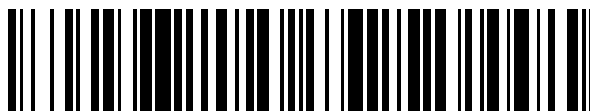


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 656 364**

51 Int. Cl.:

H01M 4/90 (2006.01)

B05D 5/12 (2006.01)

H01M 8/16 (2006.01)

H01M 4/86 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.11.2009 PCT/IL2009/001017**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.05.2010 WO10049936**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.11.2009 E 09823184 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.11.2017 EP 2351130**

54 Título: **Electrodos para su uso en células de combustible bacterianas y células de electrolisis bacterianas y células de combustible bacterianas y células de electrolisis bacterianas que emplean tales electrodos**

30 Prioridad:

30.10.2008 US 198027 P

31.05.2009 US 182727 P

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

26.02.2018

73 Titular/es:

**EMEFCY LIMITED (100.0%)
7 HaEshel Street P.O. Box 3171
30889 Caesarea, IL**

72 Inventor/es:

**SHECHTER, RONEN ITZHAK;
LEVY, EYTAN BARUCH y
ESHED, LIOR**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 656 364 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

Electrodos para su uso en células de combustible bacterianas y células de electrolisis bacterianas y células de combustible bacterianas y células de electrolisis bacterianas que emplean tales electrodos

Referencia a aplicaciones relacionadas

5 Se hace referencia a la solicitud de patente provisional de Estados Unidos relacionada del solicitante n.º de serie 61/198.027 presentada el 30 de octubre de 2008 y titulada Electrodes For Microbial Fuel Cells And Microbial Electrolysis Cells, cuya prioridad se reclama por la presente.

10 Se hace referencia a la solicitud de patente provisional de Estados Unidos relacionada del solicitante n.º de serie 61/182.727 presentada el 31 de mayo de 2009 y titulada Microbial Fuel Cell, cuya prioridad se reclama por la presente.

Campo de la invención

La presente invención se refiere a dispositivos químicos bioeléctricos, en general y más específicamente, a las células de combustible bacterianas y a las células de electrolisis bacterianas.

Antecedentes de la invención

15 Se cree que las siguientes publicaciones representan el estado actual de la técnica:

Microbial Fuel Cells: Methodology and Technology, Bruce E. Logan y col., Environ. Sci. Technol., 40 (17), 5181 - 5192, 2006.

Microbial Fuel Cells-Challenges and Applications, Bruce E. Logan y John M. Regan, Environ Sci. Tech., Vol. 40,17.

20 Stefano Freguia, Korneel Rabaey, Zhiguo Yuan, Jurg Keller, Non-catalyzed cathodic oxygen reduction at graphite granules in microbial fuel cells, Acta Electroquímica 53 (2007) 598-603.

Hong Liu y col., Quantification of the internal resistance distribution in microbial fuel cells, Environmental Science and Technology.

25 La solicitud de patente publicada de Estados Unidos 2007/0259217, desvela una célula de combustible bacteriana de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación adjunta 1, y también un electrodo para su uso en al menos una de entre una célula de combustible bacteriana y una célula de electrolisis y de acuerdo con el preámbulo de reivindicación adjunta 12.

Sumario de la invención

30 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona una célula de combustible bacteriana tal como se define en la reivindicación independiente adjunta 1. De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un electrodo como se define en la reivindicación independiente adjunta 12. Las realizaciones de los dos aspectos de la invención se definen en las respectivas reivindicaciones dependientes.

La presente invención pretende proporcionar unos dispositivos químicos bioeléctricos mejorados y más específicamente proporcionar células de combustible bacterianas y células de electrolisis bacterianas mejoradas.

35 Por lo tanto se proporciona una célula de combustible bacteriana que incluye una pluralidad de ánodos y una pluralidad de cátodos en comunicación líquida con un líquido a purificar, incluyendo cada uno de la pluralidad de ánodos y la pluralidad de cátodos un conductor eléctrico metálico dispuesto para estar eléctricamente acoplado a través de una carga en un circuito eléctrico y un recubrimiento eléctricamente conductor al menos entre el conductor eléctrico metálico y el líquido a purificar, siendo el recubrimiento eléctricamente conductor operativo para sellar recíprocamente el líquido y el conductor eléctrico entre sí.

40 También se proporciona una célula de combustible bacteriana que incluye una pluralidad de ánodos y una pluralidad de cátodos en comunicación líquida con un líquido a purificar, incluyendo cada uno de la pluralidad de ánodos y la pluralidad de cátodos un conductor eléctrico metálico dispuesto para estar eléctricamente acoplado a través de una carga en un circuito eléctrico y un recubrimiento eléctricamente conductor al menos entre el conductor eléctrico metálico y el líquido a purificar, siendo el recubrimiento eléctricamente conductor operativo para sellar recíprocamente el líquido y el conductor eléctrico entre sí, estando al menos dos de los cátodos dispuestos adyacentes entre sí y estando separados entre sí por un espacio lleno con un gas que contiene oxígeno.

45 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, la célula de combustible bacteriana también incluye al menos una superficie adaptada para el crecimiento de biopelículas sobre una superficie de la misma que está en comunicación líquida con el líquido a purificar y está en comunicación eléctrica con el conductor eléctrico metálico a través del recubrimiento eléctricamente conductor. Preferentemente, la al menos una superficie adaptada para el crecimiento de biopelículas está definida por un tejido que recubre una superficie del recubrimiento eléctricamente conductor.

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, el conductor eléctrico metálico es un conductor eléctrico metálico recubierto y el recubrimiento eléctricamente conductor incluye un recubrimiento eléctricamente conductor formado sobre el conductor eléctrico metálico. Adicionalmente o como alternativa, el recubrimiento eléctricamente conductor incluye una lámina eléctricamente conductora.

5 Preferentemente, el recubrimiento eléctricamente conductor de al menos uno de la pluralidad de cátodos incluye una lámina eléctricamente conductora permeable al agua.

Preferentemente, el conductor eléctrico metálico recubierto de al menos uno de la pluralidad de cátodos es permeable al agua.

10 Preferentemente, al menos uno de la pluralidad de cátodos incluye una capa de unión. Más preferentemente, la capa de unión está formada por un tejido de plástico.

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, unas aberturas están formadas en la pluralidad de ánodos y cátodos y la célula de combustible bacteriana incluyen unos conductos definidos entre los cátodos adyacentes y los volúmenes definidos entre los cátodos y los ánodos adyacentes que proporcionan una comunicación del líquido a purificar con la pluralidad de ánodos y la pluralidad de cátodos, proporcionando las aberturas una comunicación del líquido a purificar entre los conductos y los volúmenes.

15 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, la pluralidad de ánodos y cátodos están formados como elementos en relieve. Preferentemente, la pluralidad de ánodos y cátodos se sellan entre sí.

20 Todavía se proporciona además una célula de electrólisis bacteriana que incluye una pluralidad de ánodos y cátodos en comunicación líquida con un líquido a purificar localizado en un tanque que incluye una entrada para recibir agua a purificar, una salida para dar salida al agua purificada y una salida para un gas de hidrógeno, estando la pluralidad de ánodos y cátodos conectados a través de un circuito eléctrico con una fuente de energía eléctrica, incluyendo al menos uno de los ánodos y los cátodos un conductor eléctrico metálico dispuesto para acoplarse eléctricamente en un circuito eléctrico y un recubrimiento eléctricamente conductor al menos entre el conductor eléctrico metálico y un líquido en la célula, siendo el recubrimiento eléctricamente conductor operativo para sellar recíprocamente el líquido y el conductor eléctrico entre sí.

25 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, la célula de electrólisis bacteriana también incluye al menos una superficie adaptada para el crecimiento de biopelículas sobre una superficie de la misma que está en comunicación líquida con el líquido a purificar y está en comunicación eléctrica con el conductor eléctrico metálico a través del recubrimiento eléctricamente conductor.

30 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, cada uno de la pluralidad de cátodos también incluye una capa impermeable a los líquidos y permeable al oxígeno adyacente a la capa eléctricamente conductora, donde la capa impermeable a los líquidos y permeable al oxígeno se expone a un gas que contiene oxígeno. Preferentemente, la capa impermeable a los líquidos y permeable al oxígeno incluye una lámina eléctricamente conductora. Como alternativa, la capa impermeable a los líquidos y permeable al oxígeno está formada por caucho de silicona.

35 Preferentemente, el conductor eléctrico metálico de al menos uno de la pluralidad de ánodos está en la forma de una hoja.

40 Preferentemente, el conductor eléctrico metálico está en la forma de una rejilla de alambre. Como alternativa, el conductor eléctrico metálico está en la forma de un elemento plano perforado. Como alternativa, el conductor eléctrico metálico está en la forma de una red de cables en general paralelos.

45 Se proporciona además un electrodo para su uso en al menos una de entre una célula de combustible bacteriana y una célula de electrólisis, incluyendo el electrodo un conductor eléctrico metálico dispuesto para acoplarse eléctricamente en un circuito eléctrico y un recubrimiento eléctricamente conductor al menos entre el conductor eléctrico metálico y un líquido en la célula; siendo el recubrimiento eléctricamente conductor operativo para sellar recíprocamente el líquido y el conductor eléctrico entre sí.

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, el electrodo incluye al menos una superficie adaptada para el crecimiento de biopelículas sobre una superficie del mismo que está en comunicación líquida con el líquido a purificar y está en comunicación eléctrica con el conductor eléctrico metálico a través del recubrimiento eléctricamente conductor.

50 Preferentemente, el recubrimiento eléctricamente conductor está adaptado para el crecimiento de biopelículas sobre una superficie del mismo.

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, la al menos una superficie adaptada para el crecimiento de biopelículas se define por unas superficies cilíndricas de una multiplicidad de elementos alargados formados de plástico conductor y que se extienden en general radialmente hacia fuera desde el conductor eléctrico

5 metálico recubierto. Preferentemente, el conductor eléctrico metálico recubierto está retorcido para retener múltiples elementos de la multiplicidad de elementos alargados en racimos a lo largo de una extensión alargada del mismo. Preferentemente, los elementos alargados son conductores eléctricos no metálicos que tienen una conductividad eléctrica menor que la del conductor eléctrico metálico recubierto. Preferentemente, los elementos alargados están formados de plástico conductor. Como alternativa, los elementos alargados están formados por fibras de grafito.

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, la al menos una superficie adaptada para el crecimiento de biopelículas se define por un elemento de paleta múltiple rodeado por un elemento helicoidal arrollado sin apriete formado de plástico conductor y que se extiende, en general, radialmente hacia fuera desde el conductor eléctrico metálico recubierto.

10 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, la al menos una superficie adaptada para el crecimiento de biopelículas se define por un elemento cilíndrico formado de plástico conductor alrededor del conductor eléctrico metálico recubierto.

Preferentemente, el conductor eléctrico metálico recubierto está en la forma de un alambre. Como alternativa, el conductor eléctrico metálico recubierto está en la forma de un cable. Como alternativa, el conductor eléctrico metálico recubierto tiene forma de varilla.

15 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, la al menos una superficie adaptada para el crecimiento de biopelículas se define por un tejido que cubre una superficie del recubrimiento eléctricamente conductor.

20 De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, el recubrimiento eléctricamente conductor incluye una lámina eléctricamente conductora.

Preferentemente, el conductor eléctrico metálico está en la forma de una hoja. Como alternativa, el conductor eléctrico metálico está en la forma de una rejilla de alambre. Como alternativa, el conductor eléctrico metálico está en la forma de un elemento plano perforado. Como alternativa, el conductor eléctrico metálico está en la forma de una red de cables en general paralelos.

25 El conductor eléctrico metálico está formado de cobre o aluminio.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se entenderá y apreciará más completamente a partir de la siguiente descripción detallada, tomada junto con los dibujos en los que:

30 la figura 1 es una ilustración simplificada de una célula de combustible bacteriana construida y operativa de acuerdo con una realización preferida de la presente invención;

las figuras 2A, 2B, 2C y 2D son ilustraciones simplificadas de cuatro realizaciones alternativas de electrodos construidos y operativos de acuerdo con una realización preferida de la presente invención, útiles en una célula de combustible bacteriana y en una célula de electrólisis bacteriana;

35 las figuras 3A, 3B y 3C son ilustraciones simplificadas de tres realizaciones alternativas de cátodos construidos y operativos de acuerdo con una realización preferida de la presente invención, útiles en una célula de combustible bacteriana;

las figuras 4A, 4B y 4C son unas ilustraciones simplificadas de tres realizaciones alternativas de cátodos construidos y operativos de acuerdo con otra realización preferida de la presente invención, útiles en una célula de combustible bacteriana;

40 las figuras 5A y 5B son unas ilustraciones de una vista lateral y superior simplificadas respectivas de una célula de combustible bacteriana construida y operativa de acuerdo con una realización preferida de la presente invención;

45 la figura 6 es una ilustración gráfica simplificada de un electrodo construido y operativo de acuerdo con una realización preferida de la presente invención, útil en una célula de combustible bacteriana y en una célula de electrólisis bacteriana;

la figura 7 es una ilustración gráfica simplificada de un electrodo construido y operativo de acuerdo con una realización preferida de la presente invención, útil en una célula de combustible bacteriana.

la figura 8 es una ilustración simplificada de un cátodo construido y operativo de acuerdo con otra realización preferida de la presente invención, útil en una célula de combustible bacteriana; y

50 las figuras 9A y 9B son unas ilustraciones de una vista lateral y superior simplificadas respectivas de una célula de electrólisis bacteriana construida y operativa de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

55 Se hace referencia a continuación a la figura 1, que es una ilustración simplificada de una célula de combustible bacteriana construida y operativa de acuerdo con una realización preferida de la presente invención y que incluye una pluralidad de ánodos 100, cada uno designado por la letra A y una pluralidad de cátodos 102, cada uno

designado por la letra C en comunicación líquida con un líquido 104 a purificar, tal como aguas residuales industriales. En la realización de la figura 1, el agua a purificar se suministra a una entrada 105 que se comunica a través de unas aberturas formadas en los ánodos 100 y los cátodos 102 y los conductos 106 definidos entre cátodos adyacentes con una serie de volúmenes 107 definidos entre los ánodos 100 y los cátodos 102 adyacentes, que se sellan entre sí, por ejemplo mediante sellos elastoméricos (no mostrados) y con una salida 108.

De acuerdo con una realización de la presente invención, los ánodos y los cátodos pueden estar formados como elementos en relieve de forma similar a los usados en los intercambiadores de calor de placas convencionales. Ejemplos de una estructura de este tipo se muestran en las patentes de los Estados Unidos 4.014.385; 3.792.730; 3.731.737; 3.661.203; 2.787.446 y 2.550.339.

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, cada uno de la pluralidad de ánodos 100 y la pluralidad de cátodos 102 incluyen un conductor eléctrico metálico rodeado por un recubrimiento eléctricamente conductor.

La construcción de cada ánodo 100 se ilustra en una ampliación 109. Se ve que un conductor metálico, preferentemente de cobre o aluminio, en este caso designado por el número de referencia 110, está rodeado por un recubrimiento eléctricamente conductor.

En la realización ilustrada, el recubrimiento eléctricamente conductor se realiza mediante la laminación de un par de láminas 112 de plástico conductoras impermeables a los líquidos con el fin de encerrar el conductor metálico 110. Preferentemente se forman láminas 112 de un plástico tal como polietileno, polipropileno y PET, que se combinan con un polvo conductor, tal como carbono o grafito, para producir una lámina de plástico conductora.

El crecimiento de biopelículas se soporta preferentemente sobre las superficies exteriores de las láminas 112. Opcionalmente, se proporciona un soporte 116 de crecimiento de biopelículas en al menos una superficie exterior de las láminas 112. El soporte 116 de crecimiento de biopelículas puede ser un tejido formado preferentemente de poliéster o de otro material adecuado.

Los espesores típicos de los diversos elementos del ánodo 100 son de la siguiente manera:

25	conductor 110	- 20 - 200 micrómetros
	lámina 112	- 50 - 400 micrómetros
	soporte 116 de crecimiento de biopelículas	- 10 - 50 micrómetros

En las figuras 2A - 2D se ilustran cuatro realizaciones alternativas del ánodo 100. En la figura 2A, el conductor 110 está en la forma de una hoja y se designa con el número de referencia 120. En la figura 2B, el conductor 110 está en la forma de una rejilla de alambre y se designa con el número de referencia 122. En la figura 2C, el conductor 110 está en la forma de un elemento plano perforado y se designa con el número de referencia 124. En la figura 2D, el conductor 110 está en la forma de una red de cables en general paralelos y se designa con el número de referencia 126.

Una realización de la construcción de cada cátodo 102 se ilustra en una ampliación 128. Se ve que un conductor 130 metálico perforado, preferentemente de cobre o aluminio, está rodeado por un recubrimiento eléctricamente conductor.

En la realización ilustrada, el recubrimiento eléctricamente conductor se realiza preferentemente mediante el recubrimiento del conductor 130 metálico con un plástico eléctricamente conductor impermeable a los líquidos y que encierra al conductor metálico recubierto sobre un lado que mira al líquido del mismo con una lámina 132 perforada formada de un plástico eléctricamente conductor. Preferentemente, el plástico eléctricamente conductor se forma mezclando un plástico tal como polietileno, polipropileno y PET con un polvo conductor, tal como carbono o grafito.

El crecimiento de biopelículas se soporta preferentemente sobre las superficies exteriores del conductor 130 recubierto y la lámina 132. Opcionalmente, se proporciona un soporte 136 de crecimiento de biopelículas en al menos una superficie exterior de la lámina 132. El soporte 136 de crecimiento de biopelículas puede ser un tejido, preferentemente formado de poliéster u otro material adecuado.

En un lado que mira al aire y opuesto del conductor 130 metálico recubierto perforado y conductor, se proporciona preferentemente una capa 138 de unión opcional que comprende normalmente un tejido entrelazado o no entrelazado formado de plástico, tal como un poliéster. Exteriormente de la capa 138 de unión se proporciona preferentemente una capa 140 impermeable a los líquidos y permeable al oxígeno, preferentemente formada de caucho de silicona. La capa 138 de unión ayuda a la unión de la capa 140 permeable al oxígeno con el conductor 130 recubierto. Opcionalmente, se proporciona hacia fuera de la capa 140 permeable al oxígeno una capa 142 de soporte mecánico, preferentemente una rejilla de plástico relativamente rígido.

Los espesores típicos de los diversos elementos del cátodo 102 mostrados en la ampliación 128 son de la siguiente manera:

	conductor 130 recubierto perforado	- 100 - 600 micrómetros
	lámina 132 perforada	- 50 - 400 micrómetros
	soporte 136 de crecimiento de biopelículas	- 10 - 50 micrómetros
	capa 138 de unión	- 10 - 50 micrómetros
5	capa 140 impermeable a los líquidos y permeable al oxígeno	- 50 - 500 micrómetros
	capa 142 de soporte mecánico	- 100 - 2000 micrómetros

En las figuras 3A - 3C se ilustran tres realizaciones alternativas de la realización del cátodo mostradas en la ampliación 128. En la figura 3A, el conductor 130 perforado está en la forma de una rejilla de alambre que comprende unos alambres 144, todos los cuales están recubiertos por un recubrimiento 146 eléctricamente conductor impermeable a los líquidos, como se ve en la ampliación 148. En la figura 3B, el conductor 130 perforado incluye un elemento 150 metálico plano perforado, que tiene todas sus superficies recubiertas por un recubrimiento 152 eléctricamente conductor impermeable a los líquidos como se ve en la ampliación 154. En la figura 3C, el conductor 130 perforado está en la forma de una red 156 de cables en general paralelos todos los cuales están recubiertos por un recubrimiento 158 eléctricamente conductor impermeable a los líquidos, como se ve en la ampliación 160.

Otra realización de la construcción de cada cátodo 102 se ilustra en una ampliación 168. Se ve que un conductor 170 metálico perforado, preferentemente de cobre o aluminio, está rodeado por un recubrimiento eléctricamente conductor.

En la realización ilustrada, el recubrimiento eléctricamente conductor se realiza preferentemente mediante el recubrimiento del conductor 170 metálico con un plástico eléctricamente conductor impermeable a los líquidos y que encierra al conductor metálico recubierto sobre un lado que mira al líquido del mismo con una lámina 172 permeable al oxígeno e impermeable a los líquidos formada de un plástico eléctricamente conductor. Preferentemente, el plástico eléctricamente conductor se forma mezclando un plástico tal como polietileno, polipropileno y PET con un polvo conductor, tal como carbono o grafito.

El crecimiento de biopelículas se soporta preferentemente sobre la superficie exterior de la lámina 172 conductora. Opcionalmente, se proporciona un soporte 176 de crecimiento de biopelículas sobre al menos una superficie exterior de la lámina 172. El soporte 176 de crecimiento de biopelículas puede ser un tejido, preferentemente formado de poliéster u otro material adecuado.

En un lado que mira al aire y opuesto del conductor 170 metálico recubierto perforado y conductor se proporciona opcionalmente una capa 178 de soporte mecánico, preferentemente una rejilla de plástico relativamente rígido.

Los espesores típicos de los diversos elementos del cátodo 102 mostrados en la ampliación 168 son de la siguiente manera:

	conductor 170 recubierto perforado	- 100 - 600 micrómetros
	lámina 172 permeable al oxígeno	- 50 - 400 micrómetros
35	soporte 176 de crecimiento de biopelículas	- 10 - 50 micrómetros
	capa 178 de soporte mecánico	- 100 - 2000 micrómetros

En las figuras 4A - 4C se ilustran tres realizaciones alternativas de la realización del cátodo mostradas en la ampliación 168. En la figura 4A, el conductor 170 perforado está en la forma de una rejilla de alambre que comprende unos alambres 180, todos los cuales están recubiertos por un recubrimiento 182 eléctricamente conductor impermeable a los líquidos, como se ve en la ampliación 184. En la figura 4B, el conductor 170 perforado incluye un elemento 186 metálico plano perforado, que tiene todas sus superficies recubiertas por un recubrimiento 188 eléctricamente conductor impermeable a los líquidos como se ve en la ampliación 190. En la figura 4C, el conductor 170 perforado está en la forma de una red 192 de cables en general paralelos todos los cuales están recubiertos por un recubrimiento 194 eléctricamente conductor impermeable a los líquidos, como se ve en la ampliación 196.

Como se ve en la figura 1, todos los ánodos 100 y todos los cátodos 102 están acoplados eléctricamente en un circuito eléctrico con una carga 197. En la célula de combustible bacteriana de la figura 1, la materia orgánica en el líquido 104, indicada como COD, se oxida por bacterias electrogénicas, tales como la Geobacter y la Shewanella, que normalmente residen en una biopelícula 198, que preferentemente está soportada por el soporte 116 de crecimiento de biopelículas (ampliación 109) que se proporciona en los ánodos 100.

Esta oxidación produce CO₂, protones y electrones. Los protones se difunden a través del líquido 104 hacia los cátodos 102 y los electrones se suministran por las bacterias a los ánodos 100 y se desplazan desde los ánodos a través del circuito eléctrico hasta los cátodos 102.

En los cátodos 102, el oxígeno atmosférico O₂ permea a través de las capas permeables al oxígeno, tal como la capa 140 (Ampliación 128) o 172 (Ampliación 168), a una capa de plástico conductor en el cátodo tal como la capa 132 (Ampliación 128) o 172 (Ampliación 168). En el lado que mira al agua de la capa de plástico conductor, el oxígeno O₂ reacciona con los protones y los electrones para producir agua H₂O. Esta reacción normalmente requiere

una catálisis que se proporciona preferentemente mediante una biopelícula 199, que preferentemente está soportada por el soporte 136 de crecimiento de biopelículas (ampliación 128) o 176 (ampliación 168), preferentemente proporcionada en los cátodos 102.

5 Por lo tanto, el funcionamiento de la célula de combustible bacteriana de la figura 1 puede apreciarse para proporcionar tanto energía eléctrica como purificación de líquidos que tengan material orgánico en los mismos.

10 Se hace referencia a continuación a las figuras 5A y 5B, que son ilustraciones de una vista lateral y superior simplificadas de una célula de combustible bacteriana construida y operativa de acuerdo con otra realización preferida más de la presente invención y que incluye una multiplicidad de ánodos 300, intercalados entre una multiplicidad de cátodos 302 en comunicación líquida con un líquido 304 a purificar, tal como aguas residuales industriales. Los ánodos 300 y los cátodos 302 están localizados en un tanque 306 que tiene una entrada 308 para recibir el agua a purificar y una salida 309 para dar salida al agua purificada. La circulación del agua 304 en el tanque 306 se proporciona preferentemente mediante un agitador o bomba adecuada (no mostrada). El oxígeno atmosférico O₂ a baja presión se sopla preferentemente a través del interior de los cátodos 302 mediante un ventilador (no mostrado).

15 También se hace referencia a la figura 6, que ilustra una realización preferida de un ánodo 300 útil en la célula de combustible bacteriana de las figuras 5A y 5B. Como se ve en la figura 6, un conductor 310 metálico alargado central, preferentemente un alambre, cable o varilla formado de cobre o aluminio se moldea y se extiende hacia fuera desde un elemento 312 de paleta múltiple que se extiende radialmente de tal manera que el elemento 312 proporciona un recubrimiento eléctricamente conductor impermeable a los líquidos para el conductor 310.
20 Opcionalmente, pueden moldearse unos conductores 314 alargados adicionales y extenderlos externamente desde los extremos hacia fuera radialmente de una o más paletas 316 del elemento 312 de tal manera que el elemento 312 proporcione un recubrimiento eléctricamente conductor impermeable a los líquidos para los conductores 314. El elemento 312 está formado preferentemente de un plástico conductor impermeable a los líquidos, tal como polietileno, polipropileno y PET, que se compone de un polvo conductor, como carbono o grafito.

25 Una parte 318 de electrodo circunferencial está localizado preferentemente alrededor de los extremos hacia fuera radialmente de las paletas 316 y se forma preferentemente como un elemento helicoidal arrollado sin apriete, de plástico conductor, que permite la comunicación relativamente libre de líquido con las superficies del elemento 312. Preferentemente, el elemento 312 y la parte 318 de electrodo circunferencial están formados como un elemento unitario mediante un proceso de extrusión. Opcionalmente, algunas o todas las superficies del elemento 312 y de la parte 318 de electrodo están recubiertas con un polvo conductor o fibras conductoras (no mostradas) formadas de carbono o grafito. Todas las superficies del elemento 312 y de la parte 318 de electrodo sirven preferentemente para soportar el crecimiento de biopelículas y para permitir la generación de electricidad y la purificación del líquido 304.
30

35 Se hace referencia a continuación a la figura 7, que ilustra un conjunto de electrodo que es útil, entre otras cosas, como un ánodo 300 en la célula de combustible bacteriana de las figuras 5A y 5B. Como se ve en la figura 7, el conjunto de electrodo comprende preferentemente una estructura similar a un cepillo en la que una multiplicidad de elementos conductores 350 alargados se retienen y se extienden, en general, radialmente hacia fuera desde un conductor 352 eléctrico metálico retorcido que está recubierto con un recubrimiento 354 eléctricamente conductor impermeable a los líquidos, preferentemente un plástico eléctricamente conductor. Preferentemente, el plástico eléctricamente conductor se forma mezclando un plástico tal como polietileno, polipropileno y PET con un polvo conductor, tal como carbono o grafito.
40

Los elementos 350 se forman preferentemente de un plástico conductor o, como alternativa, pueden ser fibras de grafito. El conductor 352 retorcido está formado preferentemente de un metal tal como cobre o aluminio. Todas las superficies del conductor 352 recubierto y de los elementos 350 sirven preferentemente para soportar el crecimiento de biopelículas y para permitir la generación de electricidad y la purificación del líquido 304 cuando el conductor 352 está conectado a una carga eléctrica como se ilustra.
45

Preferentemente, las puntas radialmente exteriores de los elementos 350 pueden estar recubiertas con un material eléctricamente aislante (no mostrado), tal como un material de caucho de silicona, con el fin de evitar cortocircuitos inadvertidos entre los electrodos adyacentes.

50 Se hace referencia a continuación a la figura 8, que ilustra un cátodo 302 preferido útil en la célula de combustible bacteriana de las figuras 5A y 5B. El cátodo 302 comprende preferentemente un cilindro 360 formado por un plástico eléctricamente conductor perforado o poroso tal como polietileno, polipropileno y PET, que se mezcla con un polvo conductor, tal como carbono o grafito. Opcionalmente, parte o la totalidad de la superficie del cilindro 360 está recubierta con un polvo conductor o fibras conductoras (no mostradas) formadas de carbono o grafito. La superficie del cilindro 360 sirve preferentemente para soportar el crecimiento de biopelículas y para permitir la generación de electricidad y la purificación del líquido 304.
55

Una superficie exterior del cátodo 302 está impregnada del líquido 304 y una superficie interior del cátodo 302 está sellada por el contacto con el líquido 304 mediante un recubrimiento 362 permeable al oxígeno e impermeable a los líquidos formado junto a una superficie interior del cilindro 360. El recubrimiento 362 se forma preferentemente de

caucho de silicona. Uno o más conductores 364 metálicos alargados, preferentemente un alambre, cable o varilla formados de cobre o aluminio, se moldean preferentemente y se extienden externamente desde el cilindro 360 de tal manera que el cilindro 360 proporciona un recubrimiento eléctricamente conductor impermeable a los líquidos para los conductores 364.

5 Como se ve en las figuras 5A y 5B, todos los ánodos 300 y todos los cátodos 302 están acoplados eléctricamente a través de un circuito eléctrico con una carga 320. En la célula de combustible bacteriana de las figuras 5A y 5B, la materia orgánica en el líquido 304, indicada como COD, se oxida por bacterias electrogénicas, tales como la *Geobacter* y la *Shewanella*, que normalmente residen en una biopelícula 370 que se soporta en los ánodos 300.

10 Esta oxidación produce CO_2 , protones y electrones. Los protones se difunden a través del líquido 304 hacia los cátodos 302 y los electrones se suministran por las bacterias a los ánodos 300 y se desplazan desde los ánodos 300 a través del circuito eléctrico hasta los cátodos 302.

15 En los cátodos 302, el oxígeno atmosférico O_2 permea a través de la capa permeable al oxígeno, tal como la capa (figura 8) 362, a una capa de plástico conductor en el cátodo tal como la capa 360. En el lado que mira al agua de la capa 360 de plástico conductor, el oxígeno O_2 reacciona con los protones y los electrones para producir agua H_2O . Esta reacción normalmente requiere una catálisis que se proporciona preferentemente mediante una biopelícula 372, que preferentemente reside en el cátodo 302.

Por lo tanto, el funcionamiento de la célula de combustible bacteriana de las figuras 5A y 5B puede apreciarse para proporcionar tanto energía eléctrica como purificación de líquidos que tengan material orgánico en los mismos.

20 Se aprecia que múltiples células de las células de combustible bacterianas de los tipos mostrados y descritos anteriormente haciendo referencia a las figuras 1 - 8 pueden interconectarse tanto hidráulica como eléctricamente en serie y/o en paralelo. La interconexión en paralelo aumenta el volumen de agua que se purifica y proporciona una mayor salida de corriente, mientras que la interconexión en serie aumenta el grado de purificación y proporciona una mayor salida de tensión. Diversas combinaciones de conexiones paralelas y en serie pueden usarse ventajosamente para proporcionar un tratamiento de agua y una producción de potencia eléctrica óptimos.

25 Se hace referencia a continuación a las figuras 9A y 9B, que son unas ilustraciones de una vista lateral y superior simplificadas respectivas de una célula de electrólisis bacteriana construida y operativa de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

30 La célula de electrólisis bacteriana de las figuras 9A y 9B incluye una multiplicidad de ánodos 400, intercalados entre una multiplicidad de cátodos 402 en comunicación líquida con un líquido 404 a purificar, tal como aguas residuales industriales. Los ánodos 400 y los cátodos 402 están localizados en un tanque 406 que tiene una entrada 408 para recibir el agua a purificar y una salida 409 para dar salida al agua purificada. La circulación del agua 404 en el tanque 406 se proporciona preferentemente mediante un agitador o bomba adecuada (no mostrada).

35 Se aprecia que los ánodos 400 y los cátodos pueden ser estructuralmente idénticos, como se muestra. En tal caso, los ánodos 400 y los cátodos 402 se diferencian entre sí solo en virtud de su conexión eléctrica. En consecuencia, cada uno de los ánodos 400 y los cátodos 402 pueden ser del tipo mostrado en las figuras 2A - 2D o del tipo mostrado en la figura 6 o del tipo mostrado en la figura 7, o de cualquier otra construcción adecuada. Preferentemente, los ánodos 400 son del tipo mostrado en la figura 6 y los cátodos son del tipo mostrado en la figura 7, o viceversa.

40 Como se ve en las figuras 9A y 9B, todos los ánodos 400 y todos los cátodos 402 están acoplados eléctricamente a través de un circuito eléctrico con una fuente 420 de energía eléctrica. En la célula de electrólisis bacteriana de las figuras 9A y 9B, la materia orgánica en el líquido 404, indicada como COD, se oxida por bacterias electrogénicas, tales como la *Geobacter* y la *Shewanella*, que normalmente residen en una biopelícula 430 que se soporta en los ánodos 400.

45 Esta oxidación produce CO_2 , protones y electrones. Los protones se difunden a través del líquido 404 hacia los cátodos 402 y los electrones se suministran por las bacterias a los ánodos 400 y se desplazan desde los ánodos a través del circuito eléctrico hasta los cátodos 402.

50 En los cátodos 402, los protones se reducen a gas de hidrógeno H_2 por los electrones impulsados por la fuente 420 de energía eléctrica a través del circuito eléctrico. El gas de hidrógeno y el CO_2 se acumulan dentro de un espacio de cabecera definido por una cubierta 440 que cubre el tanque 406 y se extraen por una salida 442 y se separan de una manera adecuada.

Por lo tanto, el funcionamiento de la célula de combustible bacteriana de las figuras 9A y 9B puede apreciarse para proporcionar una producción de gas de hidrógeno a niveles inferiores del consumo de electricidad que los procesos convencionales, así como la purificación de los líquidos que tienen material orgánico en los mismos.

55 Se apreciará por los expertos en la materia que la presente invención no se limita a lo que se ha mostrado y se ha descrito de manera específica anteriormente en el presente documento. Más bien, el ámbito de la invención se

define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una célula de combustible bacteriana que comprende:

una pluralidad de ánodos (100) y una pluralidad de cátodos (102) en comunicación líquida con un líquido (104) a purificar, comprendiendo cada uno de dicha pluralidad de ánodos (100) y de dicha pluralidad de cátodos (102):

5 un conductor (120), (144) eléctrico metálico dispuesto para acoplarse eléctricamente a través de una carga en un circuito eléctrico; y
un recubrimiento (112), (146) eléctricamente conductor al menos entre dicho conductor (120), (144) eléctrico metálico y dicho líquido (104) a purificar,

caracterizada porque:

10 dicho recubrimiento (112), (146) eléctricamente conductor es operativo para sellar recíprocamente dicho líquido (104) y dicho conductor (120), (144) eléctrico entre sí; y
dicho conductor (120), (144) eléctrico metálico está formado de cobre o de aluminio.

2. Una célula de combustible bacteriana de acuerdo con la reivindicación 1, y que comprende también al menos una superficie (116), (136) adaptada para el crecimiento de biopelículas sobre una superficie de la misma que está en comunicación líquida con dicho líquido (104) a purificar y está en comunicación eléctrica con dicho conductor (120), (144) eléctrico metálico a través de dicho recubrimiento (112), (146) eléctricamente conductor.

3. Una célula de combustible bacteriana de acuerdo con la reivindicación 2, en la que dicha al menos una superficie (116), (136) adaptada para el crecimiento de biopelículas se define por un tejido que cubre una superficie de dicho recubrimiento (112), (146) eléctricamente conductor.

20 4. Una célula de combustible bacteriana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que cada uno de dicha pluralidad de cátodos (102) comprende también una capa (140) impermeable a los líquidos y permeable al oxígeno adyacente a dicho recubrimiento (146) eléctricamente conductor y en la que dicha capa (140) impermeable a los líquidos y permeable al oxígeno está expuesta a un gas que contiene oxígeno.

25 5. Una célula de combustible bacteriana de acuerdo con la reivindicación 4, en la que dicha capa (140) impermeable a los líquidos y permeable al oxígeno comprende una lámina eléctricamente conductora.

6. Una célula de combustible bacteriana de acuerdo con la reivindicación 4, en la que dicha capa (140) impermeable a los líquidos y permeable al oxígeno está formada de caucho de silicona.

30 7. Una célula de combustible bacteriana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 - 6, en la que dicho conductor (120), (144) eléctrico metálico está en la forma de una rejilla de alambre, un elemento plano perforado o una red de cables en general paralelos.

8. Una célula de combustible bacteriana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que al menos uno de dicha pluralidad de cátodos (102) comprende una capa (138) de unión.

9. Una célula de combustible bacteriana de acuerdo con la reivindicación 8, en la que dicha capa (138) de unión está formada de un tejido de plástico.

35 10. Una célula de combustible bacteriana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que se forman unas aberturas en dicha pluralidad de ánodos (100) y cátodos (102), comprendiendo además dicha célula de combustible:

40 unos conductos (106) definidos entre los cátodos adyacentes de dicha pluralidad de cátodos (102); y unos volúmenes (107) definidos entre los cátodos y ánodos adyacentes de dicha pluralidad de cátodos (102) y dicha pluralidad de ánodos (100) que proporcionan comunicación de dicho líquido (104) a purificar con dicha pluralidad de ánodos (100) y dicha pluralidad de cátodos (102);
dichas aberturas proporcionan una comunicación de dicho líquido (104) a purificar entre dichos conductos (106) y dichos volúmenes (107); y
dicha pluralidad de ánodos (100) y cátodos (102) están sellados entre sí.

45 11. Una célula de combustible bacteriana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dicho recubrimiento (112), (146) eléctricamente conductor está formado de un plástico conductor.

12. Un electrodo (100), (102) para su uso en al menos una de entre una célula de combustible bacteriana y una célula de electrólisis, comprendiendo el electrodo:

50 un conductor (120), (144) eléctrico metálico dispuesto para acoplarse eléctricamente con un circuito eléctrico;
un recubrimiento (112), (146) eléctricamente conductor al menos entre dicho conductor (120), (144) eléctrico metálico y un líquido (104) en dicha célula,

caracterizado porque:

dicho recubrimiento (112), (146) eléctricamente conductor es operativo para sellar recíprocamente dicho líquido y dicho conductor (120), (144) eléctrico entre sí; y dicho conductor (120), (144) eléctrico metálico está formado de cobre o de aluminio.

5 13. Un electrodo (100), (102) de acuerdo con la reivindicación 12 y que comprende también al menos una superficie (116), (136) adaptada para el crecimiento de biopelículas sobre una superficie del mismo que está en comunicación líquida con dicho líquido en dicha célula y está en comunicación eléctrica con dicho conductor (120), (144) eléctrico metálico a través de dicho recubrimiento (112), (146) eléctricamente conductor.

14. Un electrodo de acuerdo con la reivindicación 13 y en el que:

10 dicha al menos una superficie adaptada para el crecimiento de biopelículas se define por unas superficies cilíndricas de una multiplicidad de elementos (350) alargados y que se extiende en general radialmente hacia fuera desde dicho conductor (352) eléctrico metálico; dicho conductor (352) eléctrico metálico, recubierto por dicho recubrimiento (354) eléctricamente conductor, se retuerce para retener los múltiples elementos de dicha multiplicidad de elementos (350) alargados en racimos a lo largo de una extensión alargada del mismo; y
15 dicha multiplicidad de elementos (350) alargados comprenden fibras y dichas fibras están formadas de grafito o de un plástico conductor.

20 15. Un electrodo (100), (102) de acuerdo con la reivindicación 13, en el que dicha al menos una superficie (116), (136) adaptada para el crecimiento de biopelículas se define por un tejido que cubre una superficie de dicho recubrimiento (112), (146) eléctricamente conductor.

16. Un electrodo (100), (102) de acuerdo con la reivindicación 12, en el que dicho conductor (120), (144) eléctrico metálico está en la forma de una rejilla de alambre, un elemento plano perforado o una red de cables en general paralelos.

25 17. Un electrodo (100), (102) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 12-16, en el que dicho recubrimiento (112), (146) eléctricamente conductor está formado de plástico conductor.

18. Una célula de electrólisis bacteriana que comprende:

una célula de combustible bacteriana de acuerdo con la reivindicación 1 localizada en un tanque con un líquido (404) a purificar, comprendiendo dicho tanque:

30 una entrada (408) para recibir agua a purificar; una salida (409) para dar salida al agua purificada; y una salida (442) para un gas que contiene hidrógeno, estando dicha célula de combustible bacteriana conectada a través de un circuito eléctrico con una fuente de alimentación eléctrica.

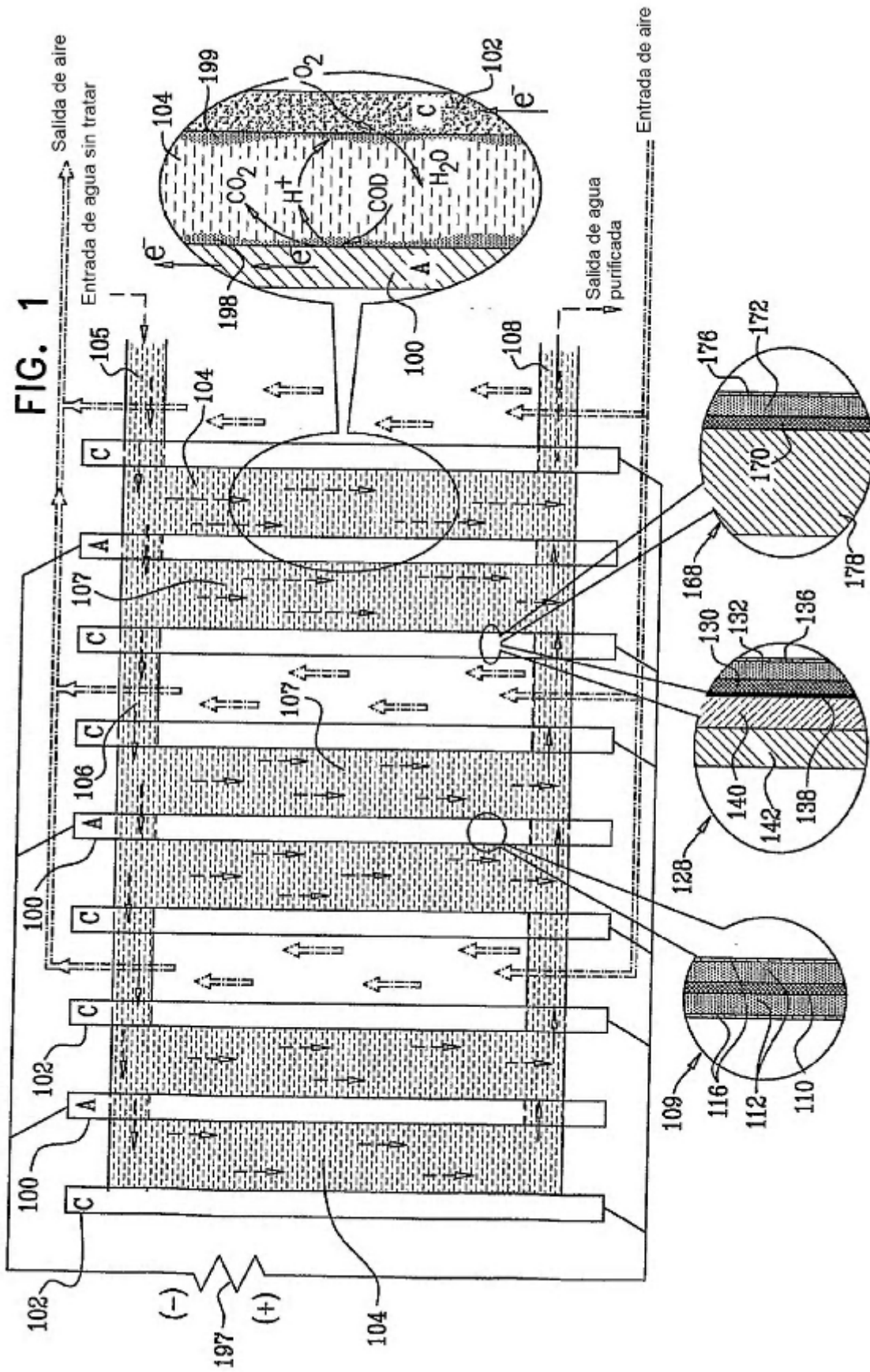
35 19. Una célula de electrólisis bacteriana de acuerdo con la reivindicación 18, que comprende al menos una superficie (116) adaptada para el crecimiento de biopelículas sobre una superficie de la misma que está en comunicación líquida con dicho líquido a purificar y está en comunicación eléctrica con dicho conductor eléctrico metálico a través de dicho recubrimiento eléctricamente conductor.

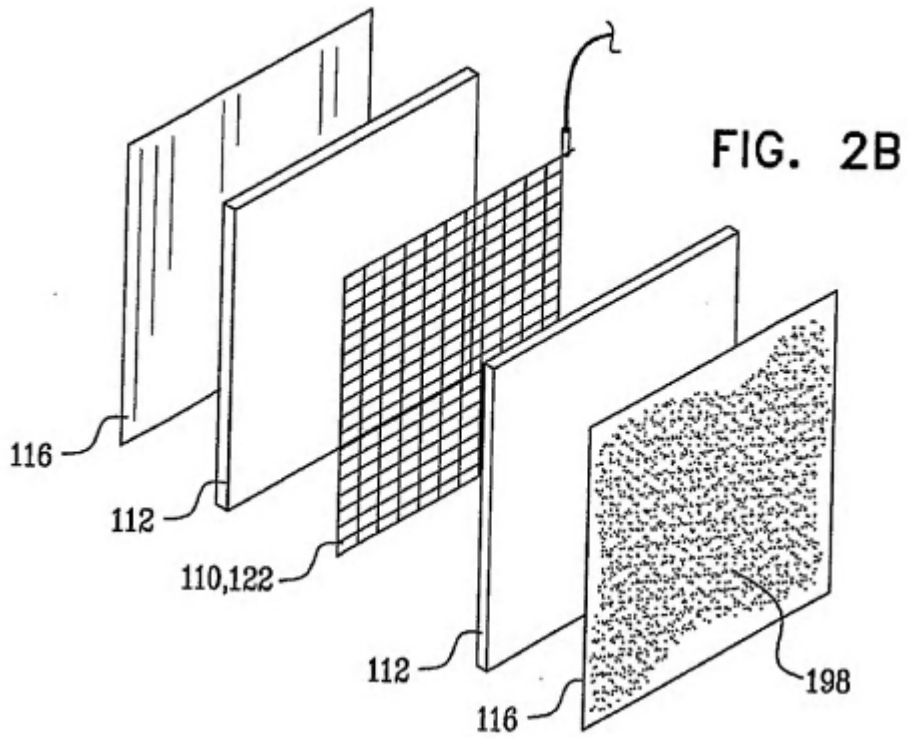
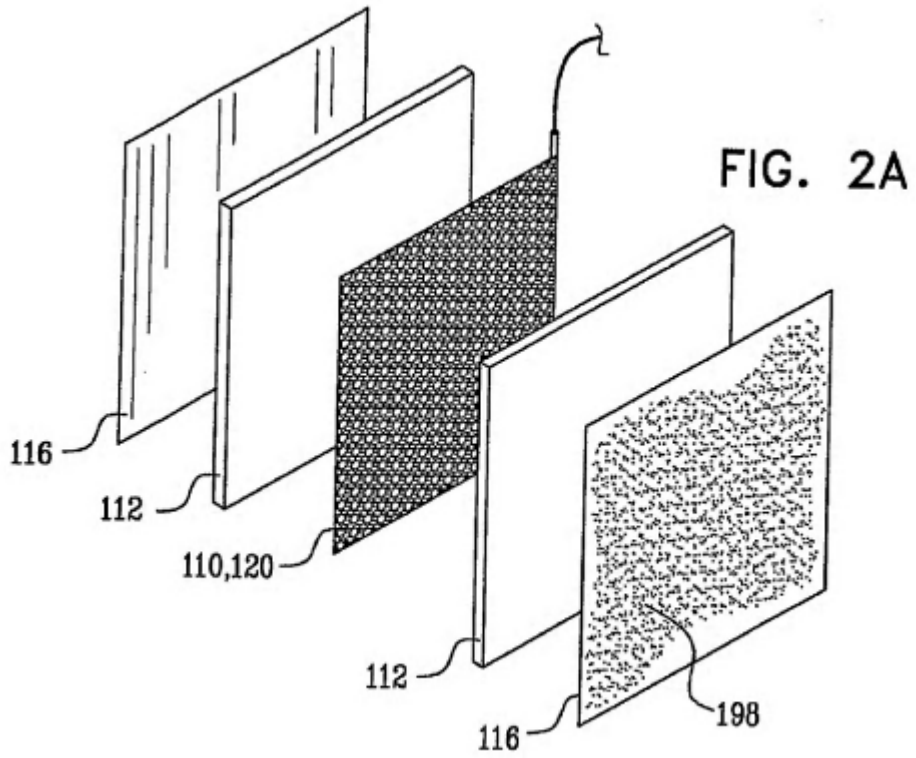
20. Una célula de electrólisis bacteriana de acuerdo con la reivindicación 18, y en la que:

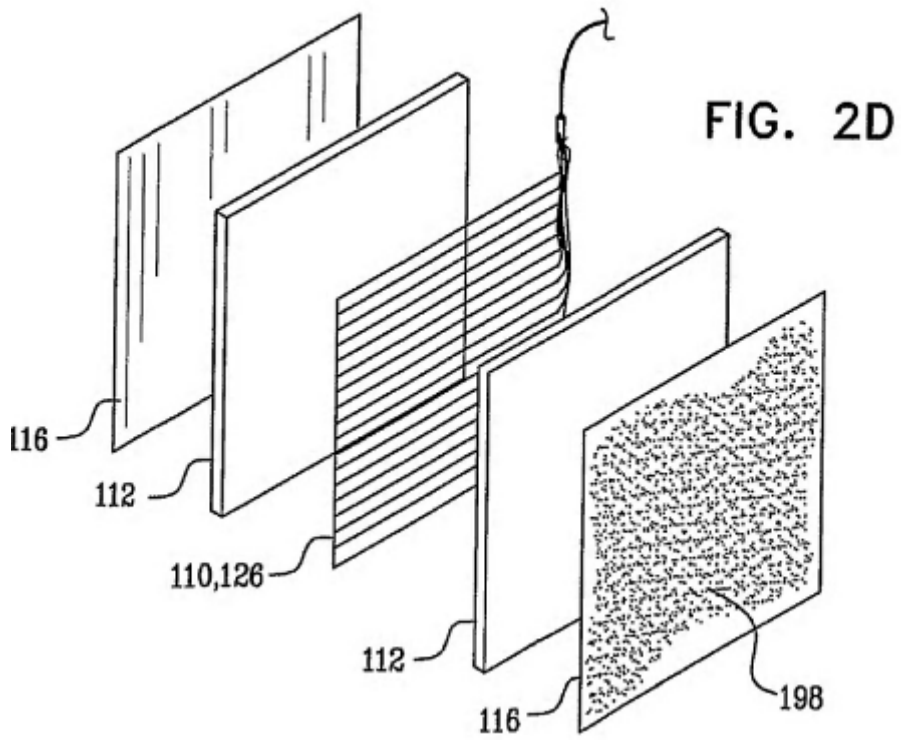
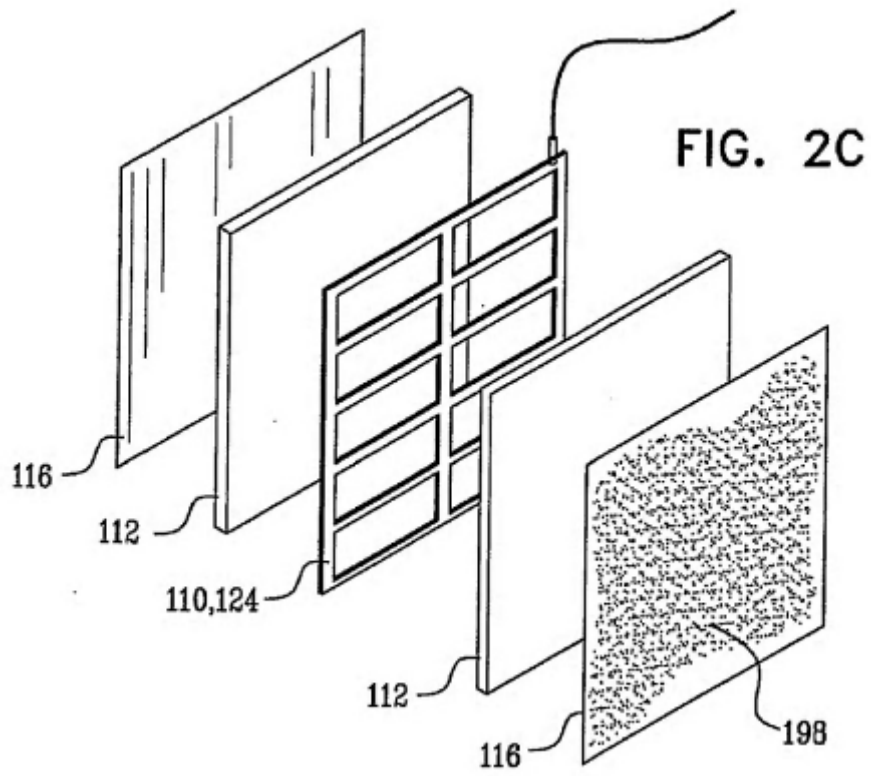
40 dicha al menos una superficie adaptada para el crecimiento de biopelículas se define por unas superficies cilíndricas de una multiplicidad de elementos (350) alargados y que se extiende en general radialmente hacia fuera desde dicho conductor (352) eléctrico metálico; dicho conductor (352) eléctrico metálico, recubierto por dicho recubrimiento (354) eléctricamente conductor, se retuerce para retener los múltiples elementos de dicha multiplicidad de elementos (350) alargados en racimos a lo largo de una extensión alargada del mismo; y dicha multiplicidad de elementos (350) alargados comprenden fibras y dichas fibras están formadas de grafito o de un plástico conductor.

45 21. Una célula de electrólisis bacteriana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 18 - 20, en la que dicho conductor (352) eléctrico metálico está en la forma de un alambre, un cable o una varilla.

22. Una célula de electrólisis bacteriana de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 18 - 21, en la que dicho recubrimiento (112), (146) eléctricamente conductor está formado de un plástico conductor.







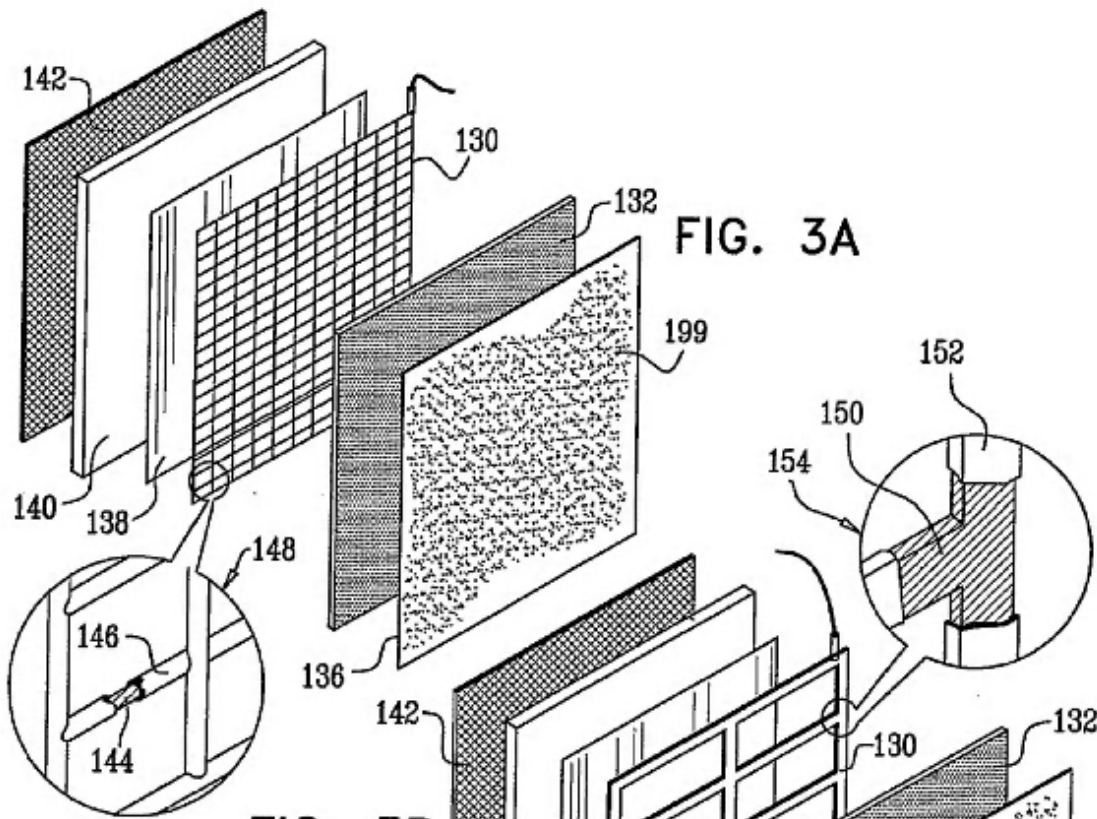


FIG. 3B

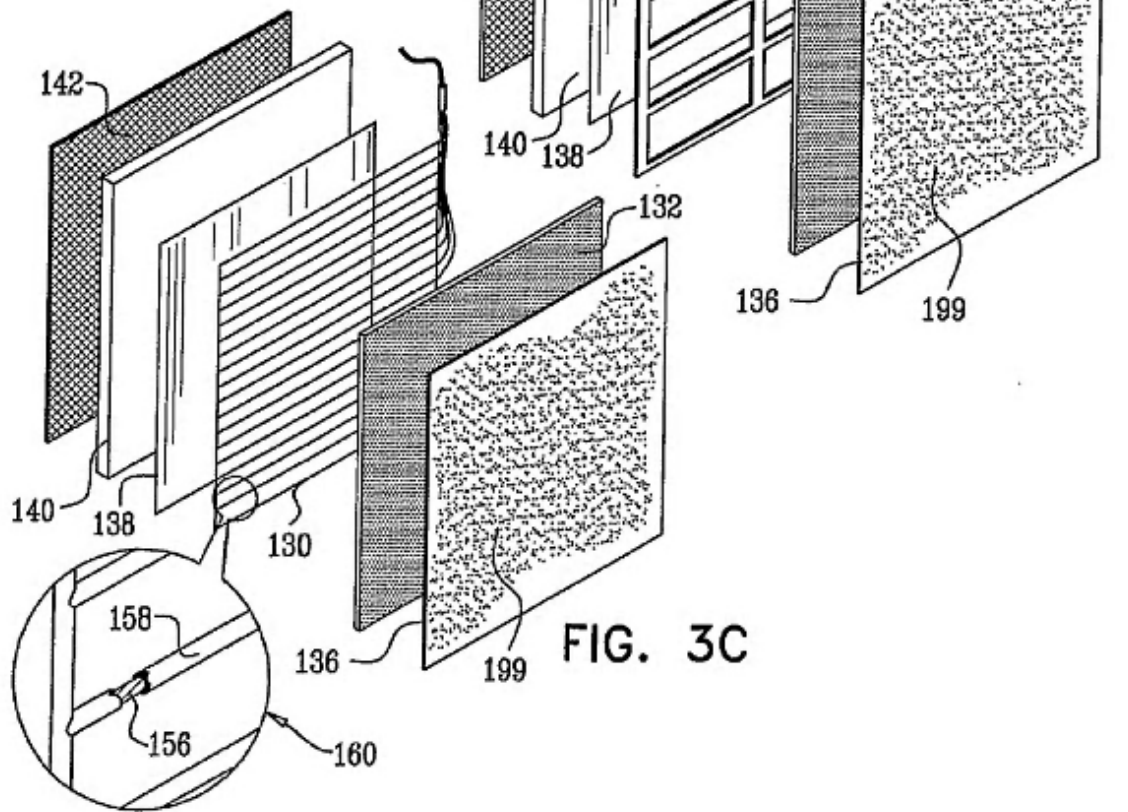


FIG. 3C

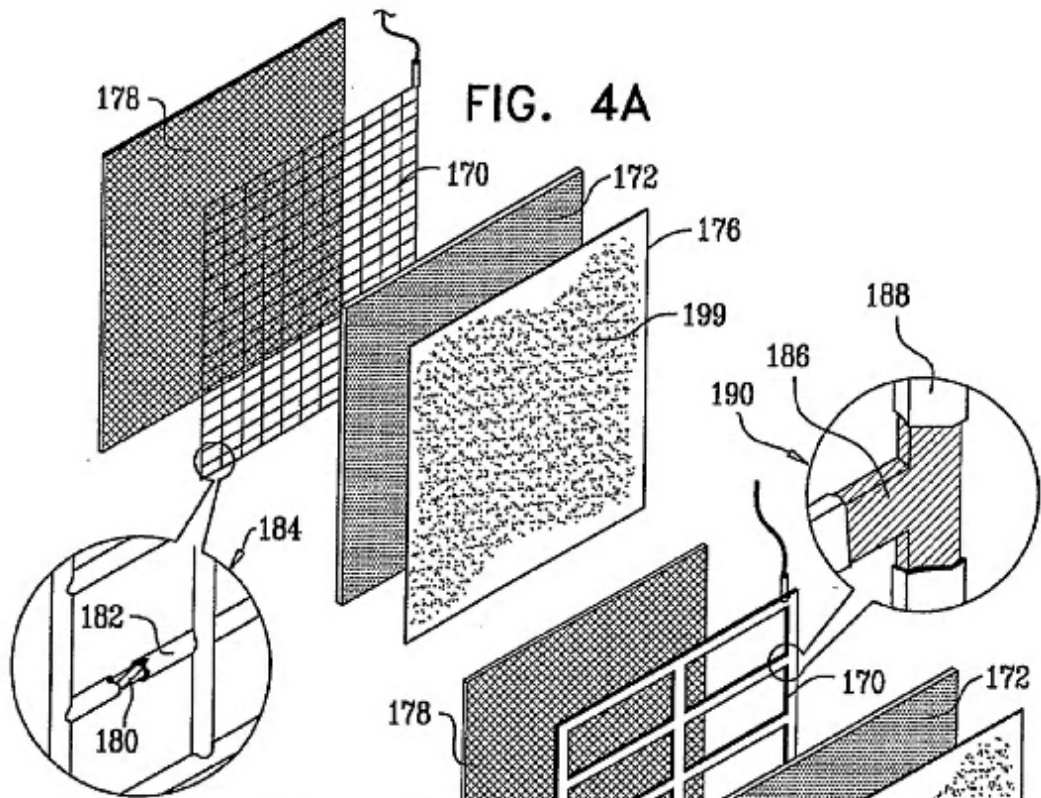


FIG. 4A

FIG. 4B

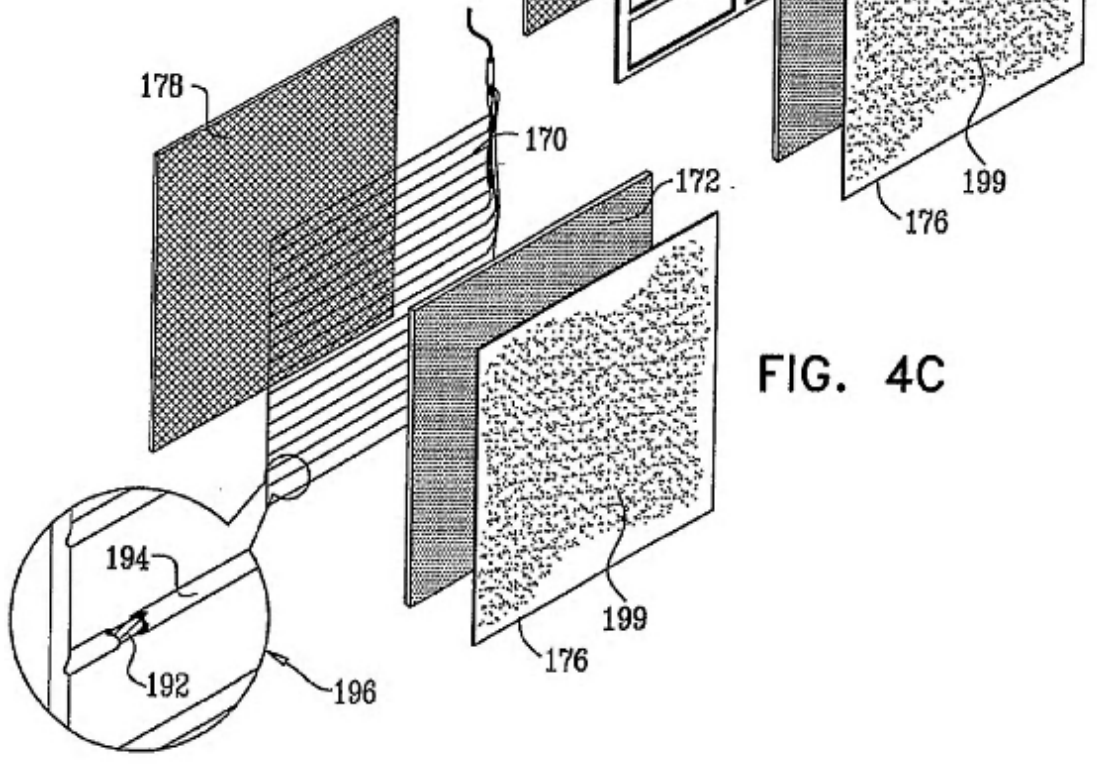


FIG. 4C

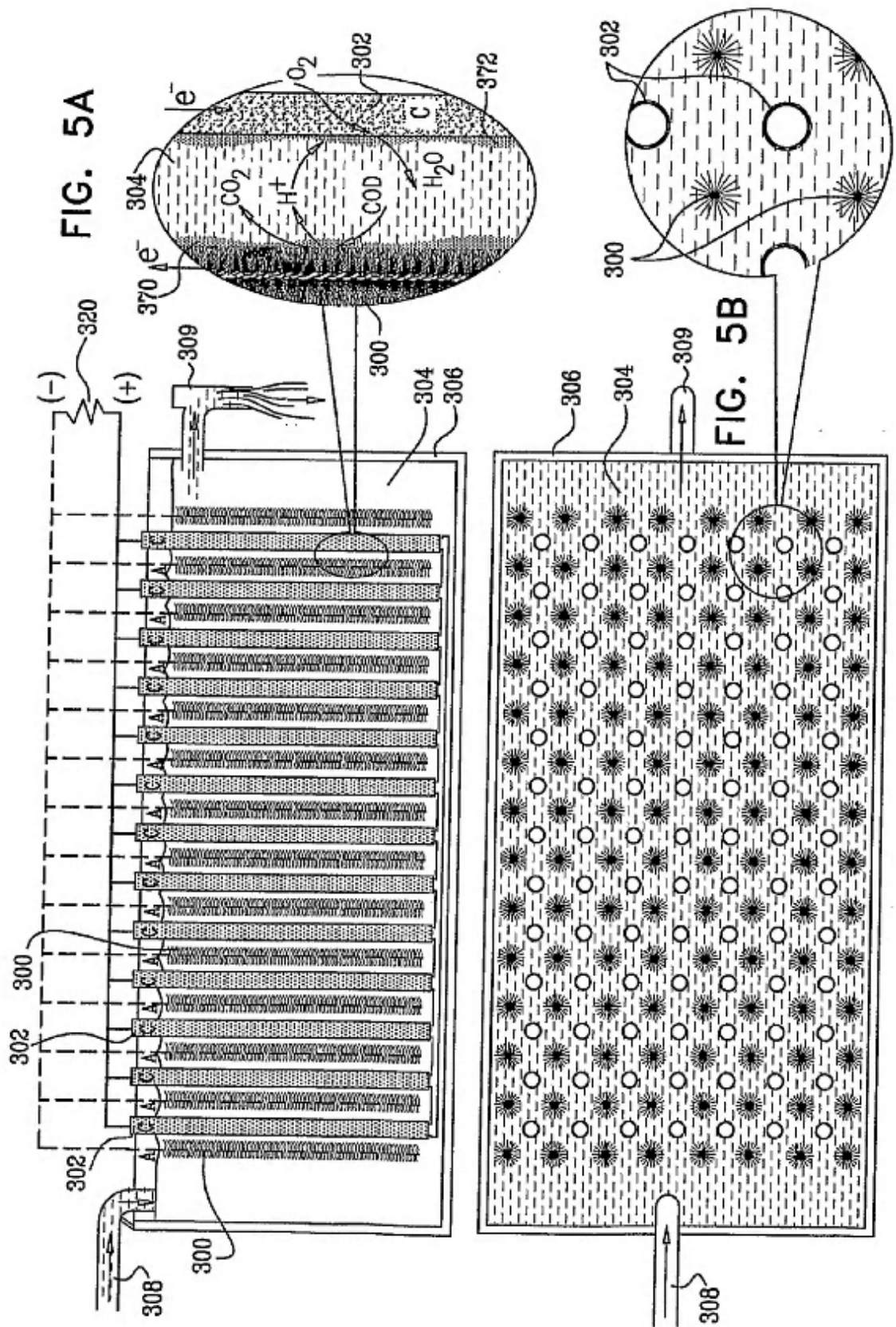


FIG. 5A

FIG. 5B

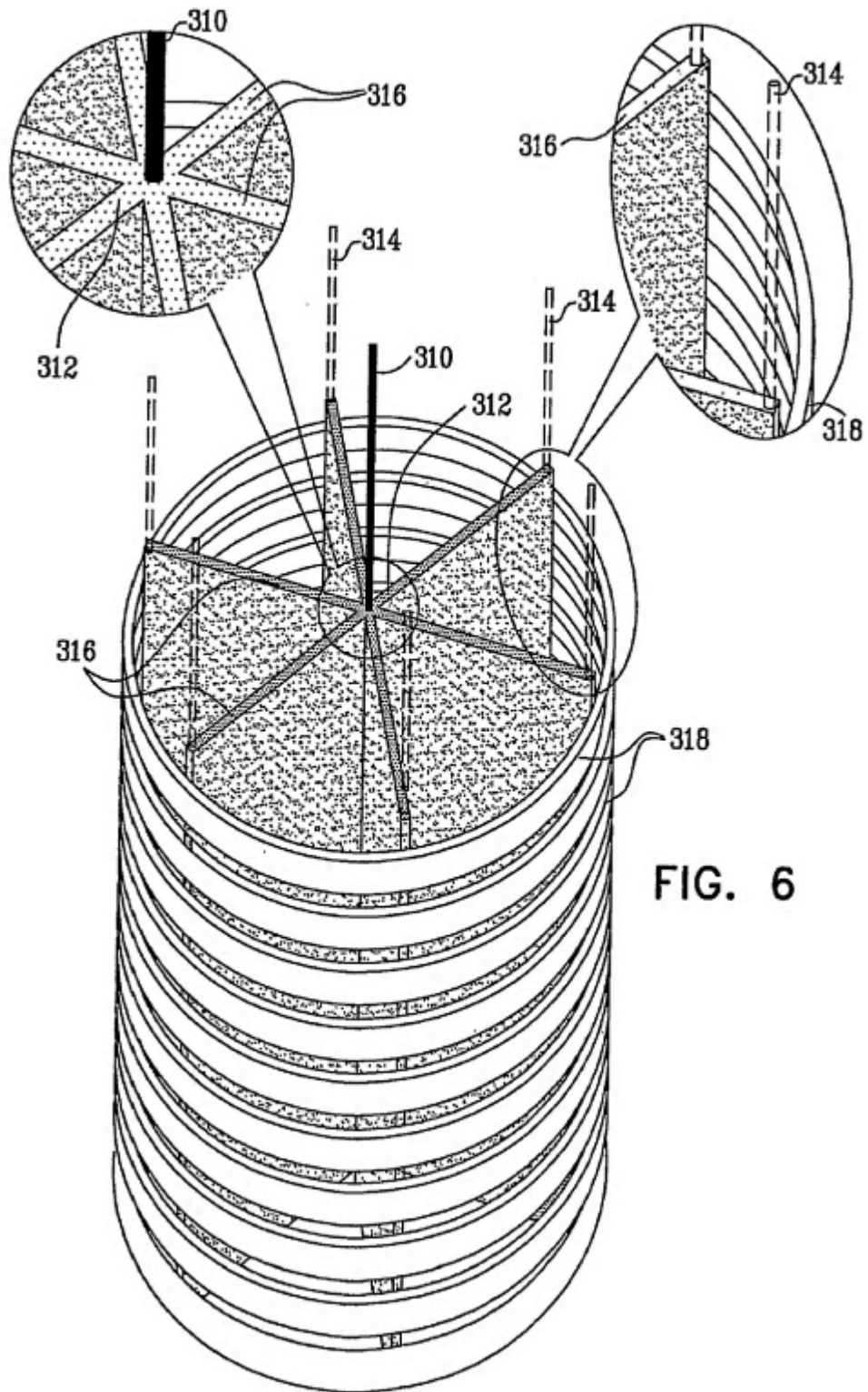


FIG. 6

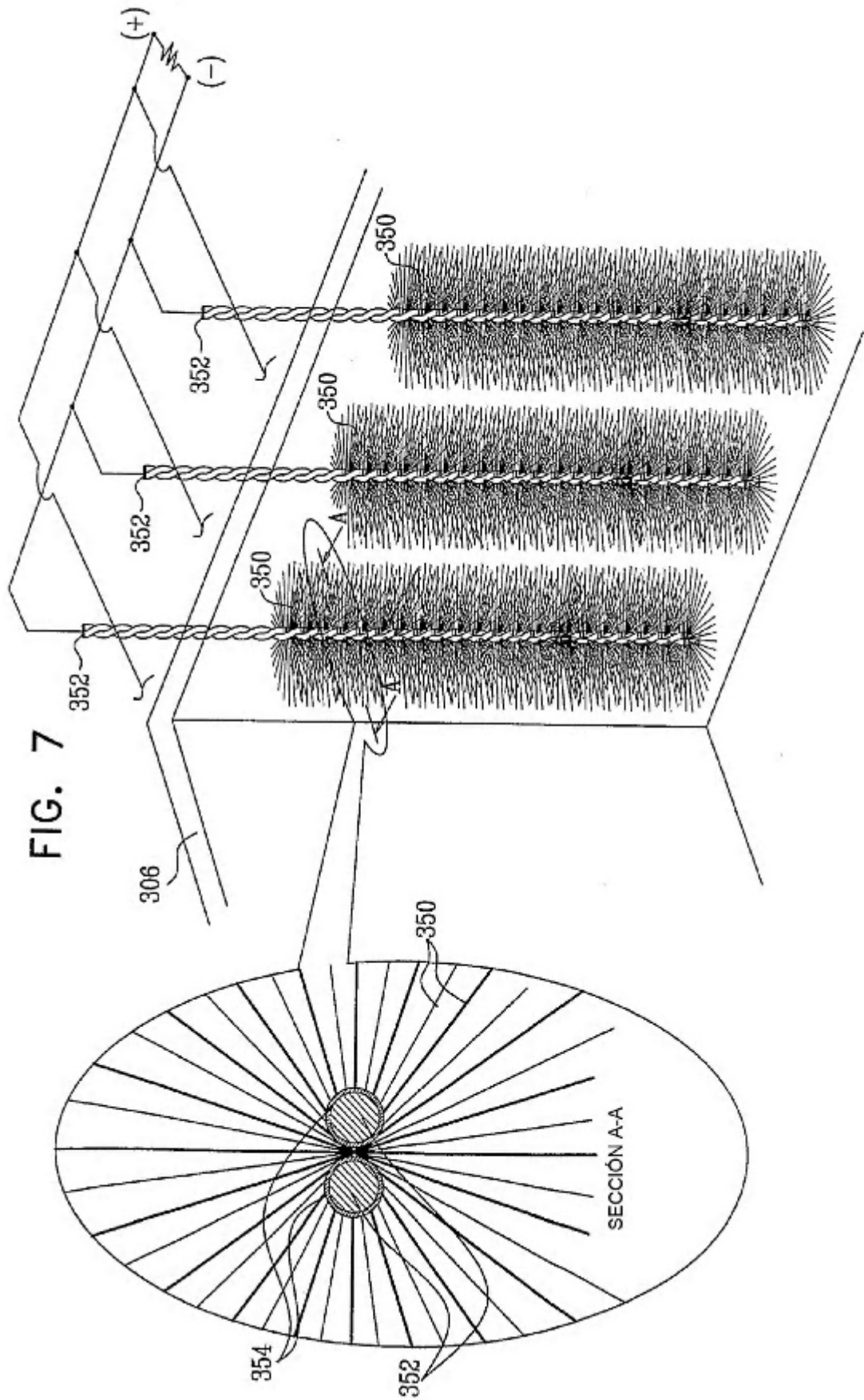


FIG. 8

