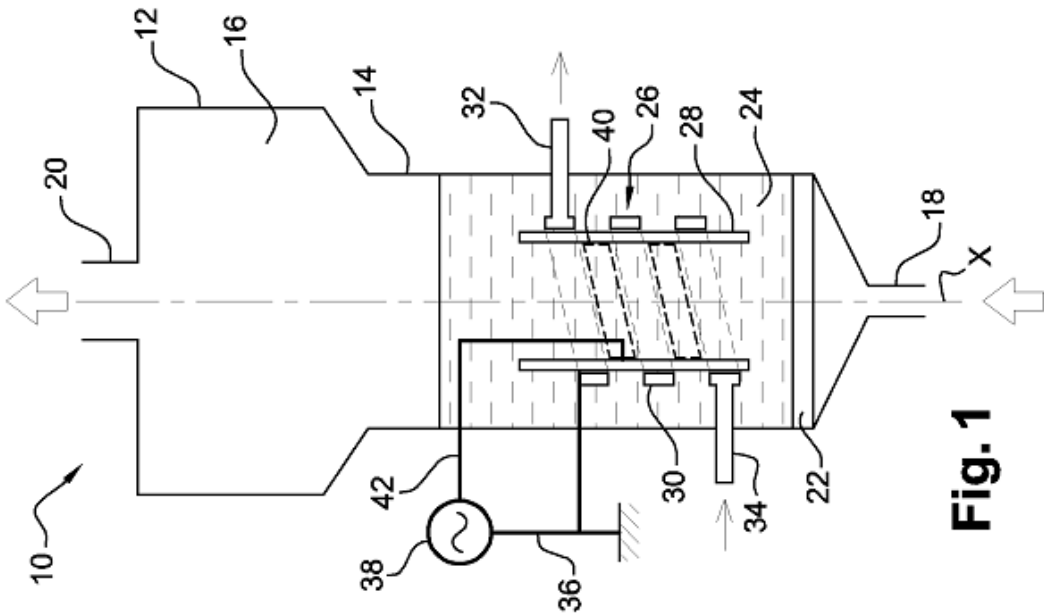


Fig. 1

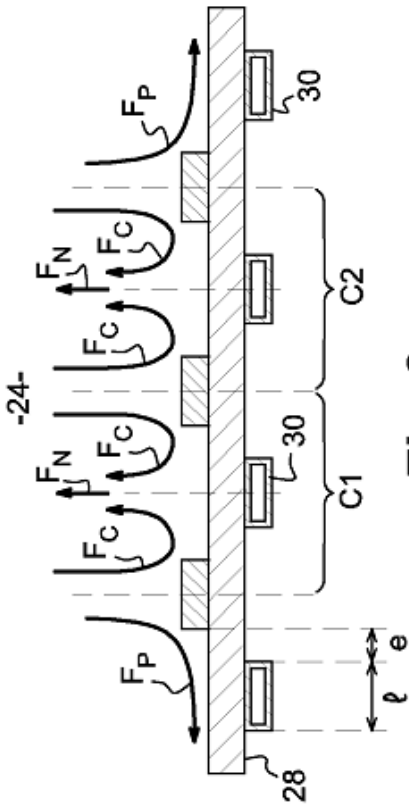


Fig. 2

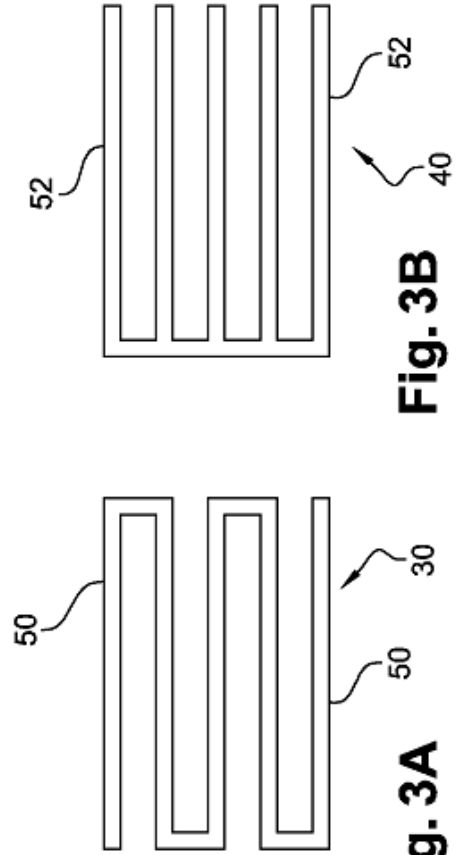


Fig. 3A

Fig. 3B

Fig. 4

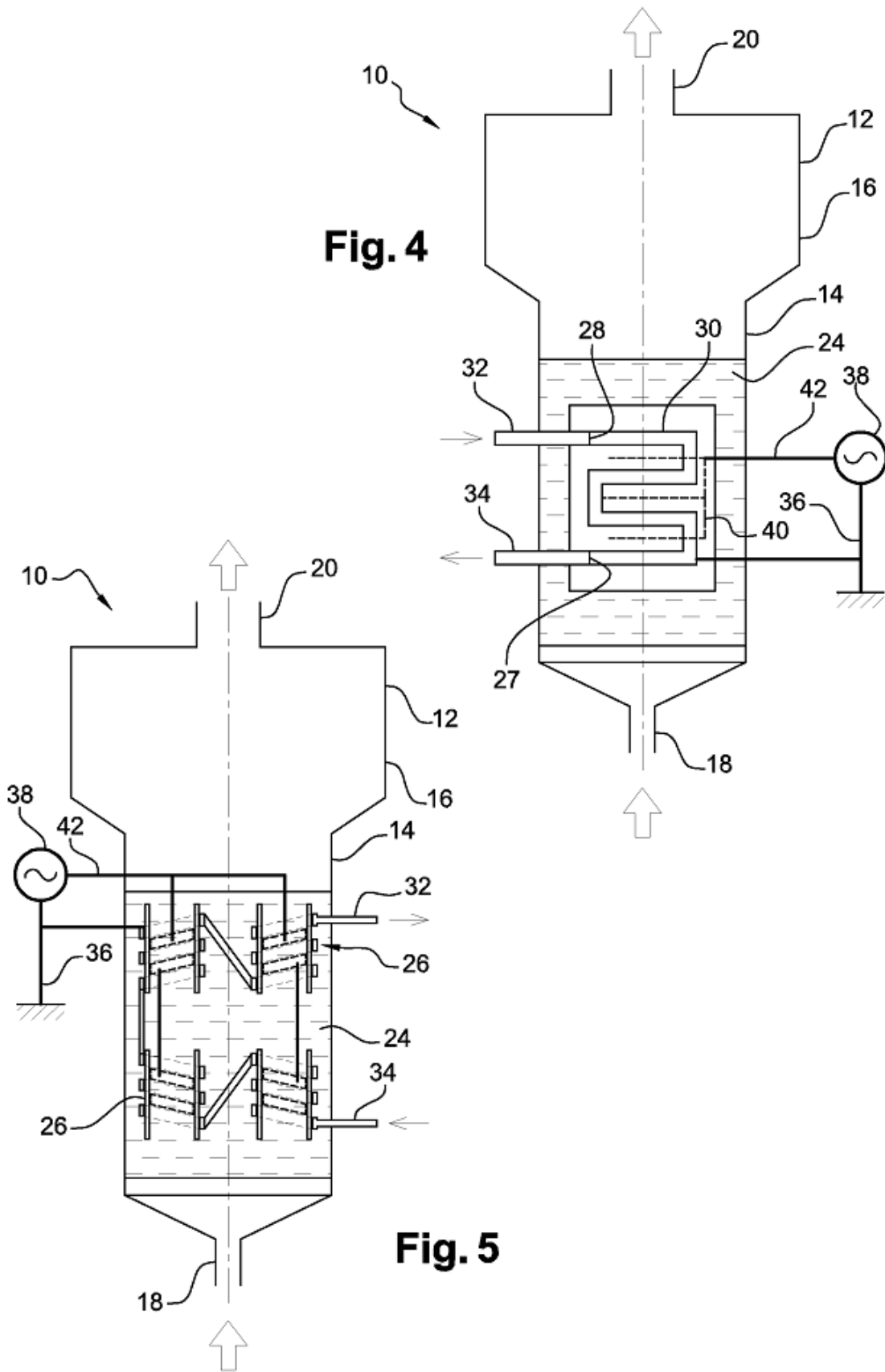


Fig. 5