



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I705609 B

(45)公告日：中華民國 109 (2020) 年 09 月 21 日

(21)申請案號：105142595

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 12 月 22 日

(51)Int. Cl. : H01M4/86 (2006.01)

H01M4/96 (2006.01)

H01M8/10 (2016.01)

(30)優先權：2015/12/24 日本

2015-251252

(71)申請人：日商東麗股份有限公司 (日本) TORAY INDUSTRIES, INC. (JP)

日本

(72)發明人：重田和代 SHIGETA, KAZUYO (JP)；宇都宮將道 UTSUNOMIYA, MASAMICHI

(JP)；岡野保高 OKANO, YASUTAKA (JP)；谷村寧昭 TANIMURA, YASUAKI

(JP)；釜江俊也 KAMAE, TOSHIYA (JP)

(74)代理人：丁國隆；黃政誠

(56)參考文獻：

CN 101971399A

CN 102341943A

CN 103608955A

審查人員：傅俊中

申請專利範圍項數：9 項 圖式數：1 共 35 頁

(54)名稱

氣體擴散電極及燃料電池

(57)摘要

本發明之目的在於提供一種兼具耐乾化性與耐汜流性、作為燃料電池的發電性能良好的氣體擴散電極。

為了達成此目的，本發明具有以下構成。亦即，一種氣體擴散電極，其係於導電性多孔質基材的至少單面具有微多孔層的氣體擴散電極，其中，將在厚度方向上三等分該微多孔層之面垂直截面所得到之區域，從該導電性多孔質基材側起設為第 1 區域、第 2 區域、第 3 區域時，該第 3 區域之氣強度為該第 2 區域之氣強度的 0.8~1.2 倍。

I705609

發明摘要

※ 申請案號：105142595

H01M 4/86 (2006.01)

※ 申請日：105/12/22

※IPC 分類：*H01M 4/96* (2006.01)
H01M 8/10 (2016.01)

【發明名稱】(中文/英文)

氣體擴散電極及燃料電池

【中文】

本發明之目的在於提供一種兼具耐乾化性與耐氾流性、作為燃料電池的發電性能良好的氣體擴散電極。

為了達成此目的，本發明具有以下構成。亦即，一種氣體擴散電極，其係於導電性多孔質基材的至少單面具有微多孔層的氣體擴散電極，其中，將在厚度方向上三等分該微多孔層之面垂直截面所得之區域，從該導電性多孔質基材側起設為第 1 區域、第 2 區域、第 3 區域時，該第 3 區域之氟強度為該第 2 區域之氟強度的 0.8~1.2 倍。

【英文】

無。

【代表圖】

【本案指定代表圖】：無。

【本代表圖之符號簡單說明】：

無。

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無。

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

氣體擴散電極及燃料電池

【技術領域】

【0001】本發明係關於一種氣體擴散電極及燃料電池。

【先前技術】

【0002】燃料電池，係將氫與氧反應生成水時所產生的能量以電力方式取出的機構。燃料電池的能量效率高且排放物只有水，故期待將其普及作為清潔能源。其中，用作燃料電池車等之電源的燃料電池，已知高分子電解質型燃料電池。

【0003】用於高分子電解質型燃料電池的電極，係於高分子電解質型燃料電池中以 2 個隔離件夾住而被配置於其間。此電極，於高分子電解質膜的雙面具有包含下述層的結構：形成於高分子電解質膜表面之觸媒層、與形成於該觸媒層外側之氣體擴散層。氣體擴散電極係作為電極中用以形成氣體擴散層的個別構件而通用。而且，就該氣體擴散電極被要求的性能而言，可舉例如：氣體擴散性、用以匯集在觸媒層產生之電能的導電性、及有效地去除觸媒層表面所產生之水分的排水性等。為了得到這樣的氣體擴散電極，一般使用兼具氣體擴散能力及導電性的導電性多孔質基材。

【0004】作為導電性多孔質基材，具體可使用碳纖維構成的碳氈、碳紙及碳布等。其中，從機械強度等的觀點來看，最佳為碳紙。

【0005】又，燃料電池係將氫與氧反應生成水時所產生的能量以電力方式取出的系統。因此若電力負載變大，亦即若將取出至電池外部的電流調大，則會產生大量的水(水蒸氣)。當該水蒸氣在低溫下凝結成水滴，而阻塞氣體擴散電極的細孔時，會導致氣體(氧或氫)對觸媒層的供給量降低。而且，最終全部的細孔被阻塞時，會導致停止發電(此現象稱為氾流(flooding))。

【0006】為了盡量避免發生此氾流現象，氣體擴散電極被要求要具有排水性。作為提高該排水性的方法，通常係使用導電性多孔質基材上實施有撥水處理的氣體擴散電極基材。

【0007】又，若將上述經撥水處理的導電性多孔質基材直接用作氣體擴散電極，由於其纖維孔隙大，因此當水蒸氣凝結時會產生大顆水滴，容易引起氾流。因此，有時會於實施有撥水處理的導電性多孔質基材上塗布分散有碳黑等導電性微粒子的塗液並進行乾燥燒結，藉此設置稱為微多孔層的層(亦稱為微孔層(micro porous layer))。為了亦賦予此微多孔層撥水性，已知使其含有氟樹脂作為撥水性樹脂(專利文獻 1、2)。微多孔層的作用，除了上述以外，還有防止觸媒層穿入至孔隙大之氣體擴散電極基材(專利文獻 3)。又，微多孔層的其他作用，係具有用以避免導電性多孔質基材的粗糙度轉印至電解質膜的修補效果。

【0008】另一方面，燃料電池車用的燃料電池等，亦被要求高溫運作條件下的發電性能。在高溫下，電解質膜容易乾燥，故電解質膜的離子傳導性會降低，進而導致發電性能降低(此現象稱為乾化(dry up))。

先前技術文獻

專利文獻

【0009】

專利文獻 1 日本專利第 3382213 號公報

專利文獻 2 日本特開 2006-4879 號公報

專利文獻 3 日本專利第 3773325 號公報

【發明內容】

發明所欲解決之課題

【0010】然而，上述專利文獻 1 或 3 所揭示的技術，微多孔層中之氟強度會從表面往導電性多孔質基材緩緩地增加。因此，微多孔層表面的撥水性不充分，觸媒層所產生的水會滯留於表面。結果，導致氣體擴散性降低，發電性能降低。

【0011】上述專利文獻 2 所揭示之技術，微多孔層表面之氟強度太強，撥水性太高。因此，微多孔層的排水性降低，發電性能降低。

【0012】如此，難以謀求耐氾流性與耐乾化性的兼備。又，在被要求搭載於燃料電池車這種大輸出的用途中，難以在寬廣溫度區域中得到高性能。

【0013】本發明之目的在於：克服這些以往技術的缺點，提供一種兼具耐乾化性與耐氾流性、作為燃料電池的發電性能良好的氣體擴散電極。

用於解決課題之手段

【0014】爲了解決上述課題，本發明採用以下方法。

(1)一種氣體擴散電極，其係於導電性多孔質基材的至少單面具有微多孔層的氣體擴散電極，其中，

將在厚度方向上三等分該微多孔層之面垂直截面所得到之區域，從該導電性多孔質基材側起設爲第 1 區域、第 2 區域、第 3 區域時，該第 3 區域之氟強度爲該第 2 區域之氟強度的 0.8~1.2 倍。

(2)一種氣體擴散電極，其係於導電性多孔質基材的至少單面具有微多孔層的氣體擴散電極，其中，

將在厚度方向上三等分該微多孔層之面垂直截面所得到之區域，從該導電性多孔質基材側起設爲第 1 區域、第 2 區域、第 3 區域時，該第 3 區域之氟強度爲該第 1 區域之氟強度的 0.8~1.2 倍。

【0015】以下，將記載爲(1)的發明稱爲本發明之第 1 態樣，將記載爲(2)的發明稱爲本發明之第 2 態樣。而將第 1 態樣與第 2 態樣合併僅稱爲本發明。

發明之效果

【0016】藉由使用本發明之氣體擴散電極，氣體擴散性高、排水性亦爲良好、可謀求耐氾流性與耐乾化性的兼備，故可提供在寬廣溫度區域中發電性能高的燃料電池。

【圖式簡單說明】

【0017】

第 1 圖係用以測量平面方向之氣體擴散性的裝置的概略圖。

【實施方式】

用以實施發明之形態

【0018】本發明之氣體擴散電極之第 1 態樣，係於導電性多孔質基材的至少單面具有微多孔層的氣體擴散電極，其中，將在厚度方向上三等分該微多孔層之面垂直截面所得到之區域，從該導電性多孔質基材側起設為第 1 區域、第 2 區域、第 3 區域時，該第 3 區域之氟強度為該第 2 區域之氟強度的 0.8~1.2 倍。

【0019】又，本發明之氣體擴散電極之第 2 態樣，係於導電性多孔質基材的至少單面具有微多孔層的氣體擴散電極，其中，將在厚度方向上三等分該微多孔層之面垂直截面所得到之區域，從該導電性多孔質基材側起設為第 1 區域、第 2 區域、第 3 區域時，該第 3 區域之氟強度為該第 1 區域之氟強度的 0.8~1.2 倍。

【0020】亦即，本發明之氣體擴散電極，於導電性多孔質基材的至少單面具有微多孔層。而且，將在厚度方向上三等分微多孔層之面垂直截面所得到之區域，從導電性多孔質基材側起設為第 1 區域、第 2 區域、第 3 區域時，第 3 區域之氟強度為第 2 區域之氟強度的 0.8~1.2 倍。或者第 3 區域之氟強度為第 1 區域之氟強度的 0.8~1.2 倍。

【0021】關於此本發明之氣體擴散電極，首先對導電性多孔質基材進行說明。

【0022】作為導電性多孔質基材，具體而言，較佳為使用例如碳纖維紡織品、碳纖維抄紙體、碳纖維不織布、

碳氈、碳紙、碳布等包含碳纖維的多孔質基材；發泡燒結金屬、金屬網、多孔金屬等金屬多孔質基材。其中，從耐腐蝕性優異的觀點來看，較佳為使用碳氈、碳紙、碳布等包含碳纖維的多孔質基材。再者，從吸收電解質膜之厚度方向的尺寸變化的特性，亦即「彈性」優異的觀點來看，宜使用以碳化物將碳纖維抄紙體結著而成的基材，即碳紙。

【0023】在本發明中，從提高氣體擴散性的觀點來看，較佳為使碳紙等導電性多孔質基材的厚度變薄。亦即，碳紙等導電性多孔質基材的厚度較佳為 $220\mu\text{m}$ 以下，再佳為 $150\mu\text{m}$ 以下，特佳為 $120\mu\text{m}$ 以下。另一方面，若太薄則機械強度變弱，難以進行製造步驟的處理，故下限通常為 $70\mu\text{m}$ 。

【0024】在本發明中，導電性多孔質基材宜使用藉由賦予其氟樹脂而實施有撥水處理者。氟樹脂作用為撥水性樹脂，故在本發明中所使用之導電性多孔質基材，較佳為包含氟樹脂等的撥水性樹脂。作為導電性多孔質基材所包含之撥水性樹脂，亦即導電性多孔質基材所包含之氟樹脂，可列舉：PTFE(聚四氟乙烯)(例如「TEFLON」(註冊商標))、FEP(四氟乙烯六氟丙烯共聚物)、PFA(全氟烷氧基氟樹脂)、ETFA(乙烯四氟乙烯共聚物)、PVDF(聚偏二氟乙烯)、PVF(聚氟乙烯)等。該等之中，較佳為呈現強撥水性的 PTFE 或 FEP。

【0025】撥水性樹脂的量並無特別限定，但宜為導電性多孔質基材之整體 100 質量%中的 0.1 質量%以上 20

質量%以下左右。若為 0.1 質量%以上，則容易充分發揮撥水性。又，若為 20 質量%以下，則不易阻塞作為氣體之擴散管路或排水管路的細孔，電阻不易上升。

【0026】將導電性多孔質基材進行撥水處理的方法，宜應用一般習知的將導電性多孔質基材浸漬於包含撥水性樹脂之分散液的處理技術。又，亦可應用藉由模塗、噴塗等將撥水性樹脂塗布於導電性多孔質基材的塗布技術。又，亦可應用以氟樹脂的濺射等乾式法(dry process)所進行的加工。此外，撥水處理之後，可因應需求增加乾燥步驟，乃至燒結步驟。

【0027】其次，針對微多孔層進行說明。

【0028】微多孔層係一包含碳黑、奈米碳管、奈米碳纖維、碳纖維之短纖、石墨烯、石墨等導電性微粒子的層。作為導電性微粒子，從低成本、安全性或產品品質之穩定性的觀點來看，宜使用碳黑。其中，從雜質少而不易降低觸媒之活性的觀點來看，宜使用乙炔黑。

【0029】作為碳黑的雜質含量標準，可舉例如灰分。在本發明中，微多孔層中較佳使用灰分為 0.1 質量%以下的碳黑。此外，碳黑中的灰分越少越佳，特佳為灰分為 0 質量%的碳黑，亦即不含灰分的碳黑。

【0030】又，微多孔層，被要求導電性、氣體擴散性、水之排水性、或保濕性、導熱性等特性，進一步還被要求於燃料電池內部之陽極側的耐強酸性、陰極側的耐氧化性。因此，微多孔層較佳為除了包含導電性微粒子以外，還包含以氟樹脂為代表的撥水性樹脂。作為微多孔

層所包含之氟樹脂，係與對導電性多孔質基材進行撥水處理時宜使用的氟樹脂相同，可列舉：PTFE、FEP、PFA、ETFA 等。從撥水性特別高的觀點來看，較佳為 PTFE 或 FEP。

【0031】本發明係將微多孔層中之各區域的氟強度控制為特定值的發明，其測量方法如下所述。亦即，微多孔層中之氟強度，係藉由離子研磨裝置(可使用 Hitachi High-Technologies 公司製 IM4000 型及其同等產品)裁切出厚度方向的面垂直截面，藉由掃描式電子顯微鏡(SEM)進行觀察，並將微多孔層在厚度方向上三等分而且，氟強度及碳強度，係藉由元素分布分析進行測量。元素分布分析，例如，可藉由能量色散型 X 射線分析裝置(EDX)或電子束微量分析儀(EMPA)檢測照射電子束而反射的特性 X 射線，進行定量化而求出氟強度及碳強度。氟強度與碳強度的比例(氟強度/碳強度)，係將定量化所得到之氟強度除以碳強度而計算。此外，氟強度及碳強度，係在各區域中，在厚度方向上對每個一定間隔進行測量所檢測出之值的平均值，詳細如下所述。

【0032】在本發明中，將在厚度方向三等分微多孔層之面垂直截面所得到之區域，從導電性多孔質基材側起設為第 1 區域、第 2 區域、第 3 區域時，第 3 區域之氟強度為第 2 區域之氟強度的 0.8~1.2 倍或第 1 區域之氟強度的 0.8~1.2 倍。若第 3 區域之氟強度為第 2 區域或第 1 區域之氟強度的 1.2 倍以下，則微多孔層的撥水性不會太高，而可將陰極中觸媒層所產生之水(水蒸氣)從氣體

擴散電極排出，以提高發電性能。另一方面，若為 0.8 倍以上，則微多孔層表面的撥水性變得充分，陰極中觸媒層所產生之水(水蒸氣)不會滯留於表面，陽極中反擴散之水分不會滲透，以提高氣體擴散性，進而提高發電性能。

【0033】本發明之氣體擴散電極，較佳為該第 3 區域之氟強度為該第 2 區域之氟強度的 0.8~1.0 倍。又，本發明之氣體擴散電極，更佳為該第 3 區域之氟強度為該第 2 區域之氟強度的 0.8~0.98 倍。藉由使第 3 區域之氟強度為第 2 區域之氟強度的 0.8~1.0 倍、更佳為 0.8~0.98 倍，可得到取得排水性與氣體擴散性的平衡、且可防止電解質膜之乾燥(乾化)的氣體擴散電極。

【0034】本發明之氣體擴散電極，較佳為該第 3 區域之氟強度為該第 1 區域之氟強度的 0.8~1.0 倍。更佳為該第 3 區域之氟強度為該第 1 區域之氟強度的 0.8~0.98 倍。藉由使第 3 區域之氟強度為第 1 區域之氟強度的 0.8~1.0 倍，可得到取得排水性與氣體擴散性的平衡、且可防止電解質膜之乾燥(乾化)的氣體擴散電極。

【0035】本發明之氣體擴散電極，特佳為第 3 區域之氟強度為第 2 區域之氟強度的 0.8~1.0 倍，又為第 1 區域之氟強度的 0.8~1.0 倍。再佳為第 3 區域之氟強度為第 2 區域之氟強度的 0.8~0.98 倍，又為第 1 區域之氟強度的 0.8~0.98 倍。

【0036】本發明之氣體擴散電極，若將氟強度與碳強度的比例(氟強度/碳強度)作為氟強度/碳強度比例，則該

第 3 區域之氟強度/碳強度比例較佳為該第 2 區域之氟強度/碳強度比例的 1.0~1.3 倍。又，本發明之氣體擴散電極，若將氟強度與碳強度的比例(氟強度/碳強度)作為氟強度/碳強度比例，則該第 3 區域之氟強度/碳強度比例較佳為該第 1 區域之氟強度/碳強度比例的 1.0~1.3 倍。若第 3 區域之氟強度/碳強度比例為第 2 區域或第 1 區域之氟強度/碳強度比例的 1.0 倍以上，則具有微多孔層的撥水性充分，而氣體擴散性提高，進而發電性能提高的情況。若第 3 區域之氟強度/碳強度比例為第 2 區域或第 1 區域之氟強度/碳強度比例的 1.3 倍以下，則微多孔層的撥水性不會太高，故有容易將陰極中觸媒層所產生之水(水蒸氣)從氣體擴散電極排除，而提高發電性能的情況。

【0037】在本發明之氣體擴散電極中，微多孔層相對於水的接觸角較佳為 115 度以上。更佳為 135 度以上。

【0038】在本發明之氣體擴散電極中，微多孔層亦可由 2 層以上的複數層所構成。微多孔層由複數層所構成的情況下，較佳為 2 層以上之層體中，表面側之層至少包含上述撥水性樹脂，再包含上述導電性微粒子。若表面側之層僅由撥水性樹脂所構成，則撥水性太高，故更佳為包含導電性微粒子與撥水性樹脂兩者。

【0039】此處，微多孔層有「因應塗布微多孔層塗液之次數而具有第 1 微多孔層、第 2 微多孔層等複數層」的情況。亦即表示在微多孔層為 2 層構成的情況下，微多孔層塗液的塗布次數為 2 次。而且，在本發明中，在

厚度方向上三等分微多孔層所得之區域，係指在微多孔層係由複數層所構成的情況下，將複數層整體作為微多孔層進行處理，將其三等分而設定為第 1 區域、第 2 區域、第 3 區域。而且，在本發明中，為了使第 3 區域之氟強度成為第 2 區域之氟強度的 0.8~1.2 倍、或第 1 區域之氟強度的 0.8~1.2 倍，有將微多孔層設為 2 層構成再使第 1 微多孔層塗液中之氟樹脂的含量少於第 2 微多孔層塗液中之氟樹脂的含量等的方法，其因容易控制各區域的氟強度而為較佳。

【0040】為了使氣體擴散電極具有微多孔層，一般於導電性多孔質基材上塗布用以形成微多孔層的塗液，亦即微多孔層形成用塗液(以下稱為微多孔層塗液)。微多孔層塗液通常係包含上述導電性微粒子與水或醇等的分散介質而成，大多摻合有界面活性劑等作為用以將導電性微粒子分散的分散劑。又，使微多孔層含有撥水性樹脂的情況下，較佳為預先使微多孔層塗液中含有撥水性樹脂。

【0041】作為於導電性多孔質基材上形成微多孔層的方法，亦已知轉印法：先塗布於 PET 薄膜等基材上，並將其微多孔層面壓接於導電性多孔質基材上，再剝離基材薄膜。然而，轉印法有製程變複雜、導電性多孔質基材與微多孔層之間無法得到充分密合性的情況。因此，作為形成微多孔層的方法，較佳為將微多孔層塗液塗布於導電性多孔質基材的方法。

【0042】從生產性的觀點來看，微多孔層塗液中之導電性微粒子的濃度較佳為 5 質量%以上，更佳為 10 質量%以上。只要黏度、導電性粒子之分散穩定性、塗液之塗布性等適宜，則濃度並無上限，但實際上若微多孔層塗液中之導電性微粒子的濃度超過 50 質量%，則有損及作為塗液之適用性的情況。

【0043】微多孔層的作用可列舉：(1)保護觸媒；(2)避免孔隙大之導電性多孔質基材的表面轉印至電解質膜的修補效果；(3)防止陰極所產生之水蒸氣凝結的效果等。上述之中，為了呈現修補效果，較佳為使微多孔層具有一定程度的厚度。

【0044】本發明中，若考量現有的導電性多孔質基材的粗糙度，較佳為微多孔層的厚度以乾燥膜厚計為大於 $10\mu\text{m}$ 且 $60\mu\text{m}$ 以下。若大於 $10\mu\text{m}$ ，則容易充分發揮上述修補效果，若為 $60\mu\text{m}$ 以下，則容易提高氣體擴散電極本身的氣體擴散性(穿透性)，容易降低電阻。從提高氣體擴散性或降低電阻的觀點來看，微多孔層的厚度較佳為 $50\mu\text{m}$ 以下，更佳為 $40\mu\text{m}$ 以下。

【0045】針對氣體擴散電極或導電性多孔質基材的厚度，可使用測微計等，一邊對基材施加 0.15MPa 的載重一邊進行測量。作為其他測量方法，係使用 Hitachi High-Technologies(股)製 IM4000 等的離子研磨裝置，在厚度方向上裁切氣體擴散電極，並從以掃描式電子顯微鏡(SEM)觀察其面垂直截面(厚度方向之截面)而得的影像算出的方法。又，針對微多孔層的厚度，可從氣體擴

散電極的厚度減去導電性多孔質基材的厚度而求得。再者，微多孔層為 2 層構成的情況下，若將表面側之微多孔層與導電性多孔質基材側之微多孔層分別作為第 2 微多孔層與第 1 微多孔層，則於塗布有第 1 微多孔層之導電性多孔質基材上塗布第 2 微多孔層時，可將塗布第 2 微多孔層之部分與未塗布第 2 微多孔層之部分的差作為第 2 微多孔層的厚度。

【0046】微多孔層塗液，可使用上述界面活性劑作為分散劑使導電性微粒子分散所製備。為了使導電性微粒子分散，相對於導電性微粒子與分散劑的總含量 100 質量%，較佳為使用 0.1 質量%以上 5 質量%以下的分散劑使其分散。然而，為了使該分散長時間穩定而防止塗液黏度上升且塗液不分離，增加分散劑的添加量為有效方法。

【0047】如上所述，為了將微多孔層塗液的黏度保持為高黏度，添加增黏劑為有效方法。此處使用的增黏劑，可為一般習知者。例如，宜使用甲基纖維素系、聚乙二醇系、聚乙醇系等。

【0048】該等分散劑和增黏劑，可為相同物質而使具有兩種功能，亦可選擇適合各功能的材料。然而，分別選定增黏劑與分散劑的情況下，較佳為選擇不會破壞導電性微粒子的分散系統及撥水性樹脂之氟樹脂的分散系統者。上述分散劑與增黏劑，此處通稱為界面活性劑。本發明的界面活性劑之總量較佳為導電性微粒子之添加質量的 50 質量份以上，更佳為 100 質量份以上，再佳為

200 質量份以上。界面活性劑之添加量的上限，通常為導電性微粒子之添加質量的 500 質量份以下。藉由使該添加量為 500 質量份以下，在後續的燒結步驟中不易產生蒸氣或分解氣體，容易提高安全性、生產性。

【0049】在導電性多孔質基材上塗布微多孔層塗液，可使用市售的各種塗布裝置進行。作為塗布方式，可使用網版印刷、滾網印刷、噴塗、凹版印刷、gravure 印刷、模塗裝置塗布、棒塗布、刮刀塗布、刀塗裝置塗布等。該等塗布方式之中，為了不受導電性多孔質基材之表面粗糙度的影響而實現塗布量的定量化，較佳為以模塗裝置所進行的塗布。又，在將氣體擴散電極裝入燃料電池時為了提高與觸媒層的密合而要求塗布面之平滑性的情況下，宜使用以刮刀塗布裝置或刀塗布裝置所進行的塗布。以上列舉之塗布方法僅用以舉例，並不一定受限於此。

【0050】塗布微多孔層塗液後，因應需求，將微多孔層塗液的分散介質(在為水系的情況係水)乾燥去除。塗布後的乾燥溫度，在分散介質係水的情況，較佳為室溫(20℃前後)至 150℃ 以下，更佳為 60℃ 以上 120℃ 以下。亦可在後續的燒結步驟中一起進行該分散介質(例如水)的乾燥。

【0051】塗布微多孔層塗液後，一般係以去除用於微多孔層塗液之界面活性劑為目的以及將撥水性樹脂一度溶解以使導電性微粒子結著為目的，而進行燒結。

2020 年 5 月 27 日修正頁

【0052】燒結的溫度因添加之界面活性劑的沸點或分解溫度而異，但較佳在 250℃ 以上、400℃ 以下進行。若燒結的溫度為 250℃ 以上，則容易充分達成界面活性劑的去除，或容易在短時間內完全去除。又，若為 400℃ 以下，則不易引起撥水性樹脂的分解。

【0053】從生產性的觀點來看，燒結時間盡量為短時間，較佳為 20 分鐘以內，更佳為 10 分鐘以內，再佳為 5 分鐘以內。另一方面，若以太短的時間進行燒結，則有時會急劇產生界面活性劑之蒸氣或分解生成物，在大氣中進行的情況下有時有起火的危險性。

【0054】本發明之氣體擴散電極較佳為「微多孔層的第 1 區域所包含之碳黑形成凝聚體(所謂的結構)，碳黑呈 2 維或是 3 維的數珠連結之結構」。為了此目的，第 1 區域中之碳黑，其結構指數較佳為 3.0 以上。

【0055】此處，結構指數係將碳黑的 DBP 吸油量(cc/100g)之值除以 BET 比表面積(m^2/g)之值。該值越大，碳黑凝聚的分枝結構越廣，塗膜內部越容易形成大空孔。然而，若結構指數太大，則碳黑的凝聚體彼此之間產生裂縫，故第 1 區域中的碳黑之結構指數的上限較佳為 4.5 左右。

【0056】微多孔層之第 3 區域中，可藉由將摻合至第 2 微多孔層塗液之導電性微粒子的分散度調高以形成緻密的塗膜；可藉由使用導電性微粒子的粒徑小者等以降低空隙率而形成緻密的塗膜。使用碳黑作為導電性微粒子的情況下，因無法分散達一次粒徑，故塗膜的細孔徑

會依二次粒徑(粒子凝聚至一定程度上之狀態的直徑)所能細緻地分散之程度而變小。又，較佳為使用結構指數小於 3.0 的碳黑來作為第 3 區域中的碳黑。對第 3 區域中的碳黑而言，再佳的是結構指數為 2.7 以下，但若結構指數太小，則碳黑的導電性降低或塗料化時黏度降太低，故較佳為使用 1.5 以上者作為第 3 區域中的碳黑。

【0057】本發明之氣體擴散電極，較佳為該微多孔層包含碳黑，且該第 3 區域中之碳黑的結構指數小於 3.0，該第 1 區域中之碳黑的結構指數為 3.0 以上。藉由使該第 3 及第 1 區域中之碳黑的結構指數在此範圍內，可在微多孔層之第 3 區域中形成緻密的塗膜，故表面不易產生裂縫，且第 1 區域容易形成空隙，故氣體或水容易通過，容易提高發電性能。亦即，容易兼具抑制氣體擴散電極表面產生裂縫與提高發電性能。

【0058】本發明之氣體擴散電極在高溫下的發電性能良好，但為了進一步提高在 40℃ 以下之低溫下的發電性能，厚度方向的氣體擴散性較佳為 30% 以上，再佳為 32% 以上。厚度方向的氣體擴散性越高越好，但認為在裝入燃料電池時，細孔容積太大，而對電池內部施加壓力時可維持其結構之前提下的上限值為 40% 左右。

【0059】同樣地，為了進一步提高本發明之氣體擴散電極在 40℃ 以下之低溫下的發電性能，平面方向的氣體擴散性較佳為 25cc/分鐘以上，再佳為 50cc/分鐘以上。該平面方向的氣體擴散性，如下所述，使用氣體擴散電極，在作為基本測量條件的 5kPa 之壓力差中進行測量。

然而，作為測量上的界限，超過 190cc/分鐘則無法測量。作為實際上的上限值，在 3kPa 中為 190cc/分鐘左右，在具有超過此範圍之穿透性的情況下，氣體擴散電極的厚度太大而降低厚度方向的氣體擴散性，或者空隙率太大，在裝入燃料電池的電池單元中作為氣體擴散層時，無法維持其作為氣體擴散層的結構。

【0060】適合製造本發明之氣體擴散電極的製造裝置，係由下述組件所構成：退繞機，用以將捲成滾筒狀的長條形導電性多孔質基材退繞；第 1 塗布機，用以將第 1 微多孔層塗液塗布於藉由退繞機退繞的導電性多孔質基材上；第 2 塗布機，用以將第 2 微多孔層塗液塗布於經塗布第 1 微多孔層塗液且實質上未乾燥的導電性多孔質基材上，其配置於與配置第 1 塗布機之基材面側相同面側；乾燥機構，用以將塗布有第 1 微多孔層塗液及第 2 微多孔層塗液的導電性多孔質基材進行乾燥；及捲繞機，將所得到之氣體擴散電極捲繞。

【0061】本發明之燃料電池具有本發明之氣體擴散電極。亦即，本發明之氣體擴散電極，係以使觸媒層與氣體擴散電極相接的方式，將其壓接於雙面設有觸媒層之電解質膜的兩側，再裝入隔離件等構件組裝單電池以用作燃料電池。此時，將第 2 微多孔層與觸媒層相接組裝即可。

實施例

【0062】以下，藉由實施例具體說明本發明。實施例所使用之材料、導電性多孔質基材的製作方法、燃料電池的電池性能評價方法顯示如下。

<材料>

【0063】

A：導電性多孔質基材

・以下述方式製備得到厚度 $150\mu\text{m}$ 、空隙率 85% 的碳紙。

【0064】將 TORAY(股)製聚丙烯腈系碳纖維「TORAYCA」(註冊商標)T300(平均單纖維直徑： $7\mu\text{m}$)裁切成 12mm 的長度。以水為製造媒介連續地進行製造，再浸漬於聚乙烯醇的 10 質量%水溶液，經過乾燥的造紙步驟，捲繞成滾筒狀，得到碳短纖維之單位面積重量為 $15\text{g}/\text{m}^2$ 的長條形碳纖維紙。相對於碳纖維紙 100 質量份，添加之聚乙烯醇的附著量相當於 20 質量份。

【0065】準備將鱗片狀石墨(平均粒徑： $5\mu\text{m}$)、酚醛樹脂及甲醇以 5：10：85 的質量比進行混合的分散液。以相對於碳短纖維 100 質量份，樹脂成分(酚醛樹脂+鱗片狀石墨)成為 130 質量份的方式，將上述分散液連續地含浸於上述碳纖維紙，經過在溫度 100°C 下乾燥 5 分鐘的樹脂含浸步驟後，捲繞成滾筒狀而得到樹脂含浸碳纖維紙。酚醛樹脂係使用將可溶酚醛樹脂型酚醛樹脂與酚醛清漆型酚醛樹脂以 1：1 的質量比進行混合者。

【0066】將熱板互相平行地設置於平板壓合機中。於下熱板與樹脂含浸碳纖維紙上配置分隔物，在熱板溫度 180°C 下進行壓縮處理 5 分鐘。

【0067】將經進行壓縮處理的碳纖維紙作為前驅物纖維片，導入保持氮氣環境的加熱爐中，經過在最高溫度

爲 2400℃ 下進行燒製的碳化步驟後，捲繞成滾筒狀而得到碳紙。所得到之碳紙的密度爲 0.25g/cm^3 、空隙率爲 85%。

B：第 1 微多孔層塗液所包含之碳黑 1

【0068】

DBP 吸油量 $140\text{cc}/100\text{g}$ 、BET 比表面積 $41\text{m}^2/\text{g}$ 、結構指數 3.4

第 1 微多孔層塗液所包含之碳黑 2

DBP 吸油量 $125\text{cc}/100\text{g}$ 、BET 比表面積 $41\text{m}^2/\text{g}$ 、結構指數 3.1。

C：第 2 微多孔層塗液所包含之碳黑 3

【0069】

DBP 吸油量 $175\text{cc}/100\text{g}$ 、BET 比表面積 $67\text{m}^2/\text{g}$ 、結構指數 2.6。

D：撥水性樹脂

【0070】

・「NEOFLON」(註冊商標)FEP 分散液 ND-110(FEP 樹脂、大金工業(股)製)。

E：界面活性劑

【0071】

・「TRITON」(註冊商標)X-100(NACALAI TESQUE(股)製)。

<基材及微多孔層的厚度測量>

【0072】針對基材(氣體擴散電極及導電性多孔質基材)的厚度，使用 NIKON(股)製數位厚度計「DIGIMICRO」

進行測量。一邊對基材施加 0.15MPa 的載重一邊進行測量。

【0073】針對微多孔層的厚度，在將微多孔層塗液塗布於基材上時有確認塗布厚度的情況下，係將氣體擴散電極的厚度減去導電性多孔質基材的厚度進行測量。亦即，針對第 1 微多孔層的厚度，藉由僅塗布有第 1 微多孔層之基材的厚度與導電性多孔質基材之厚度的差值，作為第 1 微多孔層的厚度。此時，不包含浸入導電性多孔質基材之微多孔層的厚度。又，針對第 2 微多孔層的厚度，於塗布有第 1 微多孔層的導電性多孔質基材上塗布第 2 微多孔層時，藉由塗布第 2 微多孔層之部分與未塗布第 2 微多孔層之部分的差值，調整第 2 微多孔層的厚度。

【0074】又，針對塗布微多孔層並進行燒結所得到之氣體擴散電極中的微多孔層的厚度，使用日立製作所(股)製 S-4800 作為掃描式電子顯微鏡進行測量。從氣體擴散電極的面垂直截面，在導電性多孔質基材、第 1 微多孔層、第 2 微多孔層的各區域中，將「導電性多孔質基材與第 1 微多孔層之界面」與「第 2 微多孔層與第 1 微多孔層之界面」的距離作為第 1 微多孔層的厚度，求出 10 處視野下的平均值。

【0075】再者，將第 1 微多孔層與第 2 微多孔層之界面與第 2 微多孔層表面之間的距離作為第 2 微多孔層的厚度，求出 10 處視野下的平均值。

【0076】將從導電性多孔質基材與第 1 微多孔層之界面開始至第 2 微多孔層表面為止的距離三等分，從導電性多孔質基材側起設為第 1 區域、第 2 區域及第 3 區域。

【0077】製作氣體擴散電極的截面時，係使用 Hitachi High-Technologies(股)製離子研磨裝置 IM4000。測量中掃描式電子顯微鏡影像的倍率，對第 1 微多孔層係以 1000 倍至 2000 倍進行測量，對第 2 微多孔層係以 2000 倍至 3000 倍進行測量。

<氟強度及碳強度的測量>

【0078】使用島津製作所(股)製電子束微量分析儀 EPMA-1610，檢測出照射電子束所反射的特性 X 射線，求出氟或碳的質量%。將氟或碳的質量%分別定義為其強度，氟強度/碳強度比例係將氟質量%除以碳質量%而求得。

【0079】微多孔層之第 1 區域、第 2 區域、第 3 區域的各區域之氟強度或碳強度，係計算在微多孔層之厚度方向上每 $0.3\mu\text{m}$ 所測量之質量%的平均值，將所得到之平均值作為各區域的氟強度或碳強度。

<厚度方向的氣體擴散性>

【0080】使用西華產業製水蒸氣氣體水蒸氣滲透擴散評價裝置(MVDP-200C)，於氣體擴散電極的一面(1 次側)流通欲測量擴散性的氣體，於另一面(2 次側)流通氮氣。將 1 次側與 2 次側的壓力差控制在 0Pa 附近($0\pm 3\text{Pa}$)(亦即，幾乎無壓力差所引起的氣體流通，而僅藉由分子擴散引起氣體的移動現象)，藉由 2 次側的氣體濃度計，測

量達到平衡時的氣體濃度。將該值(%)作為厚度方向的氣體擴散性指標。

<平面方向的氣體擴散性>

使用西華產業(股)製水蒸氣氣體水蒸氣滲透擴散評價裝置(MVDP-200C)。在如第 1 圖所示的管路系統中，最初僅開啓閥 A(303)，維持關閉閥 B(305)的狀態，使氮氣 313 流入一次側管路 A(302)。於質流控制器(301)流通既定量(190cc/分鐘)的氣體，調整壓力控制器(304)，使氣體壓力相對於大氣壓施加 5kPa。在位於氣體室 A(307)與氣體室 B(309)之間的密封材料(312)上設置氣體擴散電極樣品(308)。接著，關閉閥 A(303)，開啓閥 B(305)，使氮氣流入管路 B(306)。流入氣體室 A(307)的氮氣通過氣體擴散電極樣品(308)的空隙移動至氣體室 B(309)，通過管路 C(310)，再通過氣體流量計(311)而排放至大氣中。測量此時於氣體流量計(311)流通的氣流量(cc/分鐘)，將該值作為平面方向的氣體擴散性。

<發電性能評價>

【0081】於電解質膜・觸媒層一體成形的產品(於日本 GORE(股)製的電解質膜「GORE-SELECT」(註冊商標)之雙面形成日本 GORE 製觸媒層「PRIMEA」(註冊商標)者)的兩側，以使觸媒層與微多孔層相接的方式夾住所得之氣體擴散電極，藉由進行熱壓，製作膜電極接合體(MEA)。將該膜電極接合體裝入燃料電池用單電池，使電池溫度為 40℃、燃料利用效率為 70%、空氣利用效率為 40%、加濕陽極側的氫、陰極側的空氣使露點溫度分

別為 75°C 、 60°C 而進行發電。將提高電流密度而停止發電的電流密度之值(電流密度界限)作為耐氾流性的指標。又，於電池溫度 90°C 下進行相同的測量，作為耐乾化性的指標。再者，亦測量一般運作條件(電池溫度 70°C)下的發電性能。

(實施例 1)

【0082】一邊使用捲繞式運送裝置運送捲繞成滾筒狀的厚度 $150\mu\text{m}$ 、空隙率 85%之碳紙，一邊將其浸漬於裝滿「以使氟樹脂濃度成為 2 質量%的方式分散於水中而成的撥水性樹脂分散液」的浸漬槽以進行撥水處理。以設定為 100°C 的乾燥機構進行乾燥，並以捲繞機進行捲繞，得到經撥水處理的導電性多孔質基材。使用以水將 FEP 分散液 ND-110 稀釋成 FEP 為 2 質量%濃度者，作為撥水性樹脂分散液。

【0083】接著，準備一種捲繞式的連續塗布裝置，其係於具備退繞機、導引滾筒、背壓滾筒、分隔紙退繞機、捲繞機的運送裝置上具備 2 組模塗裝置、乾燥機構及燒結機。

【0084】作為該經撥水處理的導電性多孔質基材，將厚度 $150\mu\text{m}$ 、空隙率 85%、寬度約 400mm 的碳紙捲成 400m 滾筒狀的捲材(original fabric)設於退繞機。

【0085】藉由設置於退繞部、捲繞部、塗布裝置部的驅動滾筒運送捲材。首先，使用第 1 模塗裝置塗布第 1 微多孔層塗液後，連續地藉由第 2 模塗裝置塗布第 2 微多孔層塗液。在乾燥機構中藉由 100°C 的熱風使水分乾

燥。再將設定溫度為 350℃ 的燒結機中進行燒結後，以捲繞機進行捲繞。

【0086】此外，微多孔層塗液以如下方式製備。

第 1 微多孔層塗液：

【0087】以星形齒輪混合機將 15 質量份的碳黑 1、5 質量份的撥水性樹脂(FEP 分散液、「NEOFLON」(註冊商標)ND-110)、15 質量份的界面活性劑(「TRITON」(註冊商標)X-100)、65 質量份的蒸餾水進行揉合，以製備塗液。

第 2 微多孔層塗液：

【0088】以星形齒輪混合機將 5 質量份的碳黑 3、2 質量份的撥水性樹脂(FEP 分散液、「NEOFLON」(註冊商標)ND-110)、7 質量份的界面活性劑(「TRITON」(註冊商標)X-100)、86 質量份的蒸餾水進行揉合，以製備塗液。

【0089】在塗布第 1 微多孔層塗液時，以使燒結後之微多孔層的單位面積重量成為 16g/m^2 的方式進行調整。此時，第 1 微多孔層的厚度為 $25\mu\text{m}$ 。再者，在塗布第 2 微多孔層塗液時，以使第 2 微多孔層的厚度成為 $3\mu\text{m}$ 的方式進行製備。

【0090】又，以使微多孔層與觸媒層相接的方式，將以上所述方式製備之氣體擴散電極熱壓接於雙面設置觸媒層之電解質膜的兩側，裝入燃料電池的單電池。在 40℃ 與 70℃ 及 90℃ 的各溫度下進行發電性能(電流密度界限)評價。

【0091】連同物性值顯示於表 1、表 2。

(實施例 2)

【0092】除了將實施例 1 中第 1 微多孔層塗液中的碳黑變更爲碳黑 2 以外，全部與實施例 1 相同的方式得到氣體擴散電極。

(實施例 3)

【0093】除了將實施例 1 中第 2 微多孔層塗液中的撥水性樹脂含量變更爲 1.9 質量份以外，全部與實施例 1 相同的方式得到氣體擴散電極。

(實施例 4)

【0094】除了將實施例 3 中第 1 微多孔層塗液中的碳黑變更爲碳黑 2 以外，全部與實施例 3 相同的方式得到氣體擴散電極。

(實施例 5)

【0095】除了將實施例 1 中第 2 微多孔層塗液中的撥水性樹脂含量變更爲 2.5 質量份以外，全部與實施例 1 相同的方式得到氣體擴散電極。

(實施例 6)

【0096】除了將實施例 5 中第 1 微多孔層塗液中的碳黑變更爲碳黑 2 以外，全部與實施例 5 相同的方式得到氣體擴散電極。

(實施例 7)

【0097】除了將實施例 1 中第 2 微多孔層塗液中的撥水性樹脂含量變更爲 2.8 質量份以外，全部與實施例 1 相同的方式得到氣體擴散電極。

(實施例 8)

【0098】除了將實施例 7 中第 1 微多孔層塗液中的碳黑變更爲碳黑 2 以外，全部與實施例 7 相同的方式得到氣體擴散電極。

(實施例 9)

【0099】除了將實施例 1 中第 2 微多孔層塗液中的撥水性樹脂含量變更爲 3 質量份以外，全部與實施例 1 相同的方式得到氣體擴散電極。

(實施例 10)

【0100】除了將實施例 9 中第 1 微多孔層塗液中的碳黑變更爲碳黑 2 以外，全部與實施例 9 相同的方式得到氣體擴散電極。

(比較例 1)

【0101】除了在實施例 1 中未形成第 2 微多孔層、且僅形成 1 層的微多孔層以外，全部與實施例 1 相同的方式得到氣體擴散電極。

(比較例 2)

【0102】除了將比較例 1 中第 1 微多孔層塗液中的碳黑變更爲碳黑 2 以外，全部與比較例 1 相同的方式得到氣體擴散電極。

(比較例 3)

【0103】除了將實施例 1 中第 2 微多孔層塗液中的撥水性樹脂含量變更爲 5 質量份以外，全部與實施例 1 相同的方式得到氣體擴散電極。

(比較例 4)

【0104】除了將比較例 3 中第 1 微多孔層塗液中的碳黑變更爲碳黑 2 以外，全部與比較例 3 相同的方式得到氣體擴散電極。

【0105】表 1

		單位	實施例 1	實施例 2	實施例 3	實施例 4	實施例 5	實施例 6	實施例 7
第 1 微多孔層	撥水性樹脂含量	質量份	5	5	5	5	5	5	5
第 2 微多孔層	撥水性樹脂含量	質量份	2	2	1.9	1.9	2.5	2.5	2.8
第 1 區域	氟強度	質量%	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
	碳強度	質量%	96	96	96	96	96	96	96
第 2 區域	氟強度	質量%	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
	碳強度	質量%	96	96	96	96	96	96	96
第 3 區域	氟強度	質量%	9.0	9.0	8.8	8.8	10.0	10.0	10.3
	碳強度	質量%	92	92	91	91	90	90	89
第 3 區域之氟強度/第 2 區域之氟強度		-	1.00	1.00	0.98	0.98	1.11	1.11	1.14
第 3 區域之氟強度/第 1 區域之氟強度		-	1.00	1.00	0.98	0.98	1.11	1.11	1.14
第 3 區域之氟強度與碳強度的比例/ 第 2 區域之氟強度與碳強度的比例		-	1.04	1.04	1.03	1.03	1.19	1.19	1.23
第 3 區域之氟強度與碳強度的比例/ 第 1 區域之氟強度與碳強度的比例		-	1.04	1.04	1.03	1.03	1.19	1.19	1.23
氣體擴散電極	厚度方向的氣體擴散性	%	32	32	32	32	29	29	29
	平面方向的氣體擴散性	cc/分鐘	102	101	103	104	89	88	86
	發電性能(@40℃)	A/cm ²	1.74	1.72	1.77	1.78	1.64	1.63	1.62
	發電性能(@70℃)	A/cm ²	2.48	2.50	2.42	2.40	2.31	2.35	2.29
	發電性能(@90℃)	A/cm ²	1.67	1.67	1.69	1.67	1.52	1.54	1.49

【0106】表 2

		單位	實施例 8	實施例 9	實施例 10	比較例 1	比較例 2	比較例 3	比較例 4
第 1 微多孔層	撥水性樹脂含量	質量份	5	5	5	5	5	5	5
	撥水性樹脂含量	質量份	2.8	3	3	無	無	5	5
第 1 區域	氟強度	質量%	9.0	9.0	9.0	12	12	9.0	9.0
	碳強度	質量%	96	96	96	96	96	94	94
第 2 區域	氟強度	質量%	9.0	9.0	9.0	8.0	8.0	9.0	9.0
	碳強度	質量%	96	96	96	96	96	94	94
第 3 區域	氟強度	質量%	10.3	10.8	10.8	5.0	5.0	12	12
	碳強度	質量%	89	88	88	97	97	94	94
第 3 區域之氟強度/第 2 區域之氟強度		-	1.14	1.20	1.20	0.63	0.63	1.33	1.33
第 3 區域之氟強度/第 1 區域之氟強度		-	1.14	1.20	1.20	0.42	0.42	1.33	1.33
第 3 區域之氟強度與碳強度的比例/ 第 2 區域之氟強度與碳強度的比例		-	1.23	1.31	1.31	0.62	0.62	1.33	1.33
第 3 區域之氟強度與碳強度的比例/ 第 1 區域之氟強度與碳強度的比例		-	1.23	1.31	1.31	0.41	0.41	1.33	1.33
氣體擴散電極	厚度方向的氣體擴散性	%	29	29	29	29	29	32	32
	平面方向的氣體擴散性	cc/分鐘	87	89	90	85	84	55	56
	發電性能(@40℃)	A/cm ²	1.60	1.58	1.59	1.10	1.09	1.25	1.26
	發電性能(@70℃)	A/cm ²	2.27	2.19	2.18	2.19	2.20	2.17	2.19
	發電性能(@90℃)	A/cm ²	1.47	1.44	1.43	1.41	1.43	1.39	1.38

【符號說明】**【0107】**

301	質流控制器
302	一次側管路 A
303	閥 A
304	壓力控制器
305	閥 B
306	管路 B
307	氣體室 A
308	氣體擴散電極樣品
309	氣體室 B
310	管路 C
311	氣體流量計
312	密封材料
313	氮氣

2020 年 5 月 27 日修正本

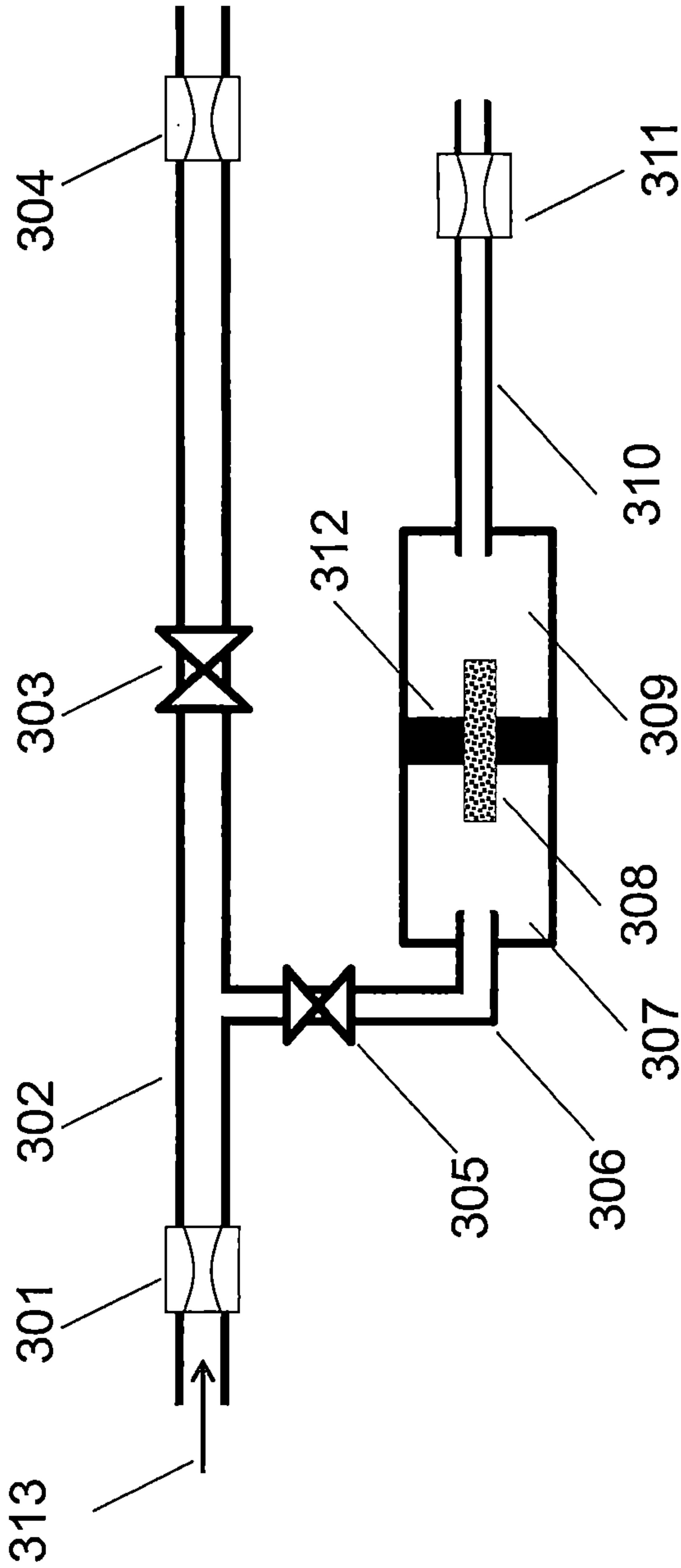
申請專利範圍

1. 一種氣體擴散電極，其係於導電性多孔質基材的至少單面具有微多孔層的氣體擴散電極，其中，
將在厚度方向上三等分該微多孔層之面垂直截面所得到之區域，從該導電性多孔質基材側起設為第 1 區域、第 2 區域、第 3 區域時，該第 3 區域之氟強度為該第 2 區域之氟強度的 0.8~1.2 倍。
2. 一種氣體擴散電極，其係於導電性多孔質基材的至少單面具有微多孔層的氣體擴散電極，其中，
將在厚度方向上三等分該微多孔層之面垂直截面所得到之區域，從該導電性多孔質基材側起設為第 1 區域、第 2 區域、第 3 區域時，該第 3 區域之氟強度為該第 1 區域之氟強度的 0.8~1.2 倍。
3. 如請求項 1 或 2 之氣體擴散電極，其中，該第 3 區域之氟強度為該第 2 區域之氟強度的 0.8~0.98 倍。
4. 如請求項 1 或 2 之氣體擴散電極，其中，該第 3 區域之氟強度為該第 1 區域之氟強度的 0.8~1.0 倍。
5. 如請求項 1 或 2 之氣體擴散電極，其中，第 3 區域之氟強度為第 2 區域之氟強度的 0.8~1.0 倍，又為第 1 區域之氟強度的 0.8~1.0 倍。
6. 如請求項 1 或 2 之氣體擴散電極，其中，將氟強度與碳強度的比例(氟強度/碳強度)作為氟強度/碳強度比例時，該第 3 區域之氟強度/碳強度比例為該第 2 區域之氟強度/碳強度比例的 1.0~1.3 倍。

2020 年 5 月 27 日修正本

- 7.如請求項 1 或 2 之氣體擴散電極，其中，將氟強度與碳強度的比例(氟強度/碳強度)作為氟強度/碳強度比例時，該第 3 區域之氟強度/碳強度比例為該第 1 區域之氟強度/碳強度比例的 1.0~1.3 倍。
- 8.如請求項 1 或 2 之氣體擴散電極，其中，
該微多孔層包含碳黑，
且該第 3 區域中之碳黑的結構指數小於 3.0，該第 1 區域中之碳黑的結構指數為 3.0 以上。
- 9.一種燃料電池，其具有如請求項 1 至 8 中任一項之氣體擴散電極。

圖式



第 1 圖