

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利说明书

H01M 4/86 (2006.01)

H01M 8/02 (2006.01)

H01M 8/10 (2006.01)

专利号 ZL 200680004422.X

[45] 授权公告日 2009年5月20日

[11] 授权公告号 CN 100490228C

[22] 申请日 2006.2.10

[21] 申请号 200680004422.X

[30] 优先权

[32] 2005.2.10 [33] JP [31] 034609/2005

[86] 国际申请 PCT/JP2006/302369 2006.2.10

[87] 国际公布 WO2006/085617 日 2006.8.17

[85] 进入国家阶段日期 2007.8.9

[73] 专利权人 株式会社东芝

地址 日本东京

[72] 发明人 菅博史 佐藤麻子 矢嶋亨

瀧澤由美子 白木弘之

[56] 参考文献

CN1386308A 2002.12.18

JP2002-373677A 2002.12.26

审查员 艾娟

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 沙永生

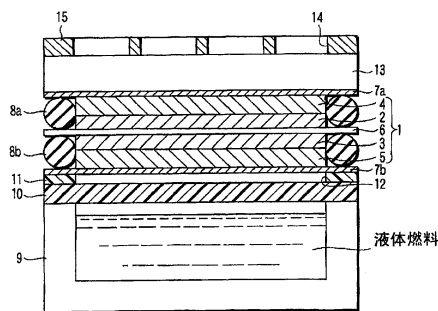
权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 1 页

[54] 发明名称

燃料电池

[57] 摘要

燃料电池，具备阴极催化剂层(2)、含有全氟类导电性粘合剂的阳极催化剂层(3)及被配置于前述阴极催化剂层(2)和前述阳极催化剂层(3)间的质子传导性膜(6)，所述全氟类导电性粘合剂具备亲水基朝外疏水(亲油)基朝内而形成的缔合体结构。



1. 燃料电池，其特征在于，具备阴极催化剂层、阳极催化剂层、及被配置于前述阴极催化剂层和前述阳极催化剂层间的质子传导性膜，

所述阴极催化剂层包含具有疏水基朝外亲水基朝内而形成的缔合体结构的全氟类导电性粘合剂，所述阴极催化剂层在温度保持为 25℃的 100 重量%的甲醇溶液中浸渍 24 小时时的重量减少在 10% 以下，

所述阳极催化剂层包含具有亲水基朝外疏水基朝内而形成的缔合体结构的全氟类导电性粘合剂，所述阳极催化剂层在温度保持为 25℃的 100 重量%的甲醇溶液中浸渍 24 小时时的重量减少超过 10%。

2. 如权利要求 1 项所述的燃料电池，其特征在于，前述阴极催化剂层的前述全氟类导电性粘合剂和前述阳极催化剂层的前述全氟类导电性粘合剂是具有磺酸基的含氟树脂。

3. 如权利要求 1 所述的燃料电池，其特征在于，还具备被供给前述阳极催化剂层的含有甲醇的燃料。

4. 如权利要求 3 所述的燃料电池，其特征在于，前述燃料中的甲醇浓度大于 50 摩尔%且在 100 摩尔%以下。

燃料电池

技术领域

本发明涉及将液体燃料或使液体燃料气化而得的气化燃料供给阳极催化剂层的燃料电池。

背景技术

近年，个人电脑、移动电话等各种电器产品随着半导体技术的发展而小型化。燃料电池被尝试用于这些小型电器用电源。燃料电池能够仅通过供给燃料和氧化剂而发电，具有只要交换燃料就能够连续发电的优点，因此如果能够实现小型化，就可以说是对于便携式电器产品的工作极为有利的系统。特别是直接甲醇型燃料电池(DMFC, direct methanol fuel cell)采用能量密度高的甲醇为燃料，能够在电极催化剂上由甲醇直接获取电流，所以不需要改性器，可实现小型化，在燃料的处理方面与氢气燃料相比也更为容易，所以有望成为小型电器产品用电源。

作为 DMFC 的燃料的供给方法，已知的有将液体燃料气化后利用压气机等送至燃料电池内的气体供给型 DMFC，直接用泵等将液体燃料送至燃料电池内的液体供给型 DMFC，还有日本专利公报第 3413111 号所揭示的内部气化型 DMFC 等。日本专利公报第 3413111 号所揭示的内部气化型 DMFC 具备保持液体燃料的燃料浸透层，以及用于使被保持于燃料浸透层内的液体燃料中的气化成分扩散的燃料气化层，气化后的液体燃料由燃料气化层供至燃料极。

但是，DMFC 中由于对甲醇进行内部改性的反应的反应阻力高，所以与使用氢气燃料的燃料电池相比，输出特性不够理想。

发明的揭示

本发明的目的是提供通过使阳极催化剂层所含的全氟类导电性粘合剂的质子导电性提高而使输出特性得到改善的燃料电池。

本发明提供燃料电池，该燃料电池具备阴极催化剂层、含有全氟类导电性

粘合剂的阳极催化剂层及被配置于前述阴极催化剂层和前述阳极催化剂层间的质子传导性膜，所述全氟类导电性粘合剂具备亲水基朝外疏水(亲油)基朝内而形成的缔合体结构。

附图的简单说明

图 1 为表示本发明的实施方式之一的直接甲醇型燃料电池的截面示意图。

图 2 为表示实施例 1~2 及比较例的直接甲醇型燃料电池的负载电流值和电池电压的关系的特性图。

实施发明的最佳方式

为了解决上述问题，本发明者进行认真研究的结果是，明确全氟类导电性粘合剂的质子导电性与该粘合剂的缔合体结构有关，并获得以下结论，即，如果采用具有亲水基朝外疏水(亲油)基朝内而形成的缔合体结构(以下称为胶束结构)的全氟类导电性粘合剂，则质子导电性得到提高，甲醇的内部改性反应的反应阻力被减弱。

即，通过具备包含具有胶束结构的全氟类导电性粘合剂的阳极催化剂层，可减弱甲醇的内部改性反应的反应阻力，所以可减小提高负载电流时的电压下降程度，获得输出特性良好的燃料电池。

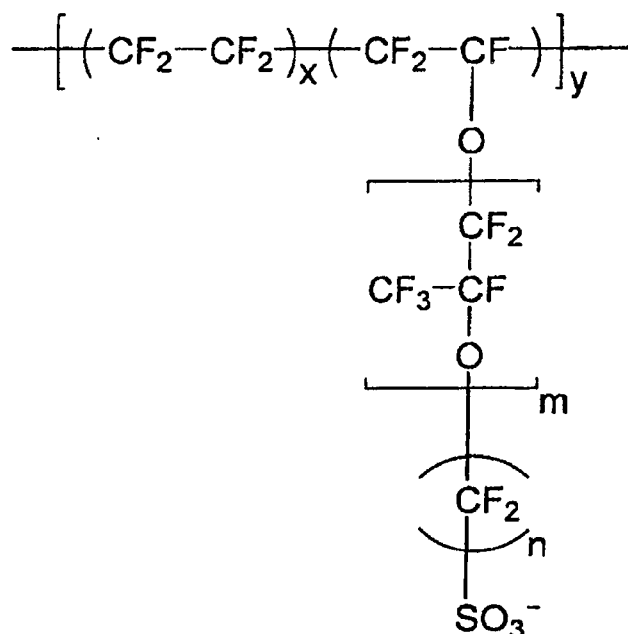
首先，对阳极催化剂层进行说明。

作为阳极催化剂层所含的催化剂(以下称为阳极催化剂)，例如可例举铂族元素的单体金属(Pt、Ru、Rh、Ir、Os、Pd等)、含有铂族元素的合金等。阳极催化剂最好使用对于甲醇或一氧化碳的耐性较强的Pt-Ru，但并不限于于此。此外，还可采用使用碳材这样的导电性载体的载体催化剂或者无载体催化剂。

阳极催化剂层的导电性载体可使用粒状碳材、纤维状碳材或日本专利特开2005-310714号公报所揭示的碳材和纤维状碳材的复合材料。藉此，可进一步降低内部改性反应阻力，所以能够更好地提高燃料电池的输出特性。作为日本专利特开2005-310714号公报记载的复合材料的纤维状碳材，例如可例举具有人字形(Herringbone)或片状(Platelet)结构的碳纳纤维。另一方面，作为碳材，例如可例举炭黑粒子。

作为全氟类导电性粘合剂，例如可例举具有磺酸基的含氟树脂(例如，全氟磺酸聚合物)等。全氟磺酸聚合物的一例如下述化1所示。

[化 1]



化 1 中， x 、 y 、 m 及 n 是满足 $x > 0$ 、 $y > 0$ 、 $m \geq 0$ 、 $n > 0$ 的整数。

具有化 1 所示结构式时，全氟烷基 $[(\text{CF}_2\text{CF}_2)_x - (\text{CF}_2\text{CF})_y]$ 为疏水(亲油)基， $\{(\text{CF}_2)_n - \text{SO}_3^-\}$ 为亲水基。

全氟磺酸聚合物这样的全氟类导电性粘合剂在溶液状态下其亲水基朝外疏水(亲油)基朝内而形成的缔合体结构(以下称为胶束结构)稳定，干燥后如果在 120°C 以上的温度下加热，则开始转变为逆胶束结构，在超过 135°C 的温度下逆胶束结构趋于稳定。如果是在减压气氛下，则可能在更低的温度下出现向逆胶束结构的转变。

通过将浆料调制中的全氟类导电性粘合剂溶液的浓度、阳极催化剂和全氟类导电性粘合剂的含量设定在特定的范围内，可获得包含具有胶束结构的全氟类导电性粘合剂的阳极催化剂层。

浆料的调制例如通过在阳极催化剂中添加全氟类导电性粘合剂溶液、水和甲氧基丙醇这样的有机溶剂，将它们混合而实施。

全氟类导电性粘合剂溶液的浓度在 10 重量%以上、70 重量%以下，更好的是在 30 重量%以上、50 重量%以下。这是基于以下所述的理由得出的结论。即，粘合剂溶液的浓度如果未满足 10 重量%或超过 70 重量%，则难以控制浆料粘度，浆料的涂布性可能会下降。

此外，阳极催化剂和全氟类导电性粘合剂溶液的配比量设定为阳极催化剂

层中的阳极催化剂的含量在 5 重量%以上、50 重量%以下，更好的是在 10 重量%以上、30 重量%以下，且全氟类导电性粘合剂的含量在 1 重量%以上、20 重量%以下，更好的是在 5 重量%以上、15 重量%以下。这是基于以下所述的理由得出的结论。如果阳极催化剂的含量过多或粘合剂的含量过少，则阳极催化剂层和质子传导性膜的结合强度可能下降。此外，如果阳极催化剂的含量过少或粘合剂的含量过多，则存在甲醇的内部改性反应中的反应阻力增加的可能性。

将所得浆料涂布于作为阳极气体扩散层的多孔质碳纸并使其干燥，可获得包含具有胶束结构的全氟类导电性粘合剂的阳极催化剂层。

具有胶束结构的全氟类导电性粘合剂在甲醇中的溶解性高。因此，基于在温度保持为 25℃的 100 重量%甲醇溶液中浸渍 24 小时时的阳极催化剂层的重量减少超过 10%，可确认阳极催化剂层中包含具有胶束结构的全氟类导电性粘合剂。

以下，对阴极催化剂层进行说明。

阴极催化剂层是含有阴极催化剂和质子传导性粘合剂的层。

作为阴极催化剂，例如可例举铂族元素的单体金属(Pt、Ru、Rh、Ir、Os、Pd 等)、含铂族元素的合金等。阴极催化剂优选使用铂，但并不限于于此。此外，也可以采用使用碳材这样的导电性载体的载体催化剂或无载体催化剂。

作为质子传导性粘合剂，例如可例举全氟类导电性粘合剂(例如，全氟磺酸聚合物这样的具有磺酸基的含氟树脂)、具有磺酸基的烃类树脂、钨酸或磷钨酸等无机物等，但并不仅限于此。其中优选全氟类导电性粘合剂。

作为全氟类导电性粘合剂，可以是具有胶束结构的粘合剂，也可以是具有逆胶束结构的粘合剂。

通过使用具有胶束结构的粘合剂，可提高阴极的质子导电性，因此能够提高增加负载电流时的输出特性。此外，包含具有逆胶束结构的全氟类导电性粘合剂的阴极催化剂层的化学稳定性良好，所以可提高减小负载电流输出时的电压的稳定性。

阴极催化剂层内的全氟类导电性粘合剂的缔合结构中，于温度被保持为 25℃的 100 重量%甲醇溶液中浸渍 24 小时时的阴极催化剂层的重量减少在 10%以下的具有逆胶束结构，重量减少超过 10%的具有胶束结构。

阴极催化剂层例如可按照以下所述的方法制作。

在阴极催化剂中添加全氟类导电性粘合剂溶液、水和甲氧基丙醇这样的有机溶剂，将它们混合调制出浆料。将所得浆料涂布于作为阴极气体扩散层的多孔质碳纸，使其干燥，再实施加热处理，在阴极气体扩散层形成阴极催化剂层。

全氟类导电性粘合剂溶液的浓度最好在 10 重量%以上、70 重量%以下。这是基于以下所述的理由得出的结论。如果粘合剂溶液的浓度未满足 10 重量%或超过 70 重量%，则难以控制浆料粘度，浆料的涂布性可能会下降。

此外，阴极催化剂和全氟类导电性粘合剂溶液的配比量设定为阴极催化剂层中的阴极催化剂的含量在 5 重量%以上、50 重量%以下，更好的是在 10 重量%以上、30 重量%以下，且全氟类导电性粘合剂的含量在 1 重量%以上、20 重量%以下，更好的是在 5 重量%以上、15 重量%以下。这是基于以下所述的理由得出的结论。如果阴极催化剂的含量过多或粘合剂的含量过少，则阴极催化剂层和质子传导性膜的结合强度可能下降。此外，如果阴极催化剂的含量过少或粘合剂的含量过多，则存在发电反应的反应阻力提高的可能性。

通过将全氟类导电性粘合剂溶液的浓度、阴极催化剂和全氟类导电性粘合剂的含量设定在上述范围，可获得包含具有胶束结构的全氟类导电性粘合剂的阴极催化剂层。

通过在常压气氛中，对该阴极催化剂层实施超过 135℃且在 240℃以下、更好是 180℃以上 200℃以下的加热处理，能够使其发生向逆胶束结构的转变，获得包含具有逆胶束结构的全氟类导电性粘合剂的阴极催化剂层。如前所述，温度越高越容易发生向逆胶束结构的转变，但如果加热处理温度过高，则粘合剂会热分解，因此最好将加热处理温度控制在上述范围内。

阴极催化剂层的导电性载体可使用粒状碳材、纤维状碳材或与前述阳极催化剂层中所述同样的复合材料。藉此，阴极催化剂层的结构稳定性提高，所以能够减小上述加热处理后的阴极在浸渍于甲醇时的重量减少程度，可提高阴极的化学稳定性。

由于利用本发明使甲醇的内部改性反应阻力减弱，所以本发明适用于具备含有甲醇的燃料的燃料电池。含甲醇的燃料可以将其气化成分供至阳极催化剂层，也可以液体状态供给阳极催化剂层。特别是利用本发明可大幅减弱燃料的甲醇浓度较高时的内部改性反应阻力。

作为含甲醇的燃料，可例举甲醇水溶液、纯甲醇等。甲醇水溶液的浓度最好为超过 50 摩尔%的高浓度。此外，纯甲醇的纯度最好在 95 重量%以上 100

重量%以下。这样能够获得能量密度高且输出特性良好的燃料电池。

以下，参照附图对本发明的燃料电池的实施方式之一的直接甲醇型燃料电池进行说明。

图1为表示本发明的实施方式之一的直接甲醇型燃料电池的截面示意图。

如图1所示，膜电极接合体(MEA)1具备由阴极催化剂层2及阴极气体扩散层4构成的阴极，由阳极催化剂层3及阳极气体扩散层5构成的阳极，以及被配置于阴极催化剂层2和阳极催化剂层3间的质子传导性电解质膜6。

作为构成质子传导性电解质膜6的质子传导性材料，例如可列举具有磺酸基的含氟树脂(例如，全氟磺酸聚合物)、具有磺酸基的烃类树脂、钨酸或磷钨酸等无机物等，但并不仅限于此。

阴极催化剂层2被层叠于阴极气体扩散层4上，且阳极催化剂层3被层叠于阳极气体扩散层5上。阴极气体扩散层4起到向阴极催化剂层2均匀地供给氧化剂的作用，还兼作为阴极催化剂层2的集电体。另一方面，阳极气体扩散层5起到向阳极催化剂层3均匀地供给燃料的作用的同时，还兼作为阳极催化剂层3的集电体。阴极导电层7a及阳极导电层7b分别与阴极气体扩散层4及阳极气体扩散层5连接。阴极导电层7a及阳极导电层7b例如可分别使用金等金属材料形成的多孔质层(例如，栅网)。

矩形框架状的阴极密封材料8a位于阴极导电层7a和质子传导性电解质膜6之间的同时，包围阴极催化剂层2及阴极气体扩散层4的周围。另一方面，矩形框架状的阳极密封材料8b位于阳极导电层7b和质子传导性电解质膜6之间的同时，包围阳极催化剂层3及阳极气体扩散层5的周围。阴极密封材料8a及阳极密封材料8b是用于防止燃料及氧化剂从膜电极接合体1泄漏的O型圈。

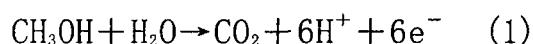
液体燃料槽9被配置在膜电极接合体1的下方。在液体燃料槽9内装有液体甲醇或甲醇水溶液。在液体燃料槽9的开口端，以覆盖液体燃料槽9的开口部的状态配置有作为燃料气化层10的例如仅使液体燃料的气化成分透过、液体燃料无法透过的气液分离膜10。这里，液体燃料的气化成分在使用液体甲醇作为液体燃料时表示气化后的甲醇，在使用甲醇水溶液作为液体燃料时表示由甲醇的气化成分和水的雾化成分形成的混合气体。

在气液分离膜10和阳极导电层7b之间层叠有树脂制框架11。被框架11包围的空间起到暂时收容经气液分离膜10扩散的气化燃料的气化燃料收容室12(所谓的蒸气储存)的作用。利用该气化燃料收容室12及气液分离膜10的透

过甲醇量控制效果，可避免一下子向阳极催化剂层 3 供给大量的气化燃料，能够抑制甲醇渗透的发生。此外，框架 11 为矩形框架，例如由 PET 这样的热塑性聚酯树脂形成。

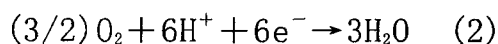
另一方面，在层叠于膜电极接合体 1 的上部的阴极导电层 7a 上层叠有保湿板 13。形成有多个用于导入作为氧化剂的空气的空气导入口 14 的表面层 15 被层叠于保湿板 13 上。由于表面层 15 还起到对包含膜电极接合体 1 的层叠体加压以提高其粘结性的作用，因此例如由 SUS304 这样的金属形成。保湿板 13 在起到抑制阴极催化剂层 2 中生成的水蒸发扩散的作用的同时，将氧化剂均匀地导入阴极气体扩散层 4，藉此起作用促使氧化剂向阴极催化剂层 2 的均匀扩散的辅助扩散层的作用。

利用以上结构的直接甲醇型燃料电池，液体燃料槽 9 内的液体燃料(例如甲醇水溶液)发生气化，气化的甲醇和水经气液分离膜 10 扩散被气化燃料收容室 12 暂时收容，然后慢慢地经阳极气体扩散层 5 扩散被供至阳极催化剂层 3，发生以下的反应式(1)所示的甲醇的内部改性反应。



此外，作为液体燃料使用了纯甲醇的情况下，没有来自燃料气化层的水的供给。因此，混入阴极催化剂层 2 的甲醇的氧化反应生成的水或质子传导性电解质膜 6 中的水分等与甲醇反应，发生前述(1)式的内部改性反应，或者不按照前述(1)式而是以不使用水的反应机理发生内部改性反应。

由上述内部改性反应生成的质子(H^+)经质子传导性电解质膜 6 扩散到达阴极催化剂层 3。另一方面，从表面层 15 的空气导入口 14 被导入的空气经保湿板 13 和阴极气体扩散层 4 扩散被供至阴极催化剂层 2。阴极催化剂层 2 中，通过下述(2)式所示的反应生成水，即，发生发电反应。



如果进行发电反应，则由前述(2)式的反应等在阴极催化剂层 2 中生成的水在阴极气体扩散层 4 内扩散到达保湿板 13，利用保湿板 13 蒸发扩散得到抑制，阴极催化剂层 2 中的水分存储量增加。因此，随着发电反应的进行，可获得阴极催化剂层 2 的水分保持量大于阳极催化剂层 3 的水分保持量的状态。其结果是，利用渗透压现象，在阴极催化剂层 2 生成的水通过质子传导性电解质膜 6 移向阳极催化剂层 3 的反应被促进，因此，与仅依赖于燃料气化层的情况相比，可提高向阳极催化剂层的供水速度，能够促进前述(1)式所示的甲醇的

内部改性反应。所以，在提高功率密度的同时，可长期维持该高功率密度。

此外，通过使用浓度超过 50 摩尔%的甲醇水溶液或纯甲醇作为液体燃料，可将从阴极催化剂层 2 扩散至阳极催化剂层 3 的水全部用于内部改性反应，使向阳极催化剂层 3 的供水稳定，因此，能够进一步降低甲醇的内部改性反应的反应阻力，可进一步提高长期输出特性和负载电流特性。另外，可实现液体燃料槽的小型化。纯甲醇的纯度最好在 95 重量%以上 100 重量%以下。

通过使上述阳极催化剂层 3 包含具有前述胶束结构的全氟类导电性粘合剂，即使在使用浓度超过 50 摩尔%的甲醇水溶液或纯甲醇作为液体燃料时，也可减弱甲醇的内部改性的反应阻力。其结果是，能够提供能量密度高且输出特性良好的直接甲醇型燃料电池。

此外，向阳极催化剂层供给液体燃料时，可在与前述图 1 所述的同样构成的膜电极接合体 1 的阴极气体扩散层 4 配置形成有氧化剂流路的隔层，且可在膜电极接合体 1 的阳极气体扩散层 5 配置形成有液体燃料流路的隔层。

以下，参照附图对本发明的实施例进行详细说明。

(实施例 1)

<阳极的制作>

在 17 重量%的负载阳极用催化剂(Pt:Ru=1:1)的粒状炭黑中添加以固形成分换算为 8.5 重量%的浓度 20 重量%的全氟化碳磺酸溶液、水和甲氧基丙醇，使前述负载催化剂的炭黑分散，调制出浆料。将所得浆料涂布于作为阳极气体扩散层的多孔质碳纸，形成阳极催化剂层，获得厚度为 450 μm 的阳极。

将在阳极气体扩散层上层叠有阳极催化剂层的阳极在温度保持为 25℃的 100 重量%甲醇溶液中浸渍 24 小时，测得阳极催化剂层的重量减少率为 70%，可确认全氟化碳磺酸具有胶束结构。

<阴极的制作>

在 17 重量%的负载阴极用催化剂(Pt)的纤维状炭黑中添加以固形成分换算为 8.5 重量%的浓度 20 重量%的全氟化碳磺酸溶液、水和甲氧基丙醇，使前述负载催化剂的炭黑分散，调制出浆料。将所得浆料涂布于作为阴极气体扩散层的多孔质碳纸，形成阴极催化剂层，获得厚度为 400 μm 的阴极。

将阴极气体扩散层上层叠有阴极催化剂层的阴极在温度保持为 25℃的 100 重量%甲醇溶液中浸渍 24 小时，测得阴极催化剂层的重量减少率为 40%，可确认全氟化碳磺酸具有胶束结构。

在阳极催化剂层和阴极催化剂层之间配置作为质子传导性电解质膜的厚 $60\ \mu\text{m}$ 、含水率 $10\sim 20$ 重量%的全氟化碳磺酸膜(nafion膜, 杜邦公司制), 以 115°C 的膜近旁温度对它们进行热压, 藉此获得膜电极接合体(MEA)。

作为保湿板, 准备厚 $500\ \mu\text{m}$ 、透气度 $2\ \text{秒}/100\text{cm}^3$ (JIS P-8117)、透湿度 $4000\text{g}/\text{m}^2\text{24h}$ (JIS L-1099 A-1法)的聚乙烯制多孔质膜。

框架11由PET制, 其厚度为 $25\ \mu\text{m}$ 。此外, 作为气液分离膜, 准备厚 $200\ \mu\text{m}$ 的有机硅橡胶片。

采用所得膜电极接合体1、保湿板13、框架11和气液分离膜10组装出具有前述图1所示的结构的外部气化型的直接甲醇型燃料电池。此时, 在燃料槽内装有 10mL 纯度 99.9 重量%的纯甲醇。

(实施例2)

于 180°C 的 N_2 气氛中, 对阴极实施30分钟的加热处理。然后, 将该阴极在温度保持为 25°C 的 100 重量%的甲醇溶液中浸渍24小时, 测得阴极催化剂层的重量减少率为 6% , 可确认全氟化碳磺酸具有逆胶束结构。

除了使用上述阴极以外, 其它与前述实施例1所述相同, 组装出具有前述图1所示的结构的外部气化型的直接甲醇型燃料电池。

(比较例)

与前述实施例1所述相同, 在阳极气体扩散层形成阳极催化剂层。在 200°C 的 N_2 气氛中对所得阳极实施30分钟的加热处理。

然后, 将该阳极在温度保持为 25°C 的 100 重量%的甲醇溶液中浸渍24小时, 测得阳极催化剂层的重量减少率为 6% , 可确认全氟化碳磺酸具有逆胶束结构。

除了使用所得阳极及与前述实施例2所述同样的阴极以外, 其它与前述实施例1所述相同, 组装出具有图1所示的结构的外部气化型的直接甲醇型燃料电池。

在将负载电流逐步提高的同时使所得实施例1~2及比较例的燃料电池发电, 此时的电池电压和负载电流值的关系示于图2。图2的横轴为电流密度, 纵轴为电池电压。对于电压, 比较例的最高电压(初始电压)以 100% 表示。此外, 对于电流密度, 以相对值表示。

从图2可明确, 具备包含具有胶束结构的全氟类导电性粘合剂的阳极催化剂层的实施例1~2的燃料电池与阳极催化剂层及阴极催化剂层双方的粘合剂

都为逆胶束结构的比较例的燃料电池相比，可减小增加负载电流时的电压下降程度。

阳极催化剂层和阴极催化剂层双方的粘合剂都为胶束结构的实施例 1 的增加负载电流时的输出特性良好。此外，阳极催化剂层的粘合剂为胶束结构、阴极催化剂层的粘合剂为逆胶束结构的实施例 2 的减少负载电流时的输出特性良好。

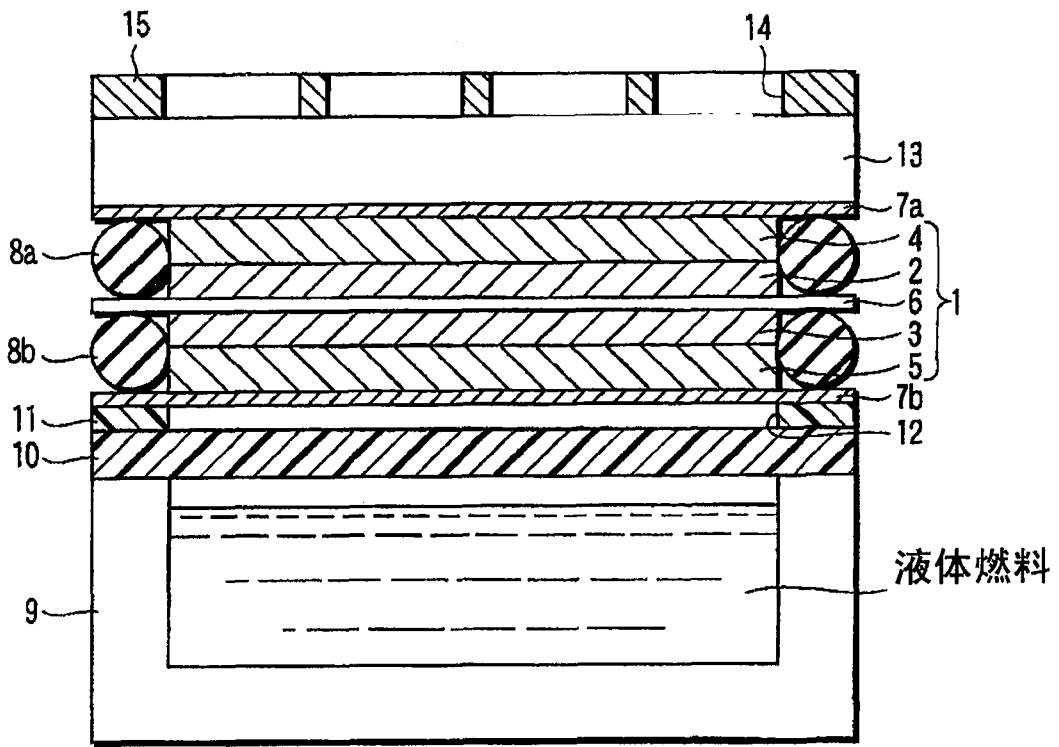


图 1

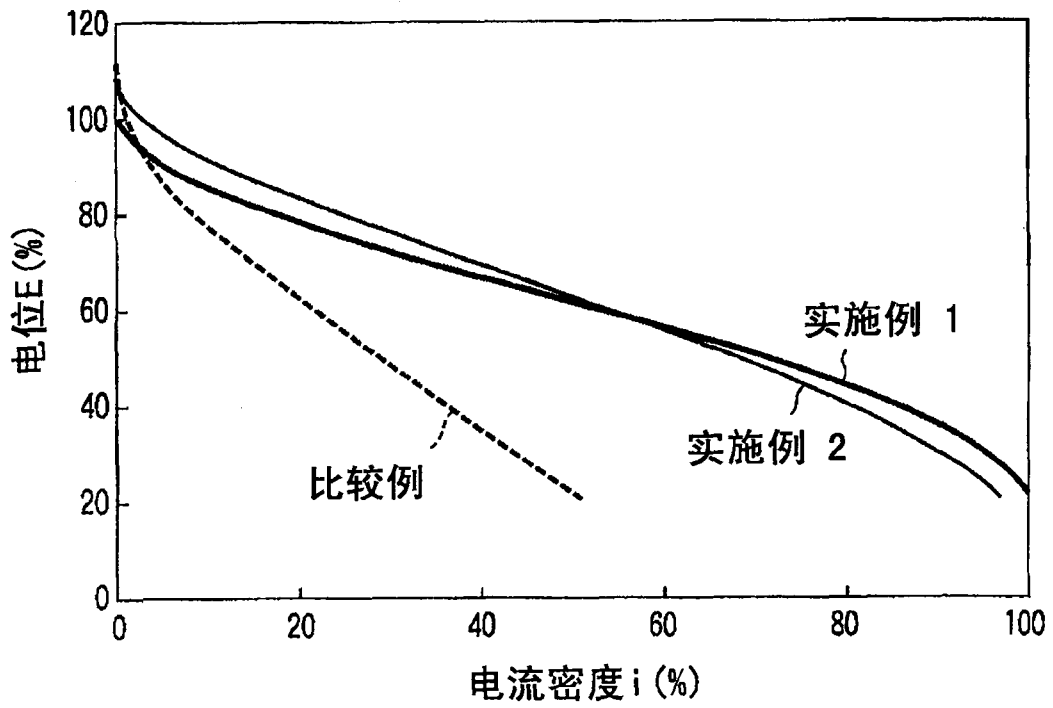


图 2