

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 767 928**

51 Int. Cl.:

**H01M 4/86** (2006.01)

**H01M 4/88** (2006.01)

**H01M 4/96** (2006.01)

**H01M 8/10** (2006.01)

**H01M 8/0245** (2006.01)

**H01M 8/1004** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.04.2016 PCT/JP2016/062149**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.10.2016 WO16171082**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2016 E 16783103 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2019 EP 3288106**

54 Título: **Material de base de electrodo de difusión de gas y procedimiento para fabricar el mismo**

30 Prioridad:

**24.04.2015 JP 2015089039**

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

**19.06.2020**

73 Titular/es:

**TORAY INDUSTRIES, INC. (100.0%)  
1-1, Nihonbashi-Muromachi 2-chome Chuo-ku  
Tokyo 103-8666, JP**

72 Inventor/es:

**HASHIMOTO, MASARU;  
WAKATABE, MICHIO y  
KATO, SHO**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 767 928 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**

Material de base de electrodo de difusión de gas y procedimiento para fabricar el mismo

5 Campo técnico

Una celda de combustible es un mecanismo para extraer energía eléctrica generada cuando se permite que el hidrógeno reaccione con el oxígeno para producir agua, y se espera que sea energía limpia debido a su alta eficiencia energética y al hecho de que solo descarga agua. La presente invención se refiere a un sustrato de electrodo de difusión de gas usado en una celda de combustible y a un procedimiento para fabricar el mismo, y más particularmente a un sustrato de electrodo de difusión de gas usado en, entre celdas de combustible, una celda de combustible de electrolito de polímero utilizada como fuente de energía para un vehículo de celda de combustible y similares, y a un procedimiento para fabricar la misma.

15 Técnica antecedente

Un electrodo utilizado en una celda de combustible de electrolito polimérico tiene una estructura que incluye una membrana de electrolito polimérico, y en ambas superficies de la membrana de electrolito polimérico, una capa de catalizador formada en una superficie de la membrana de electrolito polimérico y una capa de difusión de gas formada fuera de la capa de catalizador. Un sustrato de electrodo se distribuye como un miembro individual para formar la capa de difusión de gas en el electrodo. Como el rendimiento requerido del sustrato del electrodo, por ejemplo, hay capacidad de difusión de gas, conductividad eléctrica para recolectar electricidad generada en la capa de catalizador y capacidad de drenaje de agua para eliminar eficientemente la humedad generada en la superficie de la capa de catalizador. Para obtener dicho sustrato de electrodo, generalmente, se usa un sustrato poroso conductor que tiene capacidad de difusión de gas y conductividad eléctrica.

Los ejemplos específicos del sustrato poroso conductor incluyen fieltro de carbono, papel de carbón y tela de carbono hecha de fibras de carbono. Entre ellos, el papel carbón es más preferible desde el punto de vista de la resistencia mecánica y similares.

Dado que la celda de combustible es un sistema para extraer energía eléctrica generada cuando se permite que el hidrógeno reaccione con el oxígeno para producir agua, bajo una mayor carga eléctrica; es decir, bajo una gran corriente que sale del exterior de la celda, se produce una gran cantidad de agua (vapor de agua). El vapor de agua se condensa en gotas de agua a baja temperatura para bloquear los poros de la capa de difusión de gas y, por lo tanto, reduce la cantidad de gas (oxígeno o hidrógeno) suministrada a la capa de catalizador. Si finalmente se bloquean todos los poros, la generación de energía puede detenerse. Este fenómeno se llama desbordamiento.

Para evitar que el desbordamiento ocurra tanto como sea posible, por el contrario, para aumentar el valor actual al cual se produce el desbordamiento tanto como sea posible, se requiere que la capa de difusión de gas tenga capacidad de drenaje de agua. Como un medio para mejorar la capacidad de drenaje del agua, generalmente se usa un sustrato de electrodo con mayor repelencia al agua, que se obtiene sometiendo un sustrato conductor poroso a un tratamiento repelente al agua.

También se ha propuesto una técnica para mejorar aún más la capacidad de drenaje del agua, en la que la cantidad de material repelente al agua en el sustrato del electrodo disminuye continuamente desde el lado de la capa de catalizador hacia el otro lado (documentos de patente 1 y 2).

Documentos de la técnica anterior

50 Documentos de patente

Documento de patente 1: Patente japonesa No. 5079195

Documento de patente 2: Publicación abierta de patente japonesa No. 2014-63730

55 Documento de patente 3: solicitud de patente de Estados Unidos No. 2013-157171

Documento de patente 4: Publicación abierta de patente japonesa No. 2003-109604

60 Resumen de la invención

Problemas a solucionar por la invención

65 El documento de patente 1 propone un procedimiento para aplicar un líquido repelente de agua a un sustrato poroso conductor mientras se calienta el sustrato poroso conductor para suprimir la penetración del líquido repelente de agua en el sustrato poroso conductor. Si se aplica el líquido repelente al agua mientras se calienta el sustrato poroso

conductor, no obstante, la cantidad de material repelente al agua en el lado de la capa de catalizador del sustrato poroso conductor se vuelve insuficiente y el agua se condensa en un sitio con poca repelencia al agua para inhibir la descarga de agua al exterior del sistema.

5 El documento de patente 2 propone un procedimiento para aplicar una solución de recubrimiento hecha de un polvo de carbón y un material repelente al agua a una superficie de un sustrato poroso conductor para hacer que el material repelente al agua en la solución de recubrimiento penetre en el sustrato conductor poroso. El documento propone un caso en el que el sustrato poroso conductor no se somete a ningún tratamiento y un caso en el que el sustrato poroso conductor se impregna con una solución de tensioactivo como pretratamiento para que la solución de recubrimiento sea más propensa a penetrar en el sustrato poroso conductor. Sin embargo, no solo el material repelente al agua, sino también el polvo de carbón en la solución de recubrimiento penetra en el sustrato poroso conductor, de modo que los poros se bloquean, la difusión de gas disminuye y el rendimiento de generación de energía se deteriora. Además, especialmente el caso en el que se usa un tensioactivo para realizar el pretratamiento tiene el problema de que el material repelente al agua y el polvo de carbono alcanzan el lado del sustrato poroso conductor opuesto al lado al lado al que se aplica la solución de recubrimiento, y la descarga de agua al exterior del sistema se inhibe.

#### Soluciones a los problemas

20 Para resolver los problemas mencionados anteriormente, la presente invención emplea los siguientes medios.

Un sustrato de electrodo de difusión de gas que incluye un sustrato de electrodo y una capa microporosa (en adelante denominada MPL) dispuesta en una superficie del sustrato de electrodo, en donde el sustrato de electrodo de difusión de gas tiene un espesor de 110  $\mu\text{m}$  o más y 240  $\mu\text{m}$  o menos, y donde una sección transversal del sustrato del electrodo de difusión de gas se divide en una parte que tiene la MPL y una parte que no tiene MPL, y la parte que no tiene MPL se divide igualmente en una parte en contacto con la MPL (en lo sucesivo referida como una sección transversal de CP1) y una parte que no está en contacto con la MPL (en adelante, sección transversal de CP2), la sección transversal de CP1 tiene una relación F/C de 0.03 o más y 0.10 o menos y la sección de CP2 tiene una relación F/C menor a 0.03.

30 En la definición anterior, "F" es la masa de los átomos de flúor y "C" es la masa de los átomos de carbono.

#### Efectos de la invención

35 Una celda de combustible que incluye el sustrato del electrodo de difusión de gas de la presente invención como una capa de difusión de gas tiene un buen rendimiento de generación de energía a alta densidad de corriente en condiciones de baja temperatura de la celda de combustible; es decir, en condiciones donde el vapor de agua se condensa dentro de la celda de combustible para generar gotas de agua.

#### Breve descripción de los dibujos

40 La figura 1 es una vista en sección esquemática de un sustrato de electrodo de difusión de gas de la presente invención.

45 La figura 2 es una vista explicativa de un límite entre una parte que tiene MPL y una parte que no tiene MPL en el sustrato del electrodo de difusión de gas de la presente invención.

#### Formas de realización de la invención

50 En el sustrato de electrodo de difusión de gas de la presente invención, una capa microporosa (en lo sucesivo denominada MPL) está dispuesta en una superficie de un sustrato de electrodo.

55 En la presente invención, el que incluye un sustrato de electrodo y una MPL dispuesta en una superficie del sustrato de electrodo se denomina "sustrato de electrodo de difusión de gas". El "sustrato del electrodo de difusión de gas" es un miembro individual correspondiente a una capa de difusión de gas en un electrodo de una celda de combustible. El "sustrato del electrodo" significa un "sustrato poroso conductor" que contiene átomos de flúor.

60 En la presente invención, se requiere que la capa de difusión de gas tenga alta capacidad de difusión de gas para difundir un gas suministrado desde un separador a un catalizador, alta capacidad de drenaje de agua para descargar agua producida por una reacción electroquímica al separador, y alta conductividad eléctrica para extraer la corriente generada. Por lo tanto, para el sustrato del electrodo usado en el sustrato del electrodo de difusión de gas para constituir la capa de difusión de gas, se usa un sustrato poroso conductor que tiene conductividad eléctrica y está hecho de un cuerpo poroso que generalmente tiene un diámetro de poro promedio de 10 a 100  $\mu\text{m}$ .

65 Los ejemplos específicos preferibles del sustrato poroso conductor incluyen sustratos porosos que contienen fibras de carbono, tales como una tela tejida de fibra de carbono, una hoja de papel de fibra de carbono, una tela no tejida de fibra de carbono, fieltro de carbono, papel de carbono y tejido de carbono, y sustratos metálicos porosos tal como un

metal sinterizado espumado, una malla metálica y un metal expandido. Entre ellos, para el sustrato poroso conductor se usa preferiblemente un sustrato poroso que contiene fibra de carbono debido a su excelente resistencia a la corrosión y, además, es adecuado para usar papel de carbono que es un sustrato obtenido uniendo una hoja de papel de fibra de carbono con carburo debido a sus excelentes propiedades de absorber el cambio dimensional en la dirección perpendicular al plano de la membrana electrolítica; es decir, "propiedades de resorte". En la presente invención, el papel carbón se obtiene impregnando una lámina de papel de fibra de carbono con una resina y carbonizando el resultante.

Los ejemplos de la fibra de carbono incluyen fibras de carbono a base de poliacrilonitrilo (PAN), a base de brea y a base de rayón. Entre ellos, debido a su excelente resistencia mecánica en la presente invención se usa preferiblemente una fibra de carbono a base de PAN o a base de alquitrán.

En la presente invención, el grosor del sustrato poroso conductor o del sustrato del electrodo es preferiblemente de 210  $\mu\text{m}$  o menos. El grosor del sustrato poroso conductor o del sustrato del electrodo es preferiblemente de 90  $\mu\text{m}$  o más. Cuando el grosor del sustrato poroso conductor o del sustrato del electrodo es de 210  $\mu\text{m}$  o menos, en un sustrato del electrodo de difusión de gas formado utilizando el sustrato poroso conductor o el sustrato del electrodo, una corta distancia de difusión del gas en la dirección perpendicular del plano mejora la capacidad de difusión del gas, una ruta corta de drenaje de agua mejora la capacidad de drenaje del agua, el desbordamiento puede suprimirse, y una ruta conductora corta mejora la conductividad eléctrica y, en consecuencia, se mejora el rendimiento de generación de energía tanto a altas, como también a bajas temperaturas.

Por otra parte, cuando el grosor del sustrato poroso conductor o el sustrato del electrodo es de 90  $\mu\text{m}$  o más, el material repelente al agua no rezuma de una superficie del sustrato poroso conductor sometido a un tratamiento repelente al agua a la otra superficie. Por lo tanto, la sección transversal de CP2 tiene una relación F/C de 0.01 o menos, las gotas de agua se descargan suavemente hacia el exterior del sistema para que se mejore la capacidad de drenaje del agua, y se puede suprimir el desbordamiento y, en consecuencia, se mejora el rendimiento de generación de energía a baja temperatura. Además, cuando el grosor del sustrato poroso conductor o del sustrato del electrodo es de 90  $\mu\text{m}$  o más, un sustrato del electrodo de difusión de gas formado utilizando el sustrato poroso conductor o el sustrato del electrodo es mejorado en la capacidad de difusión del gas en la dirección del plano y se puede suministrar un gas más fácilmente a un catalizador debajo de la nervadura de un separador, de modo que se mejora el rendimiento de generación de energía tanto a altas, como también a bajas temperaturas. Además, cuando el grosor del sustrato poroso conductor o del sustrato del electrodo es de 90  $\mu\text{m}$  o más, la resistencia mecánica del sustrato del electrodo se mejora aún más, y un sustrato del electrodo de difusión de gas formado usando el sustrato poroso conductor puede soportar más fácilmente la membrana del electrolito y la capa de catalizador.

El grosor del sustrato poroso conductor o del sustrato del electrodo se puede determinar usando un micrómetro en un estado en el que el sustrato se presuriza a una presión superficial de 0.15 MPa. El promedio de 10 valores medidos individuales se toma como el grosor del sustrato conductor poroso o el sustrato del electrodo.

En la presente invención, como se describió anteriormente, un sustrato poroso conductor que contiene átomos de flúor es un sustrato de electrodo. Por lo tanto, por ejemplo, impartiendo una resina de flúor a un sustrato poroso conductor se forma un sustrato de electrodo que es un sustrato poroso conductor que contiene átomos de flúor. Los átomos de flúor, como la resina de flúor, actúan como un material repelente al agua. Si el sustrato poroso conductor contiene o no átomos de flúor, es decir, si un determinado sustrato corresponde o no al sustrato del electrodo se determina dependiendo de si al menos uno de los siguientes no es mayor que 0: la relación F/C de la sección transversal de CP1, la relación F/C de la sección transversal de CP2 y la relación F/C de la superficie del sustrato poroso conductor opuesto a un lado donde está dispuesto la MPL, que se describirá más adelante.

Los ejemplos de una resina de flúor adecuada para impartirse al sustrato poroso conductor para obtener el sustrato del electrodo incluyen PTFE (politetrafluoroetileno) (por ejemplo, "Teflon" (marca registrada)), FEP (un copolímero de tetrafluoruro de etileno-hexafluoruro de propileno), PFA (una resina de fluoruro de perfluoroalcoxi), ETFA (un copolímero de etileno-tetrafluoroetileno), PVDF (polifluoruro de vinilideno) y PVF (polifluoruro de vinilo). Entre ellos, es preferible usar una resina fluorada que tenga un punto de fusión de 200  $^{\circ}\text{C}$  o más y 320  $^{\circ}\text{C}$  o menos. Cuando se utiliza dicha resina de flúor, la resina de flúor tiene una baja viscosidad en el momento de la fusión, la polarización de la resina de flúor, es decir la polarización de los átomos de flúor, es pequeña, y se mejora el rendimiento de generación de energía del sustrato del electrodo de difusión de gas que incluye tal sustrato de electrodo. Como la resina de flúor que tiene un punto de fusión de 200  $^{\circ}\text{C}$  o más y 320  $^{\circ}\text{C}$  o menos, se pueden mencionar FEP y PFA, y la resina de flúor es de modo particularmente preferible FEP.

En el sustrato del electrodo, en el sustrato del electrodo de difusión de gas de la presente invención, la cantidad de material repelente al agua, es decir, la cantidad de átomos de flúor disminuye continuamente desde el lado de la capa de catalizador hacia el otro lado. Es decir, en el sustrato de electrodo de difusión de gas de la presente invención, como se muestra en la Fig. 1, donde una sección transversal de un sustrato de electrodo de difusión de gas 1 se divide en una parte que tiene la MPL (una MPL 2) y una parte que no tiene MPL (un sustrato de electrodo 3), y la parte que no tiene MPL se sigue dividiendo igualmente en una parte en contacto con la MPL (una sección transversal CP1 4) y una parte que no está en contacto con la MPL (una sección transversal CP2 5), la sección transversal de CP1 tiene

una relación F/C de 0.03 o más y 0.10 o menos y la sección transversal de CP2 tiene una relación F/C menor de 0.03, preferiblemente 0.01 o menos. En la definición anterior, "F" es la masa de los átomos de flúor y "C" es la masa de los átomos de carbono. El límite inferior de la relación F/C de la sección transversal de CP2 es 0.

5 El procedimiento para hacer que la relación F/C de la sección transversal de CP2 sea inferior a 0.3 no está particularmente limitado. Por ejemplo, la relación de F/C de la sección transversal de CP2 puede hacerse inferior a 0.03 aplicando un material repelente al agua a un lado de un sustrato poroso conductor que tenga un espesor de 90  $\mu\text{m}$  o más.

10 El procedimiento para hacer que la relación de F/C de la sección transversal de CP1 sea 0.03 o más y 0.10 o menos no está particularmente limitado. Por ejemplo, la relación de F/C de la sección transversal de CP1 se puede hacer 0.03 o más y 0.10 o menos ajustando la cantidad de aplicación de la resina de flúor utilizada como material repelente al agua en 1 a 5 partes en masa con respecto a 100 partes en masa del sustrato conductor poroso.

15 La relación de F/C es un índice que muestra la abundancia de resina de flúor como material repelente al agua que imparte repelencia al agua. Una relación de F/C mayor significa una mayor repelencia al agua. Cuando la relación F/C de la sección transversal de CP1 es 0.03 o más, el sustrato del electrodo de difusión de gas tiene suficiente repelencia al agua y evita que las gotas de agua permanezcan en el CP1. Mientras tanto, cuando la relación de F/C de la sección transversal de CP1 es de 0.10 o menos, las gotas de agua generadas en la superficie de la capa de catalizador que se mueven hacia el CP1 a través del MPL no son empujadas hacia atrás, sino que se llevan al sustrato del electrodo y se descargan al exterior del sistema. Cuando la relación F/C de la sección transversal de CP2 es inferior a 0.03, las gotas de agua que se mueven de CP1 a CP2 se descargan al exterior del sistema. Si la relación F/C de la sección transversal de CP2 es 0.03 o más, el material repelente al agua inhibe a las gotas de agua de descargarse al exterior del sistema, y se deteriora la capacidad de drenaje del agua.

25 Al dividir la sección transversal del sustrato del electrodo de difusión de gas en una parte que tiene la MPL y una parte que no tiene MPL, como se muestra en la Fig. 2, las partes se pueden definir dibujando una línea paralela a la superficie del sustrato para que la línea incluya una punta donde la MPL penetre más profundamente en el sustrato del electrodo. Los detalles se describirán más adelante.

30 En el sustrato del electrodo de difusión de gas de la presente invención, es preferible cuando la superficie del sustrato del electrodo de difusión de gas opuesta a un lado donde está dispuesta la MPL tiene una relación F/C de 0.01 o menos, ya que las gotas de agua que se mueven de CP1 a CP2 se descargan al exterior del sistema. El límite inferior de la relación F/C de la superficie opuesta al lado donde está dispuesta la MPL es 0.

35 El procedimiento para hacer que la relación F/C de la superficie opuesta al lado donde está dispuesta la MPL sea 0.01 o menos no está particularmente limitado. Por ejemplo, es posible adoptar un procedimiento para aplicar un material repelente al agua a un lado de un sustrato poroso conductor que tenga un espesor de 90  $\mu\text{m}$  o más.

40 Es preferible cuando la superficie del sustrato del electrodo de difusión de gas de la presente invención en el lado donde está dispuesta la MPL tiene una relación F/C de 0,10 o más, ya que se asegura suficiente repelencia al agua y se evita que las gotas de agua permanezcan en la MPL. Además, es preferible cuando la superficie del sustrato del electrodo de difusión de gas en el lado donde está dispuesto la MPL tiene una relación F/C de 0.40 o menos, ya que las gotas de agua que se mueven hacia el MPL desde el catalizador no son empujadas hacia atrás, y se evita que el agua permanezca entre la capa de catalizador y el MPL. Para hacer la relación F/C de la superficie del sustrato del electrodo de difusión de gas sobre el lado donde está dispuesta la MPL sea 0,10 o más y 0,40 o menos, por ejemplo, se puede mencionar un procedimiento para incorporar una resina de flúor en el MPL.

50 En el sustrato del electrodo de difusión de gas de la presente invención, la MPL está dispuesta en una superficie del sustrato del electrodo. La MPL tiene alta capacidad de difusión de gas en una dirección perpendicular a un plano para difundir un gas suministrado desde un separador a un catalizador, alta capacidad de drenaje de agua para descargar agua producida por una reacción electroquímica al separador y alta conductividad eléctrica para extraer la corriente generada. Además, la MPL también tiene una función de facilitar la retrodifusión de humedad a la membrana electrolítica para mojar la membrana electrolítica. En la presente invención, es importante que la MPL se disponga solo en una superficie del sustrato del electrodo. Disponer la MPL sobre ambas superficies del sustrato del electrodo significa que la MPL con alta repelencia al agua también está dispuesta entre el sustrato del electrodo y el separador, de modo que se inhibe la descarga de agua desde el interior del sustrato del electrodo y se deteriora el rendimiento de generación de energía a baja temperatura.

60 El procedimiento para fabricar el sustrato de electrodo de difusión de gas de la presente invención no está particularmente limitado. Un procedimiento particularmente adecuado es un procedimiento que incluye la etapa de rociar o aplicar un líquido de dispersión que contiene una resina de flúor a una superficie de un sustrato poroso conductor, seguido de disponer la MPL sobre la superficie. A continuación, se describirá un procedimiento para fabricar el sustrato del electrodo de difusión de gas de la presente invención.

65

El sustrato de electrodo de la presente invención es un sustrato conductor poroso que contiene átomos de flúor. El sustrato del electrodo se obtiene impartiendo un material repelente al agua al sustrato poroso conductor, es decir, sometiendo el sustrato poroso conductor a un denominado tratamiento repelente al agua. El tratamiento repelente al agua puede llevarse a cabo aplicando un líquido de dispersión que contiene la resina de flúor a una superficie del sustrato poroso conductor, seguido de un tratamiento térmico. Para la aplicación del material repelente al agua, es preferible pulverizar con un aerosol o similar, o aplicación con un recubridor de matriz o similar. La cantidad de aplicación de la resina de flúor en el tratamiento repelente al agua es preferiblemente de 1 a 5 partes en masa con respecto a 100 partes en masa del sustrato poroso conductor. La cantidad de aplicación de la resina de flúor es preferiblemente de 1 parte en masa o más ya que el sustrato del electrodo resultante es excelente en la capacidad de drenaje del agua. Por otro lado, la cantidad de aplicación de la resina de flúor es preferiblemente de 5 partes en masa o menos ya que el sustrato del electrodo es excelente en conductividad eléctrica. Después de la aplicación de la resina de flúor, el sustrato conductor poroso se seca preferiblemente a una temperatura de 90 °C o más y menos de 200 °C. El sustrato de electrodo de difusión de gas de la presente invención se fabrica preferiblemente mediante un procedimiento de someter una superficie del sustrato poroso conductor a un tratamiento repelente al agua y luego disponer la MPL sobre la superficie como se describe anteriormente.

La MPL contiene partículas finas conductoras tales como negro de humo, nanotubos de carbono, nanofibras de carbono, fibras de carbono picadas, grafeno y grafito. Partículas conductoras finas conductoras, usadas de modo particularmente preferido son negro de humo, nanotubos de carbono, nanofibras de carbono y grafeno. Como negro de humo, el negro de acetileno se usa adecuadamente desde el punto de vista de que contiene una pequeña cantidad de impurezas y apenas disminuye la actividad del catalizador.

Además, se requiere que la MPL tenga propiedades tales como conductividad eléctrica, capacidad de difusión de gases, capacidad de drenaje de agua, retención de humedad y conductividad térmica, así como resistencia a ácidos fuertes en el lado del ánodo y resistencia a la oxidación en el lado del cátodo dentro de una celda de combustible. Por lo tanto, además de las partículas finas conductoras, la MPL contiene preferiblemente una resina repelente al agua tal como una resina de flúor. La resina de flúor utilizada en la MPL es adecuadamente PTFE, FEP, PFA, ETFE o similares, de manera similar a la resina de flúor utilizada en el sustrato del electrodo. El PTFE es preferible porque es el más alto en repelencia al agua. Sin embargo, el PTFE tiene un alto punto de fusión de alrededor de 330 °C y, por lo tanto, tiene la desventaja de que la temperatura de sinterización que se describirá más adelante debe establecerse en 350 °C o más. En consideración a este punto, también se recomienda usar una resina fluorada que tenga un punto de fusión de 300 °C o menos, como FEP. El límite inferior del punto de fusión es al menos el punto de ebullición del disolvente, es decir, sustancialmente alrededor de 100 °C, preferiblemente 150 °C o más.

Para proporcionar la MPL en el sustrato del electrodo, es común aplicar una solución de recubrimiento para la formación de MPL (en lo sucesivo denominada solución de recubrimiento de MPL) a una superficie del sustrato del electrodo. La solución de revestimiento de MPL generalmente contiene las partículas finas conductoras mencionadas anteriormente y un disolvente tal como agua o un alcohol, y a menudo contiene un tensioactivo o similar para dispersar las partículas conductoras finas en el mismo. Además, para incorporar una resina repelente al agua en la MPL, se mezcla una resina repelente al agua preliminarmente en la solución de recubrimiento de MPL.

La solución de recubrimiento MPL se puede aplicar al sustrato del electrodo utilizando una variedad de aparatos de recubrimiento disponibles comercialmente. Como procedimiento de recubrimiento, por ejemplo, se puede emplear la serigrafía, la serigrafía rotativa, la pulverización, la impresión en huecograbado, la impresión en huecograbado, el revestimiento de matriz, el revestimiento en barra o el revestimiento con cuchilla. Es preferible la aplicación utilizando un recubridor de matriz porque la cantidad de aplicación puede cuantificarse independientemente de la rugosidad de la superficie del sustrato del electrodo. Los procedimientos de recubrimiento mencionados anteriormente se presentan únicamente con fines ilustrativos, y el procedimiento de recubrimiento no está necesariamente limitado a los mismos.

Después de aplicarse, la solución de recubrimiento MPL se sinteriza con el fin de eliminar el tensioactivo utilizado para dispersar las partículas finas conductoras y disolver la resina de flúor una vez para unir las partículas finas conductoras. La temperatura de sinterización es una temperatura que es más alta que el punto de ebullición o la temperatura de descomposición del tensioactivo y la temperatura de fusión de la resina de flúor. Cuando se usa PTFE que tiene un punto de fusión de alrededor de 330 °C, la solución de revestimiento de MPL se sinteriza preferiblemente en condiciones de una temperatura de sinterización de 330 °C o más, preferiblemente 350 °C o más durante 30 segundos o más. Sin embargo, el límite superior de la temperatura de sinterización suele ser de unos 400 °C, ya que una temperatura de sinterización demasiado alta podría descomponer la resina de flúor. En cuanto al tiempo de sinterización, el límite superior suele ser de unos 60 minutos desde el punto de vista de la productividad.

Como tensioactivo, generalmente se utiliza un tensioactivo no iónico desde el punto de vista de que contiene una pequeña cantidad de impurezas. Se puede usar octilfenoxipoliétoxietanol ("TRITON (marca registrada)" X-100 fabricado por Nacalai Tesque, Inc.), éter alquílico de polioxitileno, polialcohol vinílico y similares.

De ambas superficies del sustrato del electrodo, es preferible proporcionar la MPL en el lado de CP1 cuya sección transversal tiene una relación F/C de 0.03 o más y 0.10 o menos. Es decir, un procedimiento de fabricación adecuado de la presente invención incluye preferiblemente una etapa de aplicar un líquido de dispersión que contiene la resina

de flúor a una superficie del sustrato poroso conductor, seguido de aplicar la solución de recubrimiento de MPL a la superficie. En una celda de combustible, la humedad generada por una reacción se genera en la capa de catalizador. Es decir, en un sustrato de electrodo de difusión de gas, se genera humedad en un lado donde se proporciona la MPL. Cuando la humedad generada se condensa en gotas de agua, las gotas de agua se mueven de una región con alta repelencia al agua a una región con baja repelencia al agua. Por lo tanto, es preferible proporcionar la MPL en la superficie del sustrato del electrodo que tenga una mayor repelencia al agua porque es fácil eliminar las gotas de agua generadas hacia el lado del separador.

En la presente invención, el grosor del sustrato del electrodo de difusión de gas es de 240  $\mu\text{m}$  o menos. El grosor del sustrato del electrodo de difusión de gas es de 110  $\mu\text{m}$  o más. Cuando el grosor del sustrato del electrodo de difusión de gas es de 240  $\mu\text{m}$  o menos, una corta distancia de difusión del gas en la dirección perpendicular al plano mejora la capacidad de difusión del gas, una ruta corta de drenaje de agua mejora la capacidad de drenaje del agua, el desbordamiento puede suprimirse, y una ruta conductiva corta mejora la conductividad eléctrica y, en consecuencia, el rendimiento de generación de energía mejora tanto a altas, como a bajas temperaturas. Por otro lado, cuando el grosor del sustrato del electrodo de difusión de gas es de 110  $\mu\text{m}$  o más, el sustrato del electrodo de difusión de gas mejora en la capacidad de difusión del gas en la dirección paralela al plano, y un gas puede suministrarse más fácilmente a un catalizador debajo de la nervadura de un separador, de modo que se mejora el rendimiento de generación de energía a altas y bajas temperaturas.

Se puede obtener un sustrato de electrodo de difusión de gas que tenga tal grosor controlando el grosor del sustrato poroso conductor y el grosor de la MPL. Aquí, el grosor del sustrato del electrodo de difusión de gas se puede obtener usando un micrómetro en un estado en el que el sustrato del electrodo de difusión de gas se presuriza a una presión superficial de 0,15 MPa, y un valor obtenido promediando 10 valores medidos individuales se toma como el grosor del sustrato del electrodo de difusión de gas.

En la presente invención, es preferible que el sustrato del electrodo de difusión de gas tenga una capacidad de difusión de gas en la dirección perpendicular al plano de 30% o más. Cuando la capacidad de difusión del gas es del 30% o más, se puede obtener un alto rendimiento de generación de energía a altas y bajas temperaturas. La capacidad de difusión del gas en la dirección perpendicular al plano es preferiblemente lo más alta posible. Sin embargo, se cree que el límite superior de la capacidad de difusión del gas es de aproximadamente el 40%, ya que una porosidad demasiado alta del sustrato del electrodo de difusión de gas evitará que una celda de combustible que incorpora el sustrato del electrodo de difusión de gas mantenga su estructura cuando se aplica una presión al interior de la celda de combustible.

Con el fin de hacer que la capacidad de difusión del gas en la dirección perpendicular al plano del sustrato del electrodo de difusión de gas sea del 30% o más, por ejemplo, se puede mencionar un procedimiento para ajustar el grosor del sustrato del electrodo usado a 210  $\mu\text{m}$  o menos.

El sustrato del electrodo de difusión de gas de la presente invención se usa en una celda de combustible que se fabrica mediante unión por presión del sustrato del electrodo de difusión de gas a ambos lados de una membrana de electrolito que tiene una capa de catalizador en ambos lados para que cada capa de catalizador entre en contacto con la MPL de cada sustrato de electrodo de difusión de gas, e incorporando además un miembro tal como un separador en el resultante para formar una sola celda.

## Ejemplos

En lo sucesivo, la presente invención se describirá más concretamente a modo de ejemplos. A continuación se muestran los materiales utilizados en los ejemplos y ejemplos comparativos, y varios procedimientos de evaluación.

<Preparación del sustrato del electrodo>

Las fibras de carbono a base de poliacrilonitrilo "TORAYCA" (marca registrada) T300 (diámetro promedio de fibra de carbono: 7  $\mu\text{m}$ ) fabricadas por Toray Industries, Inc. se cortaron en una longitud promedio de 12 mm, se dispersaron en agua y se sometieron continuamente a la fabricación de papel mediante un procedimiento de fabricación de papel húmedo. Además, al papel se aplicó una solución acuosa al 10% en masa de alcohol polivinílico como aglutinante y se secó para preparar una hoja de papel. La cantidad de alcohol polialcohol vinílico aplicado fue de 22 partes en masa con respecto a 100 partes en masa de la hoja de papel.

Usando una resina obtenida mezclando una resina fenólica de tipo resol con una resina fenólica de tipo novolac en una relación de masa de 1: 1 como resina termoestable, grafito escamoso (diámetro de partícula promedio: 5  $\mu\text{m}$ ) como un material de carga de carbono y metanol como disolvente, los materiales se mezclaron en una relación de composición de resina termoendurecible/ material de carga de carbono/disolvente = 10 partes en masa/5 partes en masa/85 partes en masa, y la mezcla se agitó durante 1 minuto usando un aparato de dispersión ultrasónica para dar lugar a una composición de resina dispersada de modo uniforme.

La hoja de papel cortada en un tamaño de 15 cm × 12,5 cm se sumergió en la composición de resina envasada en una bandeja de aluminio e impregnada con la composición de resina de modo que la cantidad de un componente de resina (resina termoendurecible + carga de carbono) sería 130 partes en masa relativa a 100 partes en masa de fibras de carbono, y luego la hoja de papel se secó calentándola a 100°C durante 5 minutos para preparar un preimpregnado. Luego, el preimpregnado preparado se trató térmicamente a 180 °C durante 5 minutos mientras se presurizaba con una prensa plana. En el momento de la presurización, se dispusieron espaciadores en la prensa plana para ajustar la distancia entre las placas de prensa superior e inferior.

El sustrato obtenido por tratamiento térmico del preimpregnado se introdujo en un horno de calentamiento que tenía la temperatura más alta de 2400 °C y se mantuvo en una atmósfera de gas nitrógeno para dar lugar a un sustrato poroso conductor.

A un lado del sustrato poroso conductor, se asperjó 1 parte en masa de FEP ("NEOFLON" (marca registrada) ND-110 fabricada por Daikin Industries, Ltd.) en relación con 99 partes en masa del sustrato poroso conductor, y el sustrato poroso conductor se calentó a 100°C durante 5 minutos para preparar un sustrato de electrodo que tenía un espesor de 160 µm.

<Formación de MPL>

Usando un recubridor de matriz cortada, se formó una MPL en la superficie del sustrato del electrodo al que se había aplicado FEP. Para la solución de recubrimiento de MPL, se usó negro de acetileno ("Denka Black" (marca registrada) fabricado por DENKI KAGAKU KOGYO KABUSHIKI KAISHA), se usó un tipo de negro de humo en forma de partículas conductoras finas, PTFE ("Polyflon" (marca registrada) D-1E fabricado por Daikin Industries, Ltd.) como resina de flúor, se usó "TRITON" (marca registrada) X-100 fabricado por Nacalai Tesque, Inc. como tensioactivo, y se usó agua purificada como medio de dispersión. Para la solución de recubrimiento de MPL, las cantidades de partículas conductoras finas, resina de flúor, tensioactivo y medio de dispersión se ajustaron respectivamente a 7.7 partes en masa, 4 partes en masa, 14 partes en masa y 74,3 partes en masa, y los componentes fueron mezclados. La solución de recubrimiento de MPL se aplicó al sustrato del electrodo usando un recubridor de matriz, y el sustrato del electrodo se calentó (sinterizó) a 100 °C durante 5 minutos y a 380 °C durante 10 minutos para preparar un sustrato de electrodo de difusión de gas que tiene un espesor de 194 µm.

<Medición de proporción F/C de sustrato de electrodo de difusión de gas>

Las relaciones F/C de la superficie del sustrato del electrodo de difusión de gas en el lado donde se dispuso la MPL y la superficie opuesta al lado donde se dispuso la MPL se midieron de la siguiente manera.

El sustrato del electrodo de difusión de gas se cortó en 5 x 5 mm. Una parte del sustrato del electrodo de difusión de gas cortado en 5 × 5 mm se amplió 200 veces usando un analizador SEM-EDX (rayos X fluorescentes dispersivos de energía). El análisis elemental de la superficie a medir se realizó a un voltaje de aceleración de 5 KeV, una anchura de exploración de 20 µm y un intervalo de exploración de línea de 50 µm. Se cuantificó la dosis de rayos X (tasa de recuento) correspondiente a flúor y carbono y se determinó la relación F/C.

Además, la relación F/C de la sección transversal del sustrato del electrodo de difusión de gas se midió de la siguiente manera.

El sustrato del electrodo de difusión de gas se colocó horizontalmente y se cortó perpendicularmente al plano horizontal usando una sola cuchilla para obtener una sección transversal. Usando el analizador SEM-EDX (rayos X fluorescentes dispersivos de energía), el aumento de la ampliación se ajustó para que el campo de visión desde una porción cercana a una superficie hasta una porción cercana a la otra superficie (campo de visión completo) quepa dentro de la pantalla del monitor. El análisis elemental de la sección transversal del sustrato del electrodo de difusión de gas se realizó a un voltaje de aceleración de 5 KeV, un ancho de exploración de 20 µm y un intervalo de exploración de línea de 50 µm. Se cuantificó la dosis de rayos X (tasa de recuento) correspondiente a flúor y carbono y se determinó la relación F/C.

La medición de la relación F/C de la sección transversal se realizó para cada una de la sección transversal de CP1 y la sección transversal de CP2, que son la parte que no tiene MPL en la sección transversal del sustrato del electrodo de difusión de gas. Como se muestra en la Fig. 2, un límite 6 entre la parte que tiene la MPL y la parte que no tiene MPL es una línea dibujada en paralelo a la superficie del sustrato, de modo que la línea incluye una punta donde la MPL penetra más profundamente en el electrodo sustrato

Como SEM-EDX, se utilizó un aparato que incluye SEM H-3000 fabricado por Hitachi y un analizador de rayos X fluorescente dispersivo de energía SEMEDX Tipo-H agregado al mismo.

<Evaluación de capacidad de difusión de gas en dirección perpendicular al plano>

Se utilizó un aparato de evaluación de difusión de permeación de vapor de agua de gas (MVDP-200C) fabricado por Seika Corporation. Se hizo que un gas cuya capacidad de difusión se deseara medir fluyera hacia un lado (lado primario) del sustrato del electrodo de difusión de gas, y se hizo que el gas nitrógeno fluyera hacia el otro lado (lado secundario) del sustrato del electrodo de difusión de gas. La presión diferencial entre el lado primario y el lado secundario se controló a alrededor de 0 Pa ( $0 \pm 3$  Pa). Es decir, se produjo un estado en el que casi no había flujo de gas debido a la diferencia de presión, y el fenómeno de transferencia de gas ocurriría solo por difusión molecular. La concentración de gas en el momento en que se alcanzó el equilibrio se midió con un medidor de concentración de gas en el lado secundario, y este valor (%) se definió como la capacidad de difusión de gas en la dirección perpendicular al plano.

< Evaluación de rendimiento de generación de energía >

El sustrato del electrodo de difusión de gas obtenido se dispuso a ambos lados de una membrana de electrolito/producto integrado de capa de catalizador (membrana de electrolito "Gore Select (marca registrada)" fabricado por WL Gore & Associates, co., Ltd y capas de catalizador "PRIMEA (marca comercial registrada)" fabricado por W.L. Gore & Associates, co., Ltd formado en ambas superficies de la membrana del electrolito) para que cada capa de catalizador entre en contacto con cada MPL, y el laminado se prensó en caliente para preparar un conjunto de electrodo de membrana (MEA). El ensamblaje del electrodo de membrana se incorporó en una sola celda para una celda de combustible y se humidificó para la generación de energía, de modo que la temperatura de la celda sería de 57 °C, la eficiencia de utilización del combustible sería del 70%, la eficiencia de utilización del aire sería del 40% y los puntos de rocío de hidrógeno en el ánodo y el aire en el cátodo eran cada uno de 57 °C. El voltaje de salida cuando la densidad de corriente era 1.9 A/cm<sup>2</sup> se usó como índice de una propiedad anti-desbordamiento.

(Ejemplo 1)

Se obtuvo un sustrato de electrodo de difusión de gas de acuerdo con el procedimiento descrito en <Preparación del sustrato de electrodo> y <Formación de MPL>. Como resultado de la evaluación del rendimiento de generación de energía de este sustrato del electrodo de difusión de gas, como se muestra en la Tabla 1, el voltaje de salida fue de 0.40 V (temperatura de operación 57 °C, temperatura de humidificación 57 °C, densidad de corriente 1.9 A/cm<sup>2</sup>), y el sustrato del electrodo de difusión de gas también era bueno en la propiedad de anti-desbordamiento. Otros resultados de medición son los que se muestran en la Tabla 1.

(Ejemplo 2)

Se obtuvo un sustrato de electrodo de difusión de gas de acuerdo con el procedimiento descrito en <Preparación del sustrato del electrodo> y <Formación de MPL>, excepto que el sustrato del electrodo se preparó en <Preparación del sustrato del electrodo> asperjando 5 partes en masa de FEP relativo a 95 partes en masa del sustrato poroso conductor a una superficie del sustrato poroso conductor, y el sustrato poroso conductor se calentó a 100 °C durante 5 minutos. Como resultado de la evaluación del rendimiento de generación de energía de este sustrato del electrodo de difusión de gas, como se muestra en la Tabla 1, el voltaje de salida fue 0.42 V (temperatura de operación 57 °C, temperatura de humidificación 57 °C, densidad de corriente 1.9 A/cm<sup>2</sup>), y el sustrato del electrodo de difusión de gas también era bueno en la propiedad anti-desbordamiento. Otros resultados de medición son los que se muestran en la Tabla 1.

(Ejemplo 3)

Se obtuvo un sustrato de electrodo de difusión de gas de acuerdo con el procedimiento descrito en <Preparación del sustrato del electrodo> y <Formación de MPL>, excepto que el sustrato del electrodo se preparó en <Preparación del sustrato del electrodo> aplicando 5 partes en masa de FEP relativo a 95 partes en masa del sustrato poroso conductor a una superficie del sustrato poroso conductor usando un recubridor de matriz, y el sustrato poroso conductor se calentó a 100°C durante 5 minutos. Como resultado de la evaluación del rendimiento de generación de energía de este sustrato de electrodo de difusión de gas, como se muestra en la Tabla 1, el voltaje de salida fue de 0,41 V (temperatura de operación 57 °C, temperatura de humidificación 57 °C, densidad de corriente 1,9 A/cm<sup>2</sup>), y el sustrato del electrodo de difusión de gas también era bueno en la propiedad anti-desbordamiento. Otros resultados de medición son los que se muestran en la Tabla 1.

(Ejemplo 4)

Se obtuvo un sustrato de electrodo de difusión de gas de acuerdo con el procedimiento descrito en <Preparación del sustrato del electrodo> y <Formación de MPL>, excepto que el sustrato del electrodo se preparó en <Preparación del sustrato del electrodo> aplicando 7 partes en masa de FEP relativo a 93 partes en masa del sustrato poroso conductor a una superficie del sustrato poroso conductor usando un recubridor de matriz, y el sustrato poroso conductor se calentó a 100°C durante 5 minutos. Como resultado de la evaluación del rendimiento de generación de energía de este sustrato del electrodo de difusión de gas, como se muestra en la Tabla 1, el voltaje de salida fue de 0.40 V (temperatura de operación 57 °C, temperatura de humidificación 57 °C, densidad de corriente 1.9 A/cm<sup>2</sup>), y el sustrato

del electrodo de difusión de gas también era bueno en la propiedad anti-desbordamiento. Otros resultados de medición son los que se muestran en la Tabla 1.

(Ejemplo comparativo 1)

5 Se obtuvo un sustrato de electrodo de difusión de gas de acuerdo con el procedimiento descrito en <Preparación del sustrato del electrodo> y <Formación de MPL>, excepto que no se realizó tratamiento repelente al agua en <Preparación del sustrato del electrodo> y no se formó la MPL en el sustrato del electrodo, sino en una superficie del sustrato poroso conductor en <Formación de MPL>. Como resultado de la evaluación del rendimiento de generación de energía de este sustrato del electrodo de difusión de gas, como se muestra en la Tabla 1, el voltaje de salida fue de 0.38 V (temperatura de funcionamiento 57 °C, temperatura de humidificación 57 °C, densidad de corriente 1,9 A/cm<sup>2</sup>), y el sustrato del electrodo de difusión de gas era ligeramente malo en propiedades anti-desbordamiento. Otros resultados de medición son los que se muestran en la Tabla 1.

15 (Ejemplo comparativo 2)

Se obtuvo un sustrato de electrodo de difusión de gas de acuerdo con el procedimiento descrito en <Preparación del sustrato del electrodo> y <Formación de MPL>, excepto que el sustrato del electrodo se preparó en <Preparación del sustrato del electrodo> sometiendo el sustrato poroso conductor a impregnación repelente al agua de modo que la cantidad de FEP sería 1 parte en masa con respecto a 99 partes en masa del sustrato poroso conductor, y el sustrato poroso conductor se calentó a 100 °C durante 5 minutos para secar. Como resultado de la evaluación del rendimiento de generación de energía de este sustrato del electrodo de difusión de gas, como se muestra en la Tabla 1, el voltaje de salida fue de 0.35 V (temperatura de funcionamiento 57 °C, temperatura de humidificación 57 °C, densidad de corriente 1,9 A/cm<sup>2</sup>), y el sustrato del electrodo de difusión de gas era ligeramente malo en propiedades anti-desbordamiento. Otros resultados de medición son los que se muestran en la Tabla 1.

(Ejemplo comparativo 3)

30 Se obtuvo un sustrato de electrodo de difusión de gas de acuerdo con el procedimiento descrito en <Preparación del sustrato del electrodo> y <Formación de MPL>, excepto que en <Preparación del sustrato del electrodo>, se dispusieron espaciadores en la prensa plana para ajustar la distancia entre placas de prensa superior e inferior de modo que se obtuviera un sustrato de electrodo con un grosor de 70 µm. Como resultado de la evaluación del rendimiento de generación de energía de este sustrato del electrodo de difusión de gas, como se muestra en la Tabla 1, el voltaje de salida fue de 0.30 V (temperatura de operación 57 °C, temperatura de humidificación 57 °C, densidad de corriente 1.9 A/cm<sup>2</sup>), y el sustrato del electrodo de difusión de gas era ligeramente malo en propiedades anti-desbordamiento. Otros resultados de medición son los que se muestran en la Tabla 1.

(Ejemplo comparativo 4)

40 Se obtuvo un sustrato de electrodo de difusión de gas de acuerdo con el procedimiento descrito en <Preparación del sustrato del electrodo> y <Formación de MPL>, excepto que en <Preparación del sustrato del electrodo>, se dispusieron espaciadores en la prensa plana para ajustar la distancia entre placas de prensa superior e inferior de modo que se obtuviera un sustrato de electrodo con un grosor de 230 µm. Como resultado de la evaluación del rendimiento de generación de energía de este sustrato de electrodo de difusión de gas, como se muestra en la Tabla 1, el voltaje de salida fue de 0.25 V (temperatura de operación 57 °C, temperatura de humidificación 57 °C, densidad de corriente 1.9 A/cm<sup>2</sup>), y el sustrato del electrodo de difusión de gas era ligeramente malo en propiedades anti-desbordamiento. Otros resultados de medición son los que se muestran en la Tabla 1.

[Tabla 1]

Nivel	Ejemplo 1	Ejemplo 2	Ejemplo 3	Ejemplo 4	Ejemplo comparativo 1	Ejemplo comparativo 2	Ejemplo comparativo 3	Ejemplo comparativo 4
Procedimiento para el tratamiento repelente al agua del sustrato poroso conductor	Asperjar FEP 1 parte en masa	Asperjar FEP 5 partes en masa	Aplicación con recubridor de matriz FEP 5 partes en masa	Aplicación con recubridor de matriz FEP 7 partes en masa	Ninguno	Impregnación FEP 1 parte en masa	Asperjar FEP 5 partes en masa	Asperjar FEP 5 partes en masa
Grosor de difusión de gas [ $\mu\text{m}$ ]	194	190	185	185	190	203	100	260
Proporción F/C de CP1	0.03	0.08	0.09	0.10	0.01	0.06	0.08	0.08
Proporción F/C de CP2	0.00	0.00	0.01	0.02	0.00	0.07	0.03	0.00
Proporción F/C sobre el lado de superficie de MPL	0.23	0.25	0.24	0.24	0.22	0.24	0.24	0.25
Proporción F/C sobre el lado opuesto al lado de superficie de MPL	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.29	0.03	0.00
Capacidad de difusión de gas [% ]	32	32	31	30	33	30	37	25
Rendimiento de generación de energía [V@1.9 A/cm <sup>2</sup> ]	0.40	0.42	0.41	0.40	0.38	0.35	0.30	0.25

5 En la tabla, "relación CP1 F/C" es la relación F/C de la sección transversal de CP1, "relación CP2 F/C" es la relación F/C de la sección transversal de CP2, "relación F/C en el lado de la superficie MPL" es la relación F/C de la superficie en un lado donde está dispuesta la MPL, y "relación F/C en el lado opuesto al lado de la superficie de MPL" es la relación F/C de la superficie opuesta al lado donde está dispuesta la MPL .

Descripción de signos de referencia

- 10 1: Material base de electrodo de difusión de gas / sustrato de electrodo
- 2: MPL
- 15 3: sustrato de electrodo
- 4: sección transversal de CP1
- 5: sección transversal de CP2
- 20 6: límite entre la parte que tiene MPL y la parte que no tiene MPL

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un sustrato de electrodo de difusión de gas (1) que comprende un sustrato de electrodo (3) y una capa micro porosa (2) (en lo sucesivo referida como una MPL) dispuesta sobre una superficie del sustrato de electrodo,
- 10 en donde el sustrato de electrodo de difusión de gas tiene un grosor de 110  $\mu\text{m}$  o más y 240  $\mu\text{m}$  o menos, y donde una sección transversal del sustrato de electrodo de difusión de gas se divide en una parte que tiene la MPL y una parte que no tiene MPL y la parte que no tiene MPL se sigue dividiendo igualmente en una parte en contacto con la MPL (4) (en lo sucesivo referida como una sección transversal de CP1) y una parte que no esté en contacto con la MPL (5) (en lo sucesivo referida como una sección transversal de CP2); la sección transversal de CP1 tiene una proporción F/C de 0.03 o más y 0.10 o menos y la sección transversal de CP2 tiene una proporción F/C de menos de 0.03,
- 15 en donde "F" es una masa de átomos de flúor y "C" es una masa de átomo de carbono. La proporción F/C se mide tal como se ha descrito en la parte de los "Ejemplos" de la descripción.
- 20 2. El sustrato de electrodo de difusión de gas según la reivindicación 1, en donde la sección transversal de CP2 tiene una proporción F/C de 0.01 o menos.
3. El sustrato de electrodo de difusión de gas según la reivindicación 1, en donde una superficie del sustrato de electrodo de difusión de gas opuesta a un lado donde está dispuesta la MPL tiene una proporción F/C ratio de 0.01 o menos.
- 25 4. El sustrato de electrodo de difusión de gas según la reivindicación 1 o 2, en donde una superficie del sustrato del electrodo de difusión de gas en un lado donde está dispuesta a la MPL tiene una proporción F/C de 0.10 o más y 0.40 o menos.
- 30 5. El sustrato de electrodo de difusión de gas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que tiene una capacidad de difusión de gas en una dirección perpendicular al plano de 30% o más, y la capacidad de difusión se mide tal como se describe en la parte de los "Ejemplos" de la descripción.
- 35 6. Un procedimiento para fabricar el sustrato de electrodo de difusión de gas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende la etapa de asperjar un líquido de dispersión que contiene una resina de flúor a una superficie de un sustrato poroso conductor, seguida por disponer la MPL sobre la superficie.
7. Un procedimiento para fabricar el sustrato de electrodo de difusión de gas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende la etapa de aplicar un líquido de dispersión que contiene una resina de flúor a una superficie de un sustrato poroso conductor, seguida por disponer la MPL sobre la superficie.

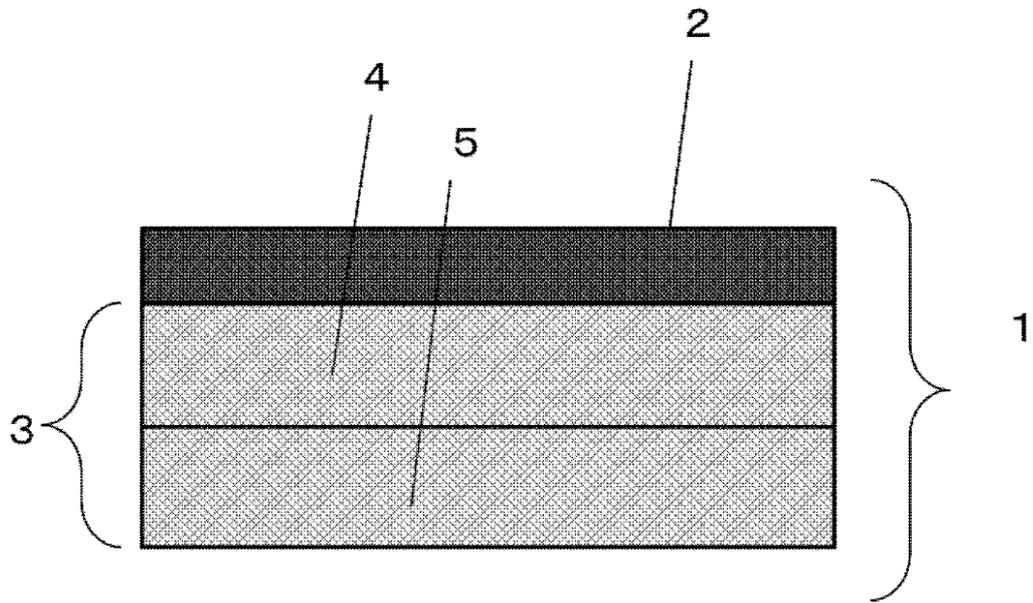


Figura 1

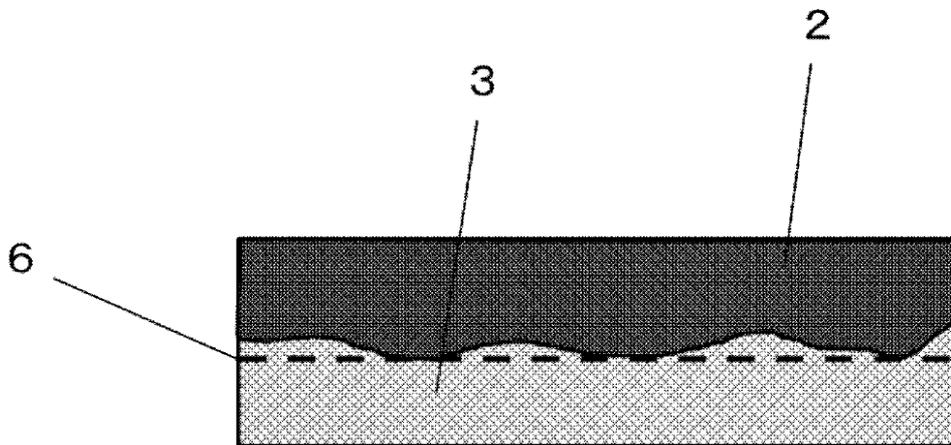


Figura 2