

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580024721.5

[51] Int. Cl.

H01M 4/96 (2006.01)

H01M 4/90 (2006.01)

H01M 4/86 (2006.01)

H01M 2/02 (2006.01)

H01M 8/02 (2006.01)

H01M 2/14 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 12 月 2 日

[11] 授权公告号 CN 100565989C

[22] 申请日 2005.4.25

[21] 申请号 200580024721.5

[30] 优先权

[32] 2004.5.20 [33] US [31] 10/850,550

[86] 国际申请 PCT/US2005/014071 2005.4.25

[87] 国际公布 WO2005/117173 英 2005.12.8

[85] 进入国家阶段日期 2007.1.22

[73] 专利权人 通用汽车公司

地址 美国密执安州

[72] 发明人 Y·M·米克海尔 G·维亚斯

[56] 参考文献

CN1345470A 2002.4.17

US6716549B2 2004.4.6

US2002/0127465A1 2002.9.12

CN1416604A 2003.5.7

审查员 蒲俊红

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 温大鹏 廖凌玲

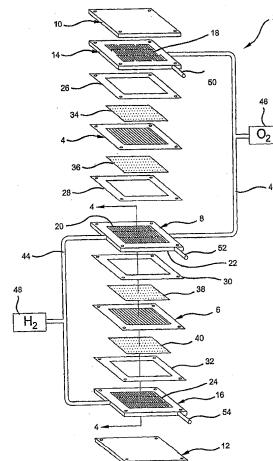
权利要求书 4 页 说明书 20 页 附图 10 页

[54] 发明名称

制造用于质子交换膜燃料电池的高性能膜电极组件(MEA)的方法

[57] 摘要

一种用于燃料电池中的导电流体分配元件具有传导非金属多孔介质,所述传导非金属多孔介质包括具有沿一个或多个金属化区域沉积的导电金属的表面。所述金属化区域被布置与燃料电池组件中的膜电极组件(MEA)接触,且因此增大了在所述 MEA 与所述流体分配介质之间的接触区域处的电导。还提供了制造这种流体分配元件以及操作燃料电池组件的方法。



1、一种用于具有膜电极组件（MEA）的燃料电池的流体分配元件，所述元件包括：

导电多孔介质层，所述导电多孔介质层包括碳和位于面对所述膜电极组件的所述层的表面上一个或多个金属化区域，所述一个或多个金属化区域包括导电金属，且其中所述一个或多个金属化区域接触所述膜电极组件的主要表面且在所述膜电极组件与所述多孔介质层之间形成相应的导电路径。

2、根据权利要求1所述的元件，其中每个所述金属化区域通过所述相应的导电路径降低了所述膜电极组件与所述多孔介质层之间的电阻率。

3、根据权利要求1所述的元件，其中每个所述金属化区域的厚度小于10 nm。

4、根据权利要求1所述的元件，其中每个所述金属化区域的厚度在5 nm至10 nm之间。

5、根据权利要求1所述的元件，其中所述层的所述表面是第一表面且所述层进一步包括与所述第一表面相对的第二表面，其中所述第二表面接触不可透过的导电隔板元件。

6、根据权利要求5所述的元件，其中所述第二表面具有包括导电金属的一个或多个金属化区域。

7、根据权利要求1所述的元件，其中所述导电金属被沉积在所述金属化区域中的所述多孔介质的孔隙表面上。

8、根据权利要求1所述的元件，其中所述多孔介质选自由纸、纺布、无纺布、纤维和泡沫材料组成的组群。

9、根据权利要求1所述的元件，其中所述金属化区域的所述导电金属包括贵金属。

10、根据权利要求1所述的元件，其中所述金属化区域包括所述导电金属的化合物。

11、根据权利要求1所述的元件，其中所述金属化区域包括选自由Ru、Rh、Pd、Ag、Ir、Pt、Os、Ti、Cr、Sn、Au及其混合物组成的组群中的金属。

12、根据权利要求1所述的元件，其中所述导电金属包括Au。

- 13、一种燃料电池组件，所述燃料电池组件包括：
包括导电电极的膜电极组件（MEA）；
具有面对所述电极的表面的导电非金属多孔介质层；
位于所述层的所述表面上一个或多个金属化区域，每个所述金属化区域包括导电金属；其中所述导电电极被布置与所述金属化区域接触以在所述层与所述导电电极之间提供电接触，由此降低了所述电极与所述层的所述金属化区域之间的接触电阻。
- 14、根据权利要求13所述的组件，其中所述一个或多个金属化区域完全覆盖所述层的所述表面。
- 15、根据权利要求13所述的组件，其中所述表面是第一表面且所述层进一步包括与所述第一表面相对的第二表面，其中所述第二表面具有一个或多个金属化区域且面对导电的不可透过分隔板，所述导电的不可透过分隔板被布置与所述第二表面接触以形成一条或多条导电路径。
- 16、根据权利要求15所述的组件，其中所述分隔板具有面对所述层的表面，所述表面具有多条沟槽和槽脊的图案，且其中所述槽脊与所述层的所述第二表面的所述一个或多个金属化区域相接触。
- 17、根据权利要求15所述的组件，其中所述分隔板具有沿分隔板表面的接触区域形成的金属氧化物区域，其中所述接触区域对应于所述一个或多个导电路径。
- 18、根据权利要求15所述的组件，其中所述第二表面上的每个所述金属化区域的厚度小于或等于15 nm。
- 19、根据权利要求13所述的组件，其中所述电极包括质子传导材料、多个催化剂颗粒和多个导电颗粒。
- 20、根据权利要求13所述的组件，其中所述电极是所述膜电极组件的阴极。
- 21、根据权利要求13所述的组件，其中所述电极是所述膜电极组件的阳极。
- 22、根据权利要求13所述的组件，其中所述第一表面上的每个所述金属化区域的厚度在5 nm至10 nm之间。
- 23、根据权利要求13所述的组件，其中所述导电金属被沉积在所述金属化区域中的所述多孔介质的孔隙表面上。

24、根据权利要求 13 所述的组件，其中所述介质包括碳且选自由纸、纺布、无纺布、纤维和泡沫材料组成的组群。

25、根据权利要求 13 所述的组件，其中所述金属化区域包括所述导电金属的化合物。

26、根据权利要求 13 所述的组件，其中所述金属化区域包括选自由 Ru、Rh、Pd、Ag、Ir、Pt、Os、Ti、Cr、Sn、Au 及其混合物组成的组群中的金属。

27、根据权利要求 13 所述的组件，其中所述导电金属包括 Au。

28、一种操作燃料电池的方法，所述方法包括：

将导电多孔介质层放置在膜电极组件（MEA）与导电基板之间，其中所述多孔介质层包括面对所述膜电极组件的具有超薄金属化区域的第一表面和面对所述导电基板的第二表面；

使所述第一表面的所述金属化区域与所述膜电极组件接触且使所述第二表面与所述基板接触以形成从所述基板穿过所述多孔介质到达所述膜电极组件的导电路径；并且

通过所述路径将电子传导到达或离开所述膜电极组件，同时对所述燃料电池进行操作。

29、根据权利要求 28 所述的方法，其中通过在组装的燃料电池堆中的燃料电池上施加压缩力而实现所述接触。

30、根据权利要求 28 所述的方法，其中被输送至所述膜电极组件的阴极侧的反应剂流包括环境空气。

31、根据权利要求 30 所述的方法，其中所述环境空气未被加湿或具有低于环境湿度的相对湿度。

32、根据权利要求 28 所述的方法，其中被引至所述膜电极组件的阴极侧的反应剂流具有低于饱和水平的水含量。

33、根据权利要求 28 所述的方法，其中所述多孔介质的所述第二表面进一步包括一个或多个金属化区域，所述一个或多个金属化区域包括导电金属以降低所述基板与所述多孔介质之间的电阻率。

34、一种制造燃料电池的组件的方法，所述方法包括：

将导电金属沉积在导电多孔介质表面上以形成具有超薄厚度的一个或多个金属化区域；

将具有所述金属化区域的所述表面放置在邻近膜电极组件（MEA）

的电极的位置处;

使所述电极与具有所述金属化区域的所述表面相接触以在所述基板与所述多孔介质之间形成导电路径。

35、根据权利要求 34 所述的方法,其中采用选自包括电子束蒸发、磁控溅射、等离子辅助物理气相沉积、电解沉积和无电沉积的组群中的工艺实施所述沉积。

36、根据权利要求 34 所述的方法,其中所述导电金属选自由 Au、Cr、Ru、Rh、Pd、Ag、Ir、Pt、Os、Ti、Sn、Au 及其混合物组成的组群。

37、根据权利要求 34 所述的方法,其中所述导电金属包括贵金属或包括含贵金属的化合物。

38、根据权利要求 34 所述的方法,其中所述导电金属包括 Au。

39、根据权利要求 34 所述的方法,其中实施所述沉积以提供小于或等于 15 nm 的厚度。

40、根据权利要求 34 所述的方法,其中实施所述沉积以提供在 2 nm 至 10 nm 之间的厚度。

41、根据权利要求 34 所述的方法,其中通过在组装的燃料电池堆中的所述燃料电池上施加压缩力而实现所述接触。

42、一种燃料电池组件,所述燃料电池组件包括:

膜电极组件(MEA),所述膜电极组件包括第一导电电极和第二且相对的导电电极;

第一导电非金属多孔介质层,所述第一导电非金属多孔介质层具有面对所述第一电极且被布置与所述第一电极接触的表面,所述表面具有包括导电金属的一个或多个金属化区域;和

第二导电非金属多孔介质层,所述第二导电非金属多孔介质层具有面对所述第二电极且被布置与所述第二电极接触的表面,所述表面具有包括导电金属的一个或多个金属化区域,由此与进行对比的包括围绕相似的膜电极组件的非金属化第一多孔介质层和非金属化第二多孔介质层的组件相比,在所述第一多孔介质层穿过所述膜电极组件到达所述第二多孔介质层之间的接触电阻更小。

制造用于质子交换膜燃料电池的高性能膜电极组件(MEA)的方法

技术领域

本发明涉及电化学电池，且特别是，涉及导电流体分配元件和包括这样的流体分配元件的燃料电池的制造和操作。

背景技术

燃料电池已被提出作为机动车辆和其它应用的动力源。一种已公知的燃料电池是包括所谓的 MEA (“膜电极组件”) 的 PEM (即质子交换膜) 燃料电池，所述 MEA 包括具有位于一面上的阳极和位于相对面上的阴极的较薄的固体聚合物膜-电解质。阳极和阴极通常包括细小分散的碳颗粒、担载在碳颗粒的内表面和外表面上的极细分散的催化颗粒以及与催化颗粒和碳颗粒混合在一起的质子传导材料。膜电极组件被夹在气体扩散介质层与用作阳极和阴极的集流器的一对导电接触元件之间，所述导电接触元件中可包含用于将燃料电池的气体反应物 (即 H_2 和 O_2 /空气) 分配在相应的阳极和阴极表面上的适当的通道和开口。

双极 PEM 燃料电池堆包括电串联叠置在一起同时通过这种集流器接触元件彼此分开的多个膜电极组件，所述集流器接触元件进一步是已公知为双极板的不可透过的隔板元件。双极板具有两个工作表面，其中一个表面面对一个电池的阳极且另一个表面面对堆中下一个相邻电池上的阴极，且在相邻电池之间电传导电流。位于叠堆端部处的接触元件仅接触端部电池且被称作端板。

电接触元件通常由导电金属材料构成。在 H_2 和 O_2 /空气 PEM 燃料电池环境中，双极板和其它接触元件 (如端板) 与高度酸性溶液 (pH 3-5) 持续接触且在高度氧化环境中进行操作，所述双极板和其它接触元件被极化至约 +1V (相对于标准氢电极) 的最大值。在阴极侧上，接触元件暴露于加压空气中，且在阳极侧上暴露于超常压的氢中。遗憾的是，许多金属在不利的 PEM 燃料电池环境中易于受到腐蚀，且由所述金属制成的接触元件或者溶解 (例如对于铝的情况)，或者在其表面上形成具有高电阻的钝化氧化膜 (例如对于钛或不锈钢的情况)

从而使得增大了燃料电池的内部电阻且降低了其性能。进一步地，保持通过气体扩散介质到达接触元件的导电性对于保持每个燃料电池的电流流动非常重要。因此，需要提供保持导电性、耐受燃料电池的不利环境且提高燃料电池的总操作效率的导电元件。

发明内容

本发明的一个方面涉及一种用于具有膜电极组件（MEA）的燃料电池的流体分配元件，所述元件包括导电多孔介质层，所述导电多孔介质层包括碳和位于面对所述 MEA 的所述层的表面上一个或多个金属化区域。所述一个或多个金属化区域包括导电金属。进一步地，所述一个或多个金属化区域接触所述 MEA 的主要表面且在所述 MEA 与所述多孔介质之间形成相应的导电路径。

本发明的另一个方面是一种包括膜电极组件（MEA）的燃料电池组件，所述 MEA 包括导电电极。导电非金属多孔介质层具有面对所述电极的表面。所述表面还具有包括导电金属的一个或多个金属化区域。所述导电电极被布置与所述金属化区域接触以在所述层与所述导电电极之间提供电接触。因此，与进行对比的非金属化的多孔介质层相比，所述电极与所述层的所述金属化区域之间的接触电阻更小。

本发明的又一个方面涉及一种操作燃料电池的方法，所述方法包括将导电多孔介质层放置在膜电极组件（MEA）与导电基板之间。所述多孔介质层包括面对所述 MEA 的具有超薄金属化区域的第一表面和面对所述导电基板的第二表面。所述第一表面的所述金属化区域与所述 MEA 接触且所述第二表面与所述基板接触以形成从所述基板穿过所述多孔介质到达所述 MEA 的导电路径。通过所述路径将电子传导到达或离开所述 MEA，同时对所述燃料电池进行操作。

在本发明的又一个方面中，提供了一种制造燃料电池的组件的方法，所述方法包括将导电金属沉积在导电多孔介质表面上以形成具有超薄厚度的一个或多个金属化区域。具有所述金属化区域的所述表面被放置在邻近膜电极组件（MEA）的电极的位置处。所述电极与具有所述金属化区域的所述表面接触以在所述基板与所述多孔介质之间形成导电路径。

在另一个方面中，本发明提供了一种包括膜电极组件（MEA）的

燃料电池组件，所述膜电极组件包括第一导电电极和第二且相对的导电电极。第一导电非金属多孔介质层具有面对所述第一电极且被布置与所述第一电极接触的表面。所述第一层的所述表面具有包括导电金属的一个或多个金属化区域。第二导电非金属多孔介质层具有面对所述第二电极且被布置与所述第二电极接触的表面，其中所述表面具有包括导电金属的一个或多个金属化区域。当与进行对比的包括围绕相似的 MEA 的非金属第一多孔介质层和非金属第二多孔介质层的组件相比时，在所述第一多孔介质层穿过所述 MEA 到达所述第二多孔介质层之间的接触电阻更小。

从下文提供的详细描述中将易于理解本发明可应用的其它领域。应该理解，尽管该详细描述和特定实例示出了本发明的优选实施例，但它们仅旨在用于示例性目的而不旨在限制本发明的范围。

附图说明

通过详细描述和附图将能够更充分地理解本发明，其中：

图 1 是 PEM 燃料电池堆的分解示意图（图中仅示出了两个电池）；

图 2 是可与 PEM 燃料电池堆一起使用的典型导电流体分配元件的分解视图；

图 3 是沿图 2 中 3-3 方向截取的局部剖视图；

图 4 是本发明的燃料电池组件的一个优选实施例的未按比例进行绘制的侧剖视图，其中金属化区域对应于面对膜电极组件（MEA）的多孔介质层的整个表面；

图 5 是图 4 的一部分的放大视图；

图 6 是未按比例进行绘制的侧剖视图，图中示出了根据本发明的另一个可选实施例，所述实施例包括沿面对 MEA 的多孔介质层的整个表面的金属化区域和沿面对分隔板的多孔介质的整个表面的金属化区域；

图 7 是根据本发明的另一个可选的优选实施例的邻近 MEA 的单个多孔介质层的未按比例进行绘制的局部侧剖详图，所述多孔介质层具有沿面对 MEA 的多孔介质层的整个表面且沿面对分隔板的多孔介质表面的金属化区域，其中金属化区域是不连续的；

图 8 示出了用以利用导电金属使多孔流体分配介质的表面金属化

的物理气相沉积设备;

图 9 是曲线图, 图中对通过接触现有技术的多孔流体分配介质的现有技术的未经涂覆的 317L 不锈钢板与通过根据本发明的具有位于多孔介质层的两个相对表面(其中一个表面面对 MEA 且相对表面面对分隔板)上的金属化区域的燃料电池组件相比较而获得的接触电阻和电压的测量结果进行了对比; 和

图 10 是通过根据本发明的导电流体分配元件获得的接触电阻和电压值的曲线图, 其中阴极入口的相对湿度是变化的以表示总的电池性能。

具体实施方式

对优选实施例的下列描述本质上仅是示例性的且绝不旨在限制本发明及其应用或使用。

本发明涉及一种导电燃料电池元件, 且更具体而言涉及一种用于燃料电池中的改进型流体分配介质元件。为了更好地理解本发明, 此处对背景进行简要描述。图 1 示出了常规的两电池双极燃料电池堆 2, 所述燃料电池堆具有通过导电流体分配元件 8 彼此分开的一对膜电极组件 (MEAs) 4 和 6, 所述导电流体分配元件在下文中被称作双极板 8。MEAs 4 和 6 和双极板 8 在不锈钢夹持板或端板 10 与 12 之间, 且在端部接触元件 14 与 16 之间被叠置在一起。端部接触元件 14 和 16 以及双极板 8 的两个工作面分别包含多条沟槽或通道 18、20、22 和 24 以将燃料和氧化剂气体(即 H_2 和 O_2) 分配至 MEAs 4 和 6。不导电衬垫 26、28、30 和 32 在燃料电池堆的各个部件之间提供了密封和电绝缘。气体可透过传导材料通常是压靠在 MEAs 4 和 6 的电极面上的碳/石墨扩散纸 34、36、38 和 40。端部接触元件 14 和 16 分别压靠在碳/石墨纸 34 和 40 上, 而双极板 8 压靠在位于 MEA 4 的阳极面上的碳/石墨纸 36 上, 且靠在位于 MEA 6 的阴极面上的碳/石墨纸 38 上。氧通过适当的供应管道 42 从贮存罐 46 被供应至燃料电池堆的阴极侧, 而氢通过适当的供应管道 44 从贮存罐 48 被供应至燃料电池堆的阳极侧。另一种可选方式是, 可利用压缩机或鼓风机将环境空气供应至阴极侧作为氧源且将来自甲醇或汽油重整器或类似装置的氢供应至阳极。还将为 MEAs 4 和 6 的 H_2 和 O_2 侧设置排出物管道(未示出)。提供了用于将

液体冷却剂供应至双极板 8 以及端板 14 和 16 的附加管道 50、52 和 54。还提供了用于排来自双极板 8 以及端板 14 和 16 的冷却剂的适当管道，但图中未示出。

图 2 是根据本发明的第一个实施例的可使用的典型双极板 56 的分解视图。双极板 56 包括第一外部金属板片 58、第二外部金属板片 60 和处于第一金属板片 58 与第二金属板片 60 之间的内部隔片金属板片 62。外部金属板片 58 和 60 被制得尽可能薄且可通过冲压或使板片金属成形的任何其它常规工艺而形成所述外部金属板片。外部板片 58 具有位于其外部上的第一工作面 59，所述工作面面对膜电组件（未示出）且被形成以便提供流场 57。流场 57 由多条槽脊 64 限定，所述多条槽脊在其间限定出多条沟槽 66，所述多条沟槽构成了“流场”，燃料电池的反应剂气体（即 H_2 或 O_2 ）沿蜿蜒的路径从双极板的一侧 68 流动通过所述流场到达双极板的另一侧 70。当燃料电池被完全组装时，槽脊 64 压靠在多孔材料碳/石墨纸 36 或 38 上，所述多孔材料碳/石墨纸进一步压靠在 MEAs 4 和 6 上。为清晰起见，图 2 仅示出了槽脊和沟槽的两个阵列。事实上，槽脊和沟槽将覆盖与碳/石墨纸 36 和 38 接合的金属板片 58 和 60 的整个外面。反应剂气体从沿燃料电池的一侧 68 设置的歧管 72 被供应至沟槽 66，且通过位于邻近燃料电池的相对侧 70 的位置处的另一条歧管 74 离开沟槽 66。

如图 3 最佳示出地，板片 58 的下侧包括多条脊部 76，所述脊部在其间限定出多条通道 78，在燃料电池的操作过程中冷却剂通过所述多条通道。如图 3 所示，冷却剂通道 78 位于每条槽脊 64 下面，而反应剂气体沟槽 66 位于每条脊部 76 下面。另一种可选方式是，板片 58 可以是平的且可在单独的材料板片中形成流场。金属板片 60 与板片 58 相似。板片 60 的内面 61 如图 2 所示。就这方面而言，图中示出了多条脊部 80，所述多条脊部在其间限定出多条通道 82，冷却剂从双极板的一侧 69 流动通过所述多条通道到达另一侧 71。与板片 58 相似且如图 3 最佳示出地，板片 60 的外部侧具有工作面 63。板片 60 被形成以便提供第二流场 65。第二流场 65 由其上的多条槽脊 84 限定，所述多条槽脊限定出构成第二流场 65 的多条沟槽 86，反应剂气体通过所述第二流场。

内部金属隔板片 62 被放置在外部板片 58 与 60 之间且包括位于

其中的多个孔 88 以允许冷却剂在板片 60 中的通道 82 与板片 58 中的通道 78 之间流动，由此打破层状边界层且提供紊流由此增强分别与外部板片 58 的内侧面 90 和板片 60 的内侧面 92 之间的热交换。因此，通道 78 和 82 在由板片 58 和 60 限定出的内部体积处形成相应的冷却剂流场。其它可选实施例（未示出）包括两块冲压板，所述冲压板通过联接工艺联接在一起以形成内部冷却剂流场。

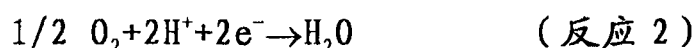
在图 4 中，燃料电池 99，包括与图 1 所示的膜电极组件 6 相似的膜电极组件（MEA）100。MEA 100 包括夹在两个电极 103 之间的膜 102。一个电极 103 是阳极 104 且相对的电极是阴极 106，所述电极分别由导电材料限定边界，所述导电材料已公知为功能与图 1 所示的 38 和 40 相似的“扩散介质”或多孔流体分配介质 107。膜 102 提供了离子传输以有利于在燃料电池 99 中进行反应且在本领域中已公知为离子传导材料。电极 103 所提供的质子传递是通过使每个电极 104、106 与离子聚合物膜 102 之间产生紧密接触而为这种质子和所进行的传递提供基本上连续的聚合物接触从而实现的。电极 103 优选被良好地粘结至膜 102。

在所示出的本实施例中，有两个流体分配介质层 107 存在于 MEA 100 的每侧处。第一流体分配介质层 120 面对阳极 104，且第二流体分配介质层 122 面对阴极 106。第一流体分配介质层 120 包括第一表面 124 和与第一表面 124 相对的第二表面 126。同样，第二流体分配介质层 122 包括第三表面 128 和相对的第四表面 130。第一流体分配介质层 120 邻近 MEA 100，其中第一介质层 120 的第一表面 124 面对且优选接触阳极电极 104。第二分配层 122 同样沿相对的阴极 106 侧邻近 MEA 100，其中第二介质层 122 的第三表面 128 面对且优选接触阴极 106。流体分配层 107 优选接触相应的电极 103 以形成一个或多个电接触区域 129。

每个多孔介质层 120、122 由 MEA 100 和集流器分隔板基板（与图 1 所示的 8 和 16 功能相似的基板 132 或 134）限定边界或被夹在所述 MEA 与所述集流器分隔板基板之间。多孔介质层 107 用于（1）将气体反应剂分配在 MEA 100 的整个表面上、分配在集流器 132、134 的槽脊 136 之间和所述槽脊下面，并且（2）收集来自 MEA 100 的电流。第一分隔板 132 的表面或基板（例如双极板例如图 1 所示的 8 和

图 2 所示的 56) 138 邻近且接触第一流体分配介质层 120 的第二表面 126, 且第二分隔板 134 的表面 140 邻近且接触第二流体分配介质层 122 的第四表面 130。根据本发明, 流体分配介质 107 以及第一基板 132 和第二基板 134 优选由导电材料构成且在所述流体分配介质与所述基板之间的一个或多个电接触区域 144 处建立起电接触, 在所述电接触区域处, 在基板片 (132 或 134) 与相应的多孔介质 107 (120 或 122) 之间形成了导电路径。进一步地, 优选同样建立起穿过多孔介质 107 的体部且穿过电接触区域 129 到达电极 103 的电接触。

在根据本发明的电化学燃料电池 99 中, 总的电化学反应包括对氢进行氧化以形成水的过程。相应的在阳极处进行的反应 (反应 1) 和在阴极处进行的反应 (反应 2) 如下:



其中反应剂燃料是氢且氧化剂包括氧 (例如空气)。在阳极 104 处进行的反应释放出的质子通过质子交换膜 102 迁移穿过 MEA 100 到达阴极 106。在单个简化的燃料电池中, 在阳极 104 处释放的电子优选被传导通过连接至阴极 106 的外部电路 (未示出) 从而形成电流, 正如下面将更详细地进行讨论地。

质子交换膜 (PEM) 102 是本领域公知的阳离子可透过的固体聚合物质子传导再铸离聚物膜或板片, 所述膜或板片具有作为流动离子的 H^+ 离子。阳离子交换质子传导树脂的一大类是所谓的磺酸阳离子交换树脂。这些离子交换膜或板片是本领域公知的。优选的膜 102 是全氟磺酸聚合物电解质膜, 在商业上可从 E. I. DuPont de Nemours & Co. 公司得到商标名为 Nafion® 的所述全氟磺酸聚合物电解质膜。其它相似的膜由 Asahi Glass 和 Asahi Chemical Company 出售。

图 5 最佳地示出了图 4 的一部分的详细视图, 每个电极 103 由支承极细分散的催化颗粒 152 的细分散碳颗粒 150 的相应组群形成, 且质子传导材料 154 与支承催化剂颗粒 152 的颗粒 150 混合。应该注意到, 形成阳极 104 的碳颗粒 150 可不同于形成阴极 106 的碳颗粒 150。此外, 在阳极 104 处的催化剂 152 的成分和/或担载量可不同于在阴极 106 处的催化剂 152 的担载量。尽管碳颗粒 150 和催化剂 152 的特征和担载量对于阳极 104 和阴极 106 而言可能是不同的, 但两个电极

103 的基本结构在其它方面则是大体上相似的。为了提供用于将 H^+ 离子传导至催化剂 152 以进行反应的连续路径, 质子(阳离子)传导材料 154 被分散遍及每个电极 103, 且与碳颗粒 150 和催化颗粒 152 混合且优选被设置在由碳颗粒 150 限定出的多个孔隙中。因此, 在图 5 中, 可以看到质子传导材料 154 包围着碳颗粒 150 和催化颗粒 152。此外, 传导支承体 150 和催化剂颗粒 152 是导电的。

全面地参见图 4 和图 5, 简化的燃料电池 99 通过将电子从在阳极 104 处进行的氢分裂反应(上面的反应 1)借由外部电路(未示出)传递至阴极 106 而进行操作, 正如本领域的技术人员易于意识到地, 在所述阴极处电子通过反应 2 与 H^+ 和 O_2 重新结合。然而, 在燃料电池堆中, 电子传递通过每块双极板(例如 132、134)而发生, 其中燃料电池彼此电联接且优选串联连接以在堆上产生大的电位差。连接至燃料电池堆的端子的导线形成外部电路。因此影响电极 103 的催化剂活性的一个因素是电子被传递到催化剂 152 (除了氧和质子传输以外)的有效性。因此, 本发明在流体分配层 107 与电极 103 的传导颗粒 150 之间提供了降低的接触电阻, 这通过改进向催化剂颗粒 152 进行的电子传递过程而因此进一步转化成对催化剂活性的改进。

进一步地, 本发明的另一个优点涉及燃料电池的水管理。通常, 产物水在燃料电池的反应中产生且在阴极 106 处被排弃, 在所述阴极处, 水通常通过简单流动或蒸发的方式离开。然而, 如果需要, 可提供在水形成时收集水以承载其远离燃料电池 99 的装置。电池中良好的水管理使得能够成功地长期操作电化学燃料电池 99。由于质子(H^+)从阳极 104 传输至阴极 106 使水产生电渗拖曳、在阴极 104 处进行的氧还原反应产生水、入口气体流的加湿条件以及水从阴极 106 向阳极 104 进行的“反向扩散”的原因, 导致载流燃料电池的膜 102 内的水含量产生空间变化。应该注意到, 对于目前采用的 PEM 膜 102 而言, 实现最优效率的优选操作条件包括阴极 106 的出口相对湿度为 100% 或更高。以前为了实现该湿度条件, 阳极 104 和阴极 106 的反应剂流在进入燃料电池 99 之前要受到外部加湿, 这使得有必要使用加湿设备。正如下面将更详细地进行讨论地, 本发明的一个优点在于减少和/或消除了对阴极 106 和/或阳极 104 的入口气体流进行外部加湿的需要。

根据本发明, 多孔流体分配介质 107 包括导电非金属成分。流体

分配介质 107 的第一外表面 170 指的是第一流体分配介质层 120 和第二流体分配介质层 122 的那些表面（即表面 126、130），所述表面接触基板元件板片 132、134。流体分配介质 120、122 的第二外表面 172（即 124、128）暴露于 MEA 100 的主要表面 174。正如本文中使用的，“主要表面”指的是与元件的其它表面相比具有更大的尺寸或表面积的元件表面，例如，具有更大的宽度与高度纵横比的元件，其中对应于元件高度（例如厚度）的侧表面积明显小于该元件的宽度的表面积。

流体分配介质 107 优选是高度多孔的（即约 60%-80%），具有在流体分配介质 107 的本体 178 内形成的多个孔隙 176。当“约”应用于数值时，其表示计算或测量允许数值存在一些微小的不精确性（例如，某种程度上近似为数值的精确值；大约或相当接近该数值；几乎）。如果出于某种原因，“约”所表示的不精确性不是本领域中通常理解的这种含义，则本文使用的“约”表示数值存在达 5%的可能变化。多个孔隙 176 包括多个内部孔隙 180 和外部孔隙 182，所述孔隙通往彼此且在整个本体 178 内形成了从流体分配介质 107 的第一外表面 170 延伸至第二外表面 172 的连续流径或通道 184。内部孔隙 180 位于流体分配介质 107 的体部或本体 178 内且外部孔隙 182 终止于流体介质层 107 的表面如 170 或 172 处。正如本文中所使用地，术语“孔隙（pore）”和“孔隙（pores）”指的是具有多种尺寸的孔隙，包括所谓“大孔隙”（直径大于 50 nm 的孔隙）、“中孔隙”（直径在 2 nm 与 50 nm 之间的孔隙）和“微孔隙”（直径小于 2 nm 的孔隙），除非要不然进行说明，则“孔隙尺寸”指的是包括内部和外部孔隙直径尺寸的平均值或中间值。平均孔隙尺寸优选等效于大于约 2 μm 且小于约 30 μm 的半径。由于这些开口被设置在流体分配介质层 107（例如 120、122）的本体 178 的内部内，因此开口表面被称作内表面 186 或介质内部。

根据本发明，优选的非金属传导流体分配介质 107 包括碳。这种流体分配介质 107 是本领域已公知的，且优选包括碳纤维或石墨。多孔流体分配介质 107 可被制造成纸、纺布、无纺布、纤维或泡沫材料。一种这类已公知的多孔流体分配介质 107 包括孔隙率的体积百分比为约 70%、未压缩厚度为约 0.17 mm 的石墨纸，在商业上可从 Toray Company 得到商标名为 Toray TGPB-060 的所述石墨纸。在优选的燃料电池组

件中, Toray TGPB-060 被用在阳极侧 104 上。另一种优选的多孔流体分配介质 107 具有体积百分比为约 70% 的孔隙率, 且厚度为 0.26 mm, 在商业上可从 Toray Company 得到商标名为 TGPB-090 的这种介质。优选通过将面对 MEA 100 的侧部打磨至 0.17 mm 的最终厚度而对这种流体分配介质 107 进行预处理, 所述侧部被放置在阴极侧 106 上。反应剂流体通过位于第一多孔介质层 120 和第二多孔介质层 122 内的流体流道 184 被输送至 MEA 100, 在所述 MEA 处发生电化学反应且产生电流。

构成分隔板基板 132、134 的优选材料包括传导金属, 例如不锈钢、铝和钛。在优选实施例中, 隔板元件 132、134 的材料是导电的, 且在氧的作用下可能形成金属氧化物。构造分隔板基板 132、134 的最优选的材料是更高等级的不锈钢, 所述不锈钢在燃料电池中显示出高耐腐蚀性, 所述不锈钢例如为 316L、317L、256 SMO、Carpenter 20、Inconel 601、Alloy 276 和 Alloy 904L。

通过接触区域 129 处的导电路径实现的电接触取决于在接触元件 (107 和 103) 的表面 (例如 172 与 174) 的界面处的相对接触电阻。尽管非金属流体分配介质 107 由于其耐腐蚀性、强度、在燃料电池环境中的物理耐久性和低的体电阻而被优选采用, 但已经发现, 非金属流体分配介质 107 与电极 103 或金属基板 132、134 之间的界面可能由于相应材料的不相似性而有助于增加界面处的接触电阻。例如, 相信在这种界面处的金属 (例如基板表面 138、140 或电极中的催化剂颗粒 152) 与非金属材料之间的分子相互作用可能由于相应表面能的差别以及其它的分子和物理相互作用而导致接触电阻的增加。具体而言, 与由相同材料构成但具有与相似的非金属化电接触区域的进行对比的多孔介质的电阻相比, 本发明提供了从电极表面 174 的界面至流体分配介质层 107 的表面 172 的降低的电阻 (即增加了导电率且因此增强了电子传递)。在其它可选的优选实施例中, 本发明通过降低与分别面对 MEA 100 和隔板元件基板 132、134 的流体分配介质层 107 的表面 170、172 之间的界面处的电阻而降低了燃料电池 99 的各个组装部件的总电阻从而进一步从总体上降低了燃料电池组件的电阻。

因此, 本发明提供了涂敷在多孔非金属流体分配介质 107 的孔隙

176 的外表面 181 上以形成金属化区域 188 的传导金属。沿面对 MEA 电极 103 的主要表面 174 的多孔介质层 107 的第二外表面 172 形成金属化区域 188。在第二外表面 172 处与流体分配介质层 107 成一体的金属化区域 188 还被证实与没有金属涂层或金属化区域的流体分配介质层相比持续降低了接触电阻。在本发明的电极 103 与导电流体分配元件 107 的金属化区域 188 的界面处的接触电阻优选小于 $30 \text{ m}\Omega\text{-cm}^2$ 且更优选小于 $15 \text{ m}\Omega\text{-cm}^2$ 。尽管未限制本操作的操作方式,但相信在流体分配介质 107 的接触表面 172 处的传导金属化区域 188 通过提供更导电的界面(通过金属化区域 188)而在接触区域 129 处提供了改进的电界面且进一步可通过接触具有相应相似的分子和物理特征(例如表面能)的更相似的材料(即催化剂金属 152)而受到影响。因此,本发明提供了提高的导电率,且因此可能由于这种提高的导电率而允许具有降低电极 103 中的催化剂 152 的担载量且由此降低燃料电池组件 99 的制造成本的能力。

在根据本发明的一个优选实施例中,金属化区域 188 是超薄的且沿流体分配介质 107 的第二外表面 172 施加所述金属化区域。沉积在金属化区域 188 内的“超薄”传导金属层通常指的是小于约 40 nm,且最优选小于 15 nm 的厚度。沿位于邻近 MEA 100 的电极 103 的位置处的表面 172 的金属化区域 188 的厚度优选小于约 10 nm,更优选在约 2 至约 10 nm 之间,且最优选在约 5 至约 10 nm 之间。已经通过实验发现,最优水管理(在所述情况下保持了足够的水以允许对膜 102 进行加湿,同时水不会溢出电极 103)在某些实施例中对应于沿 MEA 100 的阴极侧 106 的位于多孔介质层 107 上的金属化区域 188 的厚度在约 5 至约 10 nm 之间的那些情况。

金属化区域 188 优选是导电、耐氧化和耐酸的且在某些优选实施例中形成金属化区域的导电金属包括含贵金属的化合物,所述贵金属选自包括下列物质的组群:钌(Ru)、铑(Rh)、钯(Pd)、银(Ag)、铱(Ir)、铂(Pt)、锇(Os)及其混合物。这种化合物可包括以元素形式存在的传导金属,或可包括金属氮化物、金属氧化物和金属碳化物的传导化合物。用于金属化区域 188 的其它优选金属包括那些包括铬(Cr)、钛(Ti)或锡(Sn)的金属。包括这些金属的导电化合物包括,例如,氮化铬(CrN)、掺杂氧化锡(SnO)和掺杂氧化钛(TiO)。

用于金属化区域 188 的最优选的传导金属包括金 (Au)。正如本领域的技术人员认识到地, 传导金属的成分可包括上述金属的混合物。

在图 4 所示的实施例中, 第一流体分配层 120 和第二流体分配层 122 包括位于面对 MEA 100 的表面上的金属化区域 188。然而, 尽管未示出, 但正如本领域的技术人员意识到地, 本发明的其它可选的优选实施例应用于仅在面对 MEA 100 的第一流体分配层表面 124 或第二流体分配层表面 128 的一个表面上具有金属化区域 188, 而不是在第一流体分配层 120 和第二流体分配层 122 上都施加有所述金属化区域的燃料电池组件 99。

图 6 示出了本发明的另一个可选的优选实施例。燃料电池组件 101 的多个方面与前面的实施例例如图 5 和图 6 所示的实施例相同。流体分配多孔介质层 107 的第二表面 172 优选包括与上述相同的金属化区域 188 以降低在多孔介质层 107 与电极 103 之间的接触区域 129 处的电阻。然而, 在本实施例中, 第一外表面 170, 所述第一外表面是与多孔介质层 107 的第二表面 172 相对的侧部, 附加地涂有传导金属以形成一个或多个金属化区域 190。相应的多孔介质层 120、122 的表面 126、130 的金属化区域 190 优选接触金属基板 132、134 以形成电接触区域 144。相信当电流接近与分隔板基板 132、134 上的流场构型的槽脊 136 相关联的离散且不连续的接触区域 144 时, 位于多孔流体分配介质 107 上的金属化区域 188、190 且最具体而言金属化区域 190 提供了穿过介质 107 的本体 178 的更均匀的电流分配。

在另一个可选的优选实施例中, 其中第一外表面 170 包括金属化区域 190, 金属化区域的厚度优选小于 80 nm, 优选小于 50 nm, 且最优选在约 2 至约 10 nm 之间。在本发明的某些优选实施例中, 金属化区域 190 的厚度小于或等于涂层 190 所选用金属的两个原子单层的深度。正如下面将要更详细地进行描述地, 相应的金属化区域 188、190 的优选厚度可能根据应用而有所不同, 且所需厚度与导电率和所需的燃料电池操作条件有关, 所述操作条件包括水管理。然而, 金属化区域 190 的导电金属优选选自与上述用于金属化区域 188 的成分相同的成分。同样, 金属化区域 188 和 190 的传导金属可彼此独立地进行选自或可包括相同成分, 所述相同成分包括相同的导电金属。

传导金属化区域 188、190 优选涂敷外部孔隙 182 的外表面 181

和内部孔隙 180 的表面 186 且延伸进入流体分配介质 107 的本体 178 内，自相应的表面 170 或 172 的延伸深度为至少约 2 至约 10 nm。

图 7 示出了本发明的另一个优选实施例，图中示出了 MEA 100 和燃料电池组件 111 的一半。正如本领域的技术人员意识到地，还可沿 MEA 100 的两侧采用本实施例以形成燃料电池组件 111。MEA 100 包括与前述实施例中所述的元件相同的元件，包括两个电极 103 和膜 102。流体分配介质 107a 包括第一表面 170a 和第二表面 172。面对 MEA 100 的主要表面 174 的第二表面 172 具有优选位于电接触区域 129 处的金属化区域 188，所述金属化区域的形成方式与前面的实施例相同。

流体分配介质 107a 的第二表面 170a 包括与外表面 170a 的导电接触区域 144 对应的多孔介质 107 的离散金属化区域 190a，和与不导电区域对应的非金属化区域 194。导电区域 190a 包括接触槽脊 136 且在接触区域 144 处建立起导电路径的那些区域。在前述实施例中，例如如图 6 所示的实施例中，金属化区域 190 完全覆盖连续的外表面 170，这促进了将电流更均匀地分配在多孔介质 107 的本体 178 内。在图 7 所示的具有对应于电活化接触区域 144 的离散金属化区域 190a 的实施例中，在施加金属化区域 190a 的传导金属时，外表面 170 的导电且非金属化区域 194 被覆盖或遮掩。掩模是施加到基片上且在施加涂层过程中保持稳定的任何材料。通常情况下，掩模材料被选择以允许回收在沉积过程中沉积在掩模上的金属且使所述金属再循环，且所述掩模材料是本领域中已公知的。与本发明相适应的优选的掩模材料包括，例如金属如不锈钢和钛、或硅和氧化铝基的陶瓷。

可采用多种沉积方法施加形成流体分配介质 107 的金属化区域(例如 188、190、190a)的传导金属成分。现在将结合图 8 对一种优选的将金属化区域 188、190 的传导金属沉积到流体分配多孔介质 107 上的方法进行描述。为了将传导金属沉积到基片上，采用离子辅助的物理气相沉积(PVD)方法。

在图 8 中，利用离子辅助 PVD 设备 236 施加金属化区域 188、190 的传导金属成分。设备 236 包括沉积室 238 和两个电子枪 A 和 B 以沉积金属涂层。设备 236 还包括允许设备在超高真空状态下进行操作的涡轮泵。要涂敷传导金属的基片被首先置于“负载锁定”室 237 中，在所述室中压力在约 10^{-5} 至 10^{-6} 托(Torr)或 1.3×10^{-3} Pa 至 1.3×10^{-4}

Pa 之间。基片随后被传递至沉积室 138。一旦基片被置于室 238 中，压力被降低至约 10^{-9} Torr (1.3×10^{-7} Pa)。室中的第一坩锅 240 保持被沉积的金属。如果要沉积金属或贵金属的组合，则通过第二坩锅 242 保持第二金属。例如，第一坩锅 240 包含沉积作为第一层的第一金属（例如钛）且坩锅 242 包含被沉积在第一层上形成第二层的第二金属（例如金）。可采取的另一种可选方案可以是同时沉积金属的组合。贵金属以 0.10 nm/s 的速度被沉积在基片上达小于 80 nm 的厚度，通过本领域公知的厚度监控器观察所述厚度。金属化区域 188、190、190a 可具有沉积到基片上的具有小于 80 nm、优选小于 40 nm 且最优选为约 2 nm 至约 10 nm 的超低厚度的传导金属。当金属化区域 188、190 具有至少约 2 nm 的厚度时，担载量优选为 0.02 mg/cm^2 。本工艺可能仅涂敷极薄的层（即尺寸为 2-20 nm 的超薄层），由此实现相对均匀且良好的表面覆盖情况和良好的粘结性能。因此，利用离子辅助的 PVD 设备 236 允许以非常平滑、均匀且以薄层的形式将导电金属沉积在基片上。

尽管未示出，但也适用于本发明的另一种优选的 PVD 方法是磁控溅射，其中在氩离子气氛中用溅射枪轰击金属靶（用于金属化区域 188、190、190a 的传导金属），同时对基片进行充电。溅射枪形成了金属颗粒和氩离子的等离子体，所述等离子体在动力作用下被传递以涂敷基片。施加根据本发明的金属涂层 188、190、190a 的其它优选方法包括电子束蒸发，其中基片被包含在真空室中（压力处于约 10^{-3} 至 10^{-4} Torr 或约 1.3×10^{-1} Pa 至 1.3×10^{-2} Pa 之间）且金属蒸发剂受到带电电子束的加热，其中金属蒸发剂产生蒸发且随后冷凝在靶基片上。还可通过电镀（例如电解沉积）、无电镀覆、化学气相沉积或脉冲激光沉积施加金属化区域 188、190、190a 的传导金属。

本发明的优选实施例提供了穿过分隔板基板 132、134 且穿过具有金属化区域 188、190、190a 的多孔介质 107 至 MEA 100 的低接触电阻。在燃料电池处于压缩力作用下的情况下，穿过整个燃料电池（从分隔板到分隔板）的接触电阻优选小于 $100 \text{ m}\Omega/\text{cm}^2$ ($\text{m}\Omega/\text{cm}^2$) 且更优选小于 $80 \text{ m}\Omega/\text{cm}^2$ 。进一步地，根据本发明的某些优选实施例的导电基板元件 132、134 不需要在其被引入本发明的燃料电池组件（例如 99、101、111）内之前沿接触表面 138、140 从金属分隔板基板 132、

134 上去除钝化层（即金属氧化物层）。通常，接触非金属流体分配层（没有金属化区域 190）的具有氧化物层的金属基板 132、134 产生了不允许的高接触电阻。因此，去除氧化物层的现有技术方法包括多种方法，如阴极电解清洗、机械磨蚀、用碱清洗剂清洗基板以及用酸溶剂或酸洗液进行蚀刻。因此，根据本发明的某些优选实施例可选地消除了从金属分隔板 132、134 的接触表面 138、140 上去除金属氧化物的必要性。

因此，本发明的一个优选方面包括采用包括不锈钢的分隔板元件基板 132、134，其中基板表面 132、134 不需要从接触表面 138、140 上大范围地去除钝化层，例如共同受让的于 2003 年 11 月 7 日申请的美国专利申请 10/704,015 中所披露的那样。由多孔介质 107 上的金属化区域涂层 190 在接触区域 144 的界面处提供的提高的导电率允许使用在接触表面 138、140 处具有天然存在的氧化物层的分隔板元件基板 132、134 中的金属。因此，本发明消除或明显简化了从金属基板 132、134 的接触表面 138、140 上去除一些或大体上所有金属氧化物的成本较高且时间密集的预加工步骤。进一步地，先前讨论的更高等级的不锈钢具有高耐腐蚀性，且因此由于其可承受燃料电池内的腐蚀性环境的能力而可在不进行任何进一步保护性处理的情况下被使用。

本发明还适于与涂敷有导电保护性涂层的分隔板元件基板 132、134 一起使用，所述导电保护性涂层为底层金属基板 132、134 提供的耐腐蚀性。这种涂层可包括耐氧化和耐腐蚀的金属涂层 190 的层（例如 Au、Ag、Pt、Pd、Ru、Rh、Ir、Os 及其混合物）或耐腐蚀的导电聚合物基片，正如本领域中已公知地，所述导电聚合物基片通常包括分散在导电耐腐蚀颗粒的基片中的耐氧化聚合物。保护性涂层优选具有小于约 50 $\Omega\text{-cm}$ ($\Omega\text{-cm}$) 的电阻率且包括分散在整个耐酸耐氧化聚合物基片中的多个耐腐蚀、不溶于酸的传导颗粒（即小于约 50 微米），其中聚合物与颗粒结合在一起且保持所述颗粒处于金属基板 132、134 的表面 138、140 上。涂层包含具有足够传导性的过滤料颗粒以产生不高于约 50 $\mu\Omega\text{-cm}$ 的电阻率，且具有在约 5 μm 与约 75 μm 之间的厚度，所述厚度取决于涂层的成分、电阻率和整体性。交联聚合物优选用于产生不可透过的涂层，所述涂层保护底层金属基板表面以防止

腐蚀剂透过。

传导填料颗粒优选选自包括金、铂、石墨、碳、镍、传导金属硼化物、氮化物和碳化物（例如氮化钛、碳化钛、二硼化钛）、用铬和/或镍进行合金化的钛、钪、铌、锆、稀土金属和其它贵金属。最优选地，颗粒将包括碳或石墨（即六方晶系的碳）。涂层包括重量百分比变化的涂层，所述变化的重量百分比取决于颗粒的密度和传导率（即可使用重量百分比更低的具有高传导率和低密度的颗粒）。包含碳/石墨涂层将通常包含重量百分比为 25% 的碳/石墨颗粒。聚合物基片包括任何不溶于水的聚合物，所述聚合物可形成薄粘结膜且可承受燃料电池的不利的氧化性和酸性环境。因此，这种聚合物，如环氧、聚酰胺-酰亚胺、聚醚-酰亚胺、多酚、氟弹性体（例如聚偏二氟乙烯）、聚酯、苯氧基-酚醛、环氧-酚醛、丙烯酸树脂和尿烷及其它被认为可与本发明一起使用。在这种实施例中，在表面 138、140 被保护性涂层覆盖的情况下，金属基板 132、134 包括涂敷有耐腐蚀保护涂层的易受腐蚀的金属如铝、钛或更低等级的不锈钢。

在本发明的某些实施例中，隔板元件金属基板 132、134 的接触表面 138、140 在被引入导电元件之前优选基本上是清洁的，其中去除了松散粘结的污染物。这种清洗通常用于去除任何松散粘结的污染物，如油、油脂、蜡固体、颗粒（包括金属颗粒、碳颗粒、灰尘和泥污）、硅石、结垢及其混合物。在金属材料的制造过程中引入了许多污染物，且所述污染物在运输或贮存过程中还可能积聚在接触表面 138、140 上。因此，在金属基板 132、134 会被污染物弄脏的环境中尤其优选对金属基板 132、134 的接触表面 138、140 进行清洗。对金属基板 132、134 的清洗可能需要进行机械磨蚀；通过常规碱清洗剂、表面活性剂、弱酸洗涤剂进行清洗；或进行超声波清洗。适当的清洗工艺或清洗工艺顺序的选择是基于污染物和金属的本质进行选择。

现在在将对与本发明的一个优选实施例相关的实验细节进行详细描述。在某些优选实施例中，流体分配介质对于阳极 104 和阴极 106 侧而言是不同的。正如前面描述地，Toray TGPH 060 优选用于阳极侧 104，所述 Toray TGPH 060 的厚度为 0.17 mm，而阴极侧 106 的分配介质是厚度为 0.26 mm 的 Toray TGPH 090。优选通过用聚四氟乙烯（PTFE）涂敷外表面且随后在一侧上打磨至 0.17 mm 的最终厚度而对

Toray TGPH 090 进行预处理。因此,通过离子辅助 PVD 将金沉积到两种类型的 Toray 流体分配介质石墨纸上。在第一个实验中,通过 Teer 磁控溅射系统利用 PVD 将金沉积到 Toray 纸上。Toray 纸被引入真空室内且当真空室中的压力达到 5×10^{-5} 时,进行 Au 的沉积。磁控靶是纯度为 99.99% 的 Au。在 -50V 的偏压下利用 0.25A 的电流进行 1 分钟的 Au 沉积以获得厚度为 10 nm 的金涂层 130。利用磁控溅射系统以 0.16 nm/s 的速度沉积 Au。利用电子探针微分析 (EPMA) 校准样品的厚度。沉积温度为约 25°C 至约 30°C。

如图 9 所示,制备了两个燃料电池组件且对它们进行分析以进行性能比较。如上面的实验中所述,通过将金属化区域沉积到两个相似的 Toray 扩散介质层的两侧上而制备根据本发明的样品 1。在进行金属沉积之前,通过将纸浸在聚四氟乙烯 (PTFE) 中且随后对一侧进行物理打磨以获得约 0.17 mm 的最终厚度而对阴极侧的 Toray 纸 TGPH 090 进行预处理以提供疏水性。涂敷 PTFE 的侧部接触隔板元件 (例如如图 6 所示的 134) 且被打磨的侧部面对 MEA (例如如图 6 所示的 100)。制备在两侧上具有金属化区域的相似的 Toray 扩散介质 TGPH 060。流体分配介质被分别布置在邻近 GORE MEA 5510 的位置处且夹住所述 GORE MEA 5510,所述 GORE MEA 5510 的厚度为 25 μm 且具有 0.4 mg/cm^2 的催化剂担载量,以使得金属化区域接触 MEA 表面。每个 Toray 纸层由不可透过的金属分隔板 (例如如图 6 所示的 132、134) 限定边界、由未经涂覆的且未处理的 317L 不锈钢构成。每个 Toray 扩散介质层的外表面的金属化区域被布置与未处理的不锈钢分隔板接触。

比较对象包括现有技术中由没有任何涂层也没有进行预处理的 317L 不锈钢构成的不可透过的分隔板。如上面刚刚描述地,燃料电池被组装具有相同的用于阳极侧和阴极侧的 Toray 扩散介质,然而,Toray 介质不具有任何金属化区域。每个 Toray 扩散介质被布置夹住 MEA 的相对侧。Toray 扩散介质分别由未经涂覆的且未处理的不锈钢板围绕且与所述不锈钢板接触。

利用电流中断方法通过 Scribner Associate Software 测量燃料电池中的接触电阻。在 100、300、600、800、1000 和 1500 mA/cm^2 范围内的施加电流密度周期内获得测量单位为毫欧平方厘米 ($\text{m}\Omega \cdot \text{cm}^2$) 的接触电阻测量结果。燃料电池在氢与空气的化学计量比为 2/2 且被

加压至 25 psig (约 175 kPa) 的情况下进行操作, 且阳极入口具有 100% 的相对湿度, 阴极入口在干燥状态下 (相对湿度为约 0%) 进行操作。测量的出口湿度为约 (114%)。

从数据中可以观察到, 在整个施加电流周期内, 样品 1 的总电池电阻明显低于比较对象。进一步地, 样品 1 的电池电压在整个实验过程中更高且在对应于典型的燃料电池操作条件的更高的施加电流 ($600\text{--}1000\text{ mA/cm}^2$) 下明显更高。因此, 与现有技术的比较对象相比, 本发明的样品 1 通过所有的施加电流范围内呈现出更高的电压电位和降低的电阻而证实在性能上有了明显改进。

因此, 本发明提供了一种制造燃料电池组件的方法, 所述方法包括将导电金属沉积在导电多孔介质的表面上以形成具有超薄厚度的一个或多个金属化区域。具有金属化区域的表面被放置在邻近 MEA 的电极的位置处。电极与具有金属化区域的表面接触以在基板与多孔介质之间形成导电路径。

本发明的一个优点涉及水管理的改进。如前面讨论地, 燃料电池的最优效率出现在阴极的出口湿度为 100% 的相对湿度或更高的情况下。保持燃料电池内足够的水含量以防止膜产生干燥已典型地成为操作过程中的重要问题, 因此, 阳极和阴极的入口流被加湿, 通常达至少 100% 的目标湿度。在试验时发现, 在样品被制备具有沿 Toray 流体分配介质的两侧的金属化区域 (正如样品 1 的情况) 且燃料电池进行操作以使阴极的典型入口湿度为 100% 的相对湿度 (所述相对湿度为阴极入口湿度的标准目标湿度) 的情况下, 燃料电池被过多的水淹没且在一些情况下水会溢出。因此, 与已公知的现有技术相反地, 本发明减少了对 MEA 的入口反应剂流进行外部加湿的需要。

在图 10 中, 在多个阴极入口相对湿度水平下对样品 1 进行试验以证实本发明有关水管理方面的改进。如前所述, 所使用的燃料电池组件被布置以具有由 Toray 纸夹住且 Pt 催化剂的担载量为 0.4 mg/cm^2 的 Gore MEA 5510, 根据本发明对所述 Toray 纸进行处理以使得因此具有设置在内表面和外表面上的金属化区域, 所述 Toray 纸由未处理的 317L 不锈钢不可透过基板限定边界且与所述基板接触。燃料电池在下列条件下进行操作: 25 psig (约 175 kPa)、氢与空气的化学计量比为 2/2。在所有操作情况下, 阳极入口在 100% 的相对湿度下进行

操作，阴极入口的相对湿度在下列量中产生变化：约 0%（干燥的环境状态）、25%和 50%。前面在 100%的阴极入口的相对湿度下进行的实验证实出现了不可允许的溢出条件，且因此不在所述相对湿度下进行试验。

相对湿度为约 0%的干燥阴极入口证实提供了最佳性能，与在 50%的阴极入口相对湿度下电压仅有 0.5V 的情况相比，所述最佳性能提供了在 1.5 mA/cm^2 的电流密度下为 0.61 V 的电池电压。因此，将阴极的相对湿度从干燥状态增加至 50%，观察到电池性能下降了 200 mV。电池电阻同样较低且在 1.5 mA/cm^2 的电流密度下对于所有湿度值而言保持低于 $80 \text{ m}\Omega/\text{cm}^2$ 。在所有的阴极入口湿度值范围内，阴极出口湿度同样受到监控，如前所述，当阴极出口湿度为 100%或更高时，穿过膜的质子传导率最高。从图 10 中可以看到，对于所有操作情况而言，在阴极出口处的相对湿度远超过了 100%，且所述相对湿度的最低值为 114%，此时阴极入口的相对湿度为 0%。因此，根据本发明，膜在阴极侧上有利的饱和条件下进行操作，而不需要附加的外部加湿。

在一些现有技术的实施例中，用保护性金属涂层涂敷双极板的金属基板具体而言涂敷不锈钢基板会导致对 MEA 产生高度污染，这可能导致催化剂中毒（且因此导致催化剂失活）或导致膜和电极中的质子传导材料在燃料电池的寿命期间全面减活。然而，在不锈钢形成金属氧化物钝化层的情况下，通常不会出现这种污染。因此，本发明的一个附加优点在于可选地利用未处理的不锈钢分隔板，这减轻了 MEA 污染且因此减轻了催化剂中毒的潜在可能以及膜和电极的全面失活。

本发明提供了一种操作燃料电池的方法，所述方法包括将导电多孔介质放置在膜电极组件（MEA）与导电基板之间。多孔介质包括具有超薄金属化区域的第一表面，其中第一表面面对 MEA。第二表面面对传导基板。具有金属化区域的第一表面与 MEA 接触且面对基板的第二表面形成了从基板穿过多孔介质到达 MEA 的导电路径。通常通过在组装的燃料电池堆中的燃料电池上施加压缩力实现该接触。电化学反应在 MEA 中进行，所述电化学反应产生了电子。因此，本方法包括通过导电路径将电子传导到达或离开 MEA，同时对燃料电池进行操作。

反应剂流被引至 MEA 的阴极侧，同时进行反应。反应剂流被输送通过传导多孔介质且在某些实施例中不需要进行外部加湿。在本发明

的某些实施例中，被输送至 MEA 的阴极侧的反应剂流基本上包括环境空气，且未有意对环境空气进行外部加湿，或在其它可选实施例中，环境空气具有低于环境条件的相对湿度。

在其它可选的优选实施例中，被引至 MEA 的阴极侧进行反应的反应剂流在进入处于低于饱和条件下的 MEA 内之前受到外部加湿。在本发明的优选实施例中，被引至 MEA 的阴极侧的反应剂流具有低于饱和水平的水含量。在其它可选的优选实施例中，多孔介质的第二表面进一步包括一个或多个金属化区域，所述一个或多个金属化区域包括导电金属以降低基板与多孔介质之间的电阻率。正如本领域的技术人员意识到地，根据本发明的多孔介质可被布置在 MEA 的两侧上。

根据本发明制备的传导元件为燃料电池提供了高效且优化的燃料电池操作。本发明在非金属多孔流体分配介质与 MEA 的电极之间提供了改进的电界面，这降低了电阻且增加了催化剂活性。这种增加的催化剂活性可降低 MEA 的电极中的催化剂担载量需求且因此降低了制造费用。此外，根据本发明的传导多孔流体分配介质通过消除了对阴极入口流进行外部加湿的需要同时保持了 MEA 中膜的足够水合而改进了燃料电池的水管理。

进一步地，本发明的其它可选的优选实施例同样降低了非金属多孔流体分配介质与隔板元件的金属基板之间的电阻，从而在燃料电池上提供了总的更低的电阻。本发明的金属化区域提供了超薄传导金属涂层，所述涂层充分覆盖流体分配元件的表面从而为导电流体分配元件提供低接触电阻，这改进了燃料电池的总性能。此外，金属涂层的厚度使得制备导电流体分配元件的制造成本最小化。通过消除从金属基板上去除金属氧化物以与流体分配元件形成电界面的步骤而进一步降低了加工成本。改进的电界面降低了接触电阻且促进了更广泛且更均匀的电流分配，这将提高膜和燃料电池堆的操作效率和总寿命。

对以上实施例和方法进行的描述本质上仅是示例性的且因此不偏离本发明的要点的变型旨在落入本发明的范围内。这些变型不被视为偏离了本发明的精神和范围。

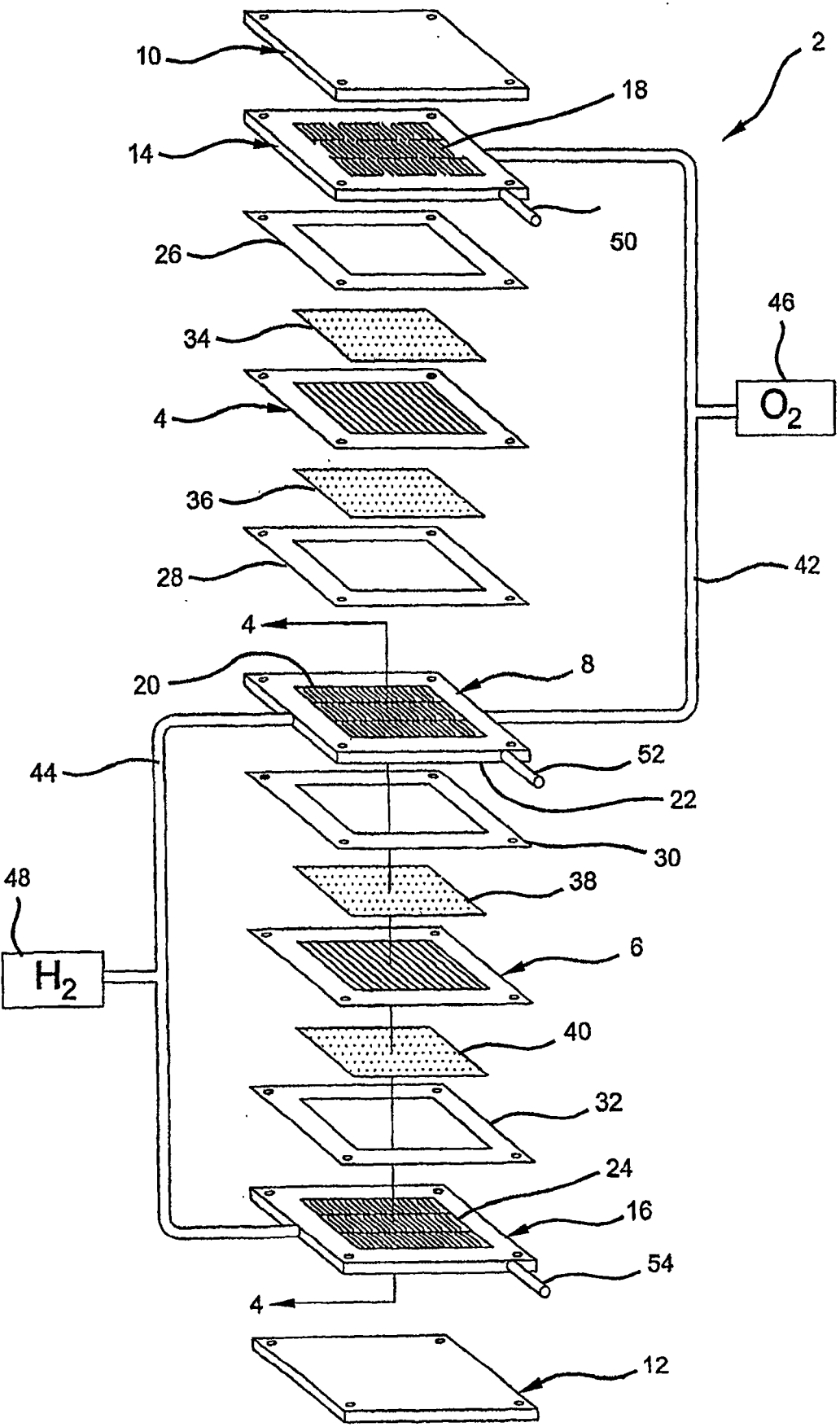


图 1

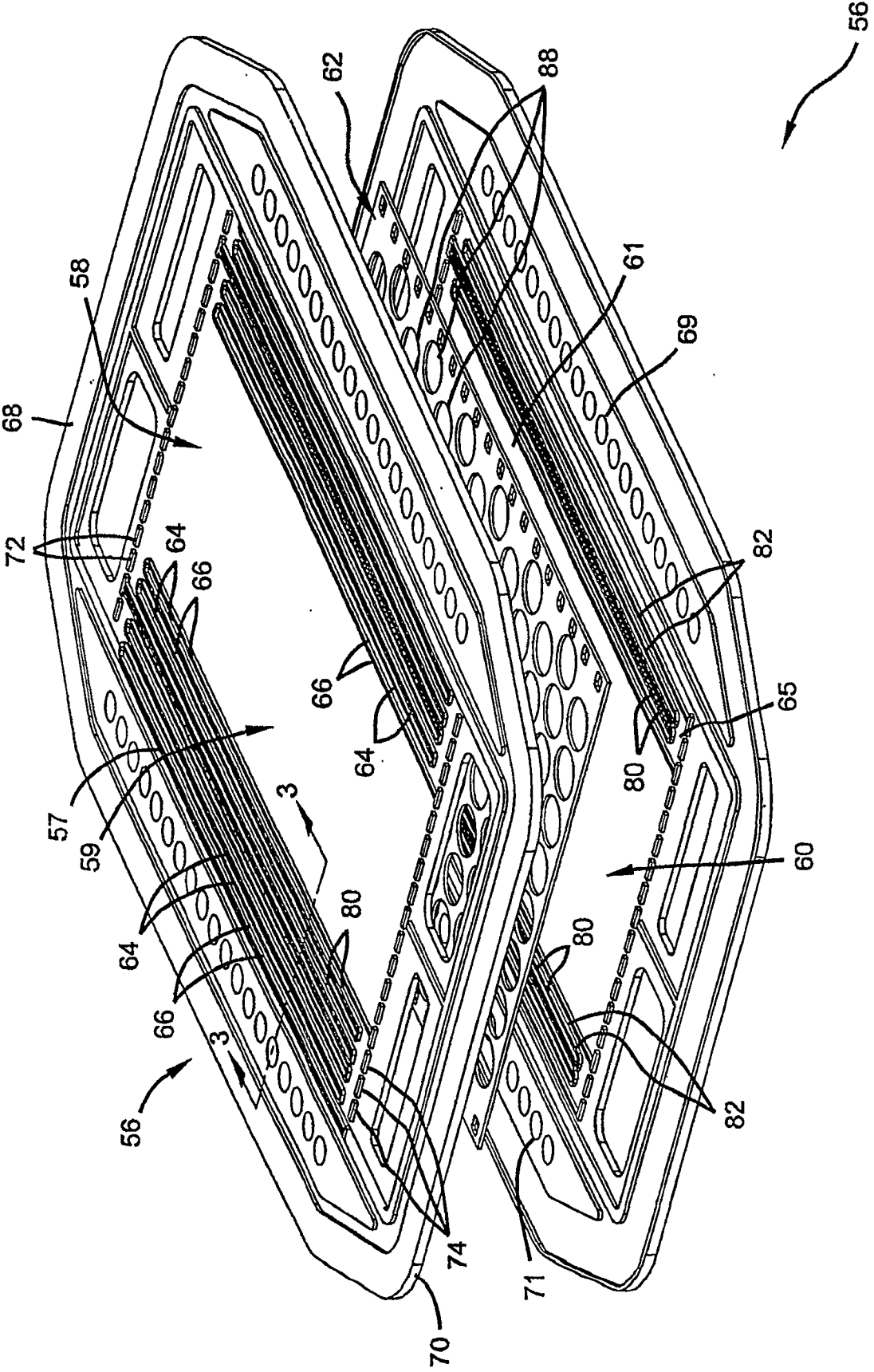


图 2

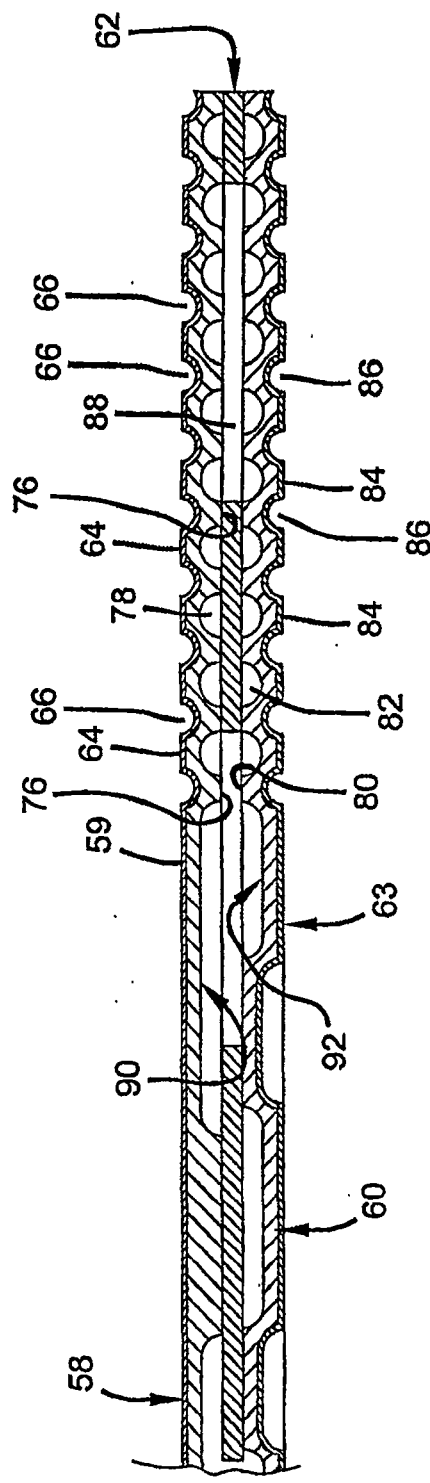


图 3

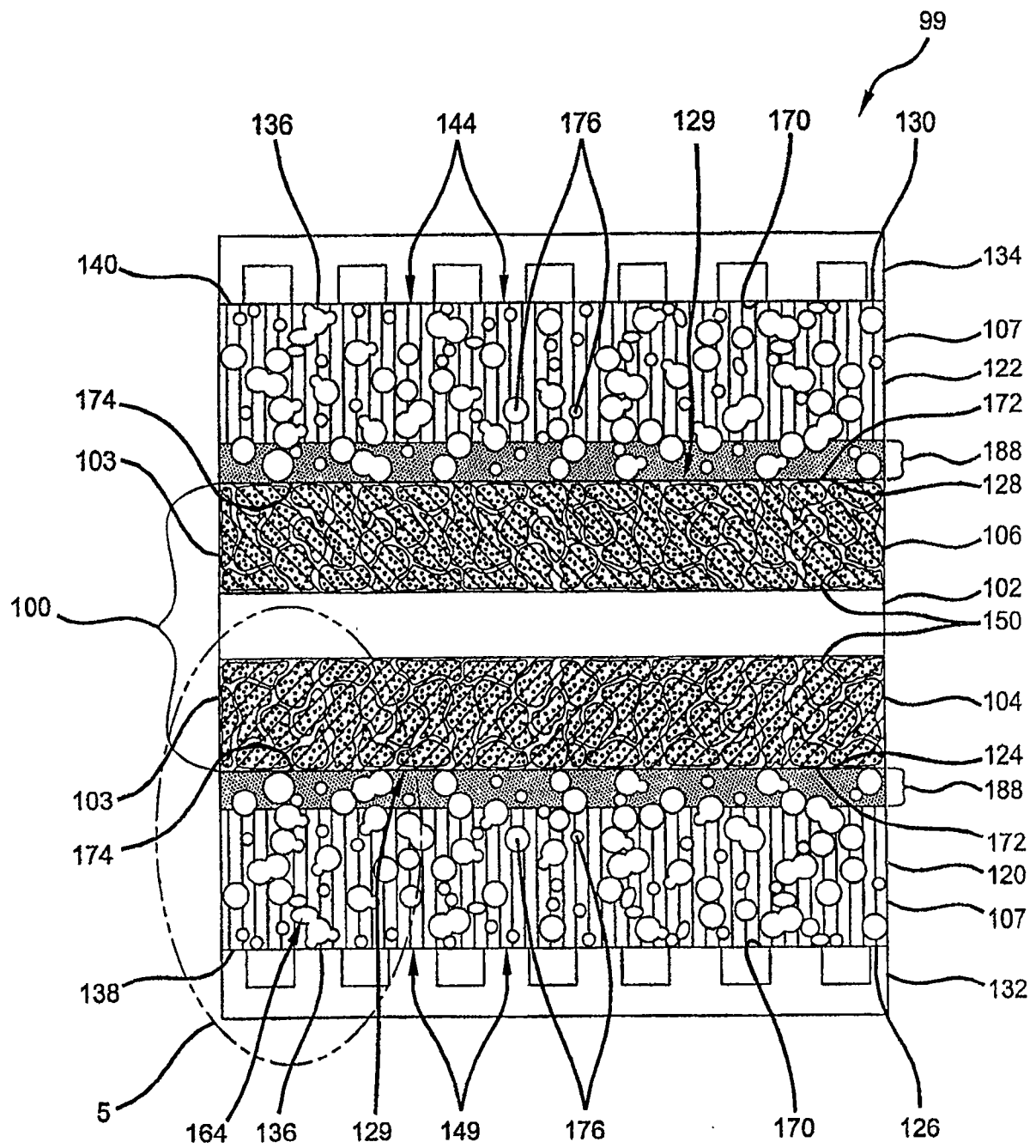


图 4

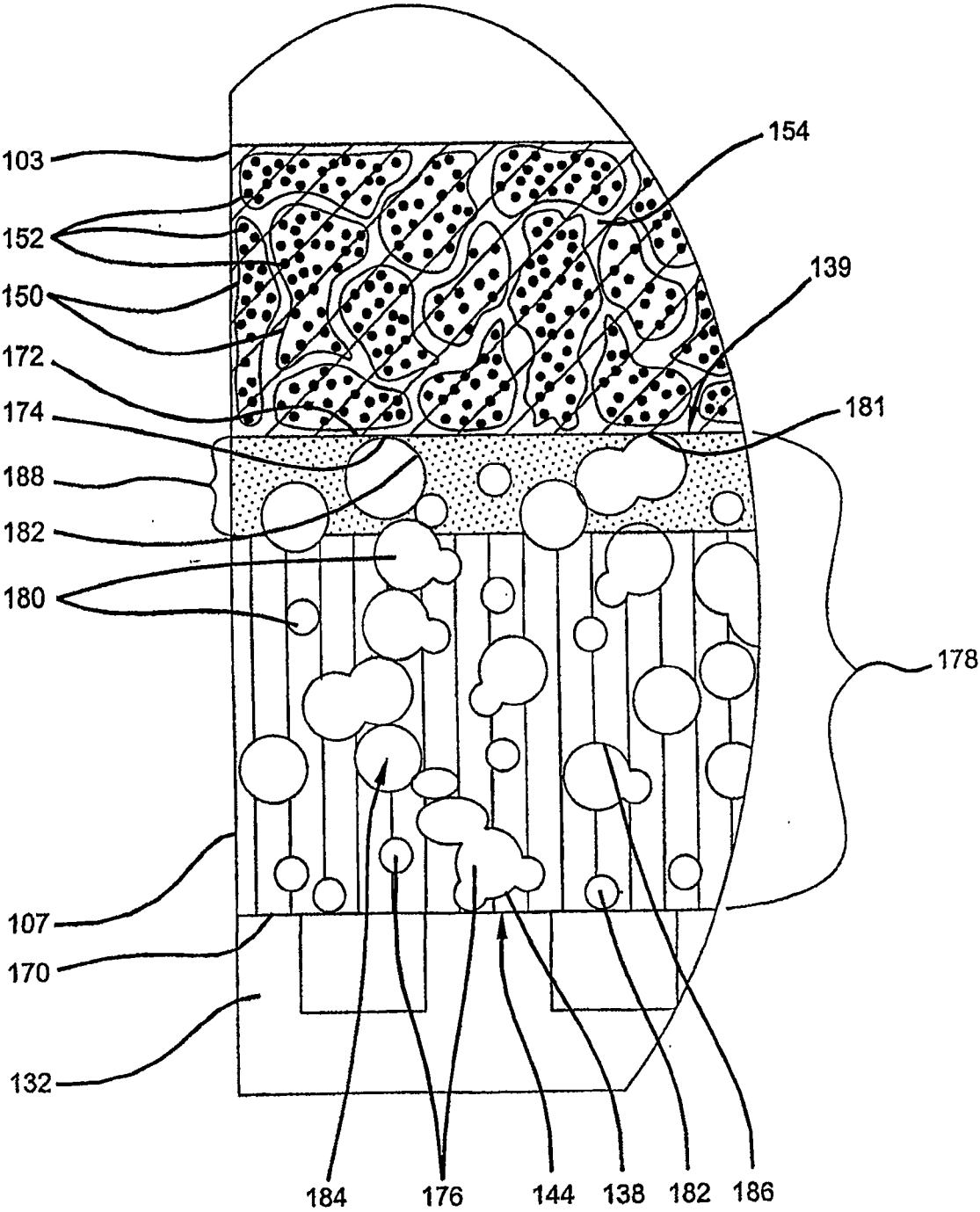


图 5

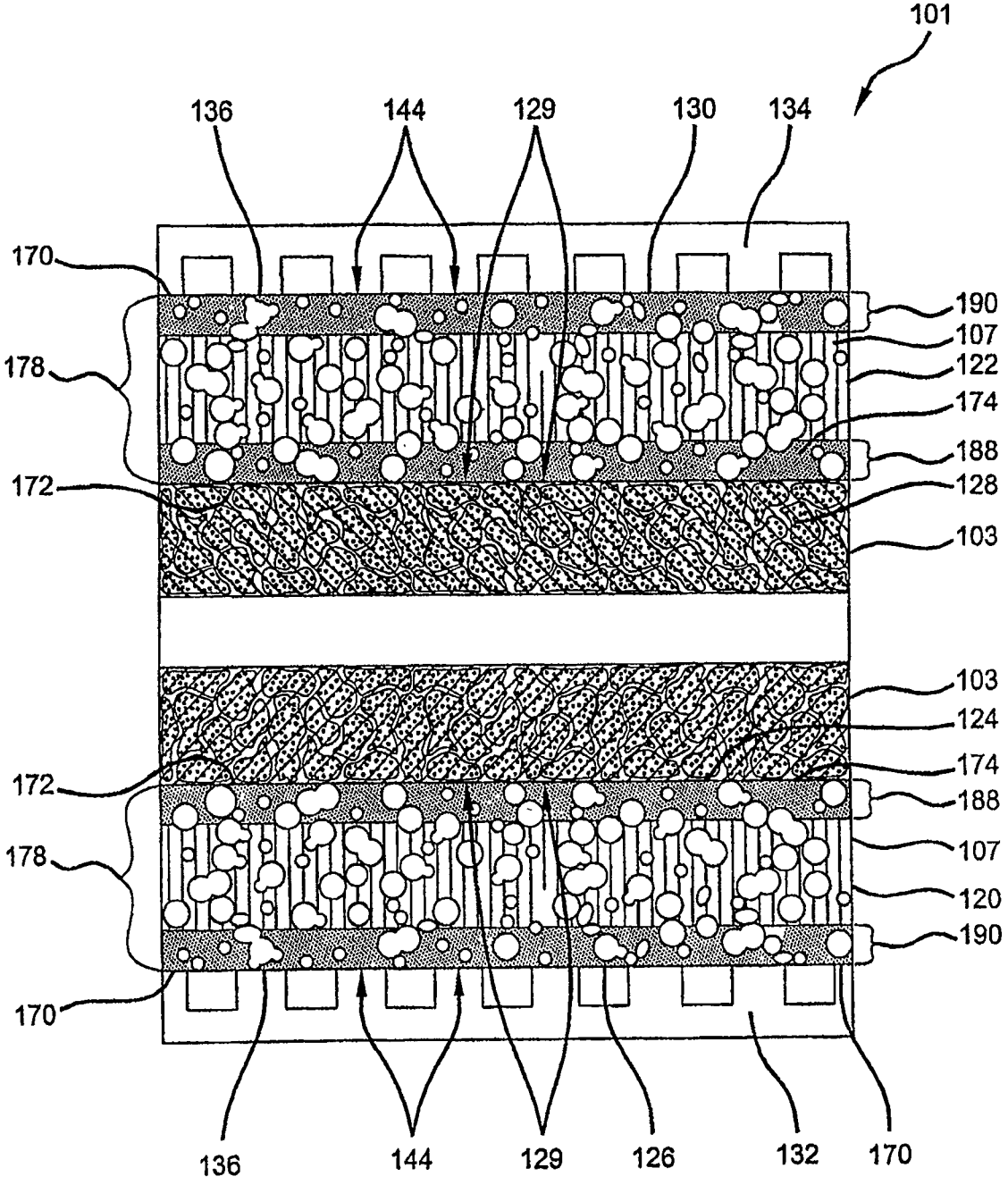


图 6

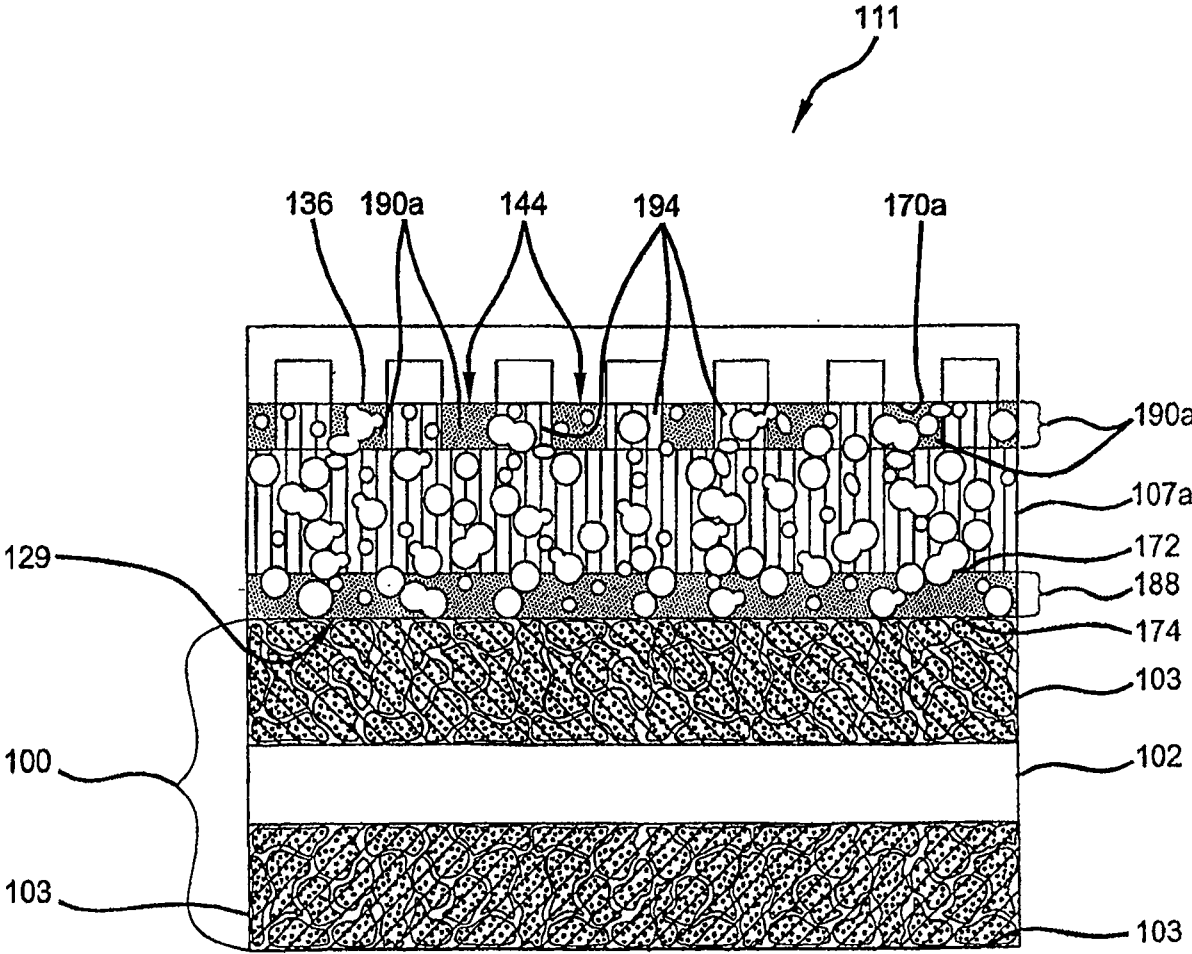


图 7

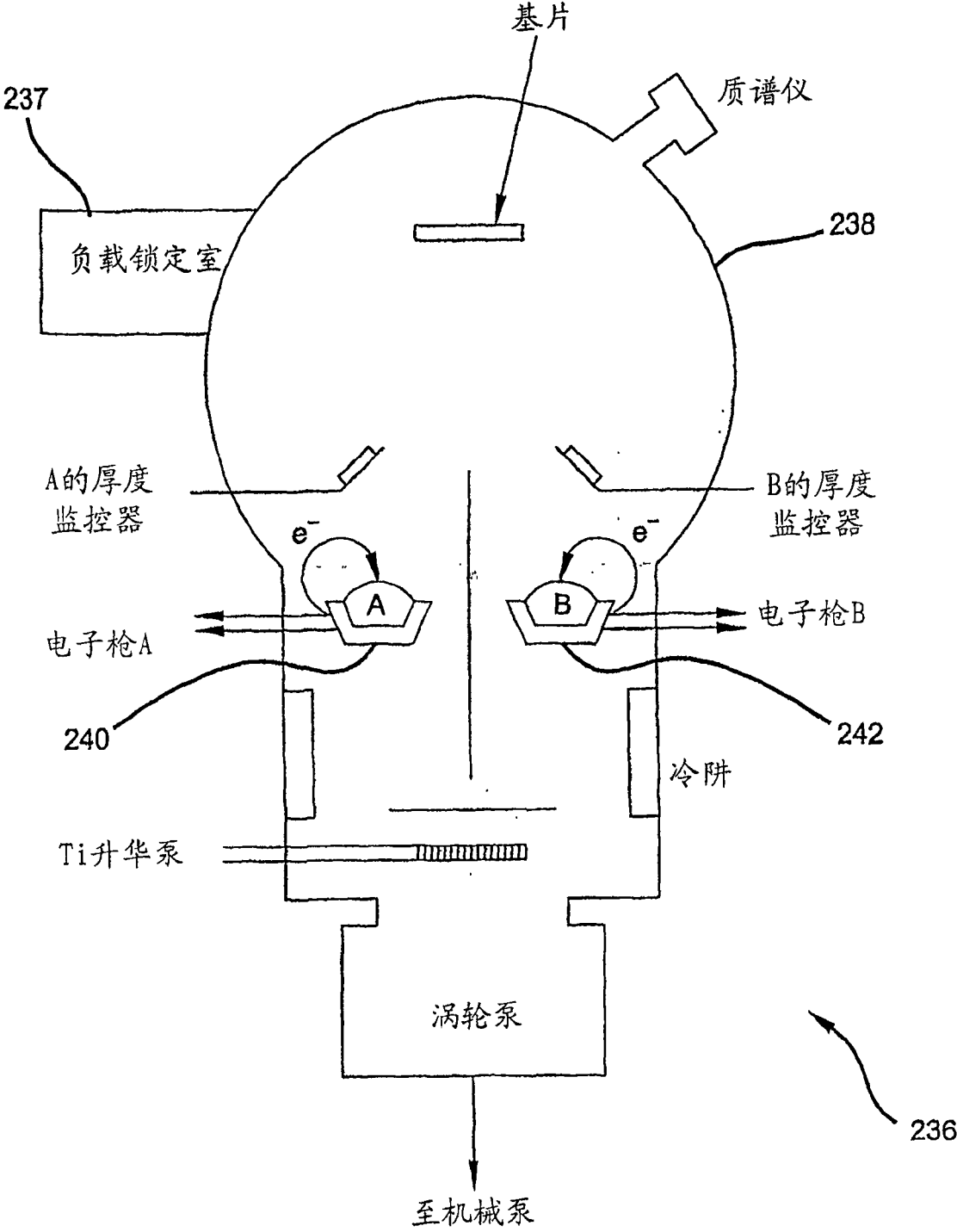


图 8

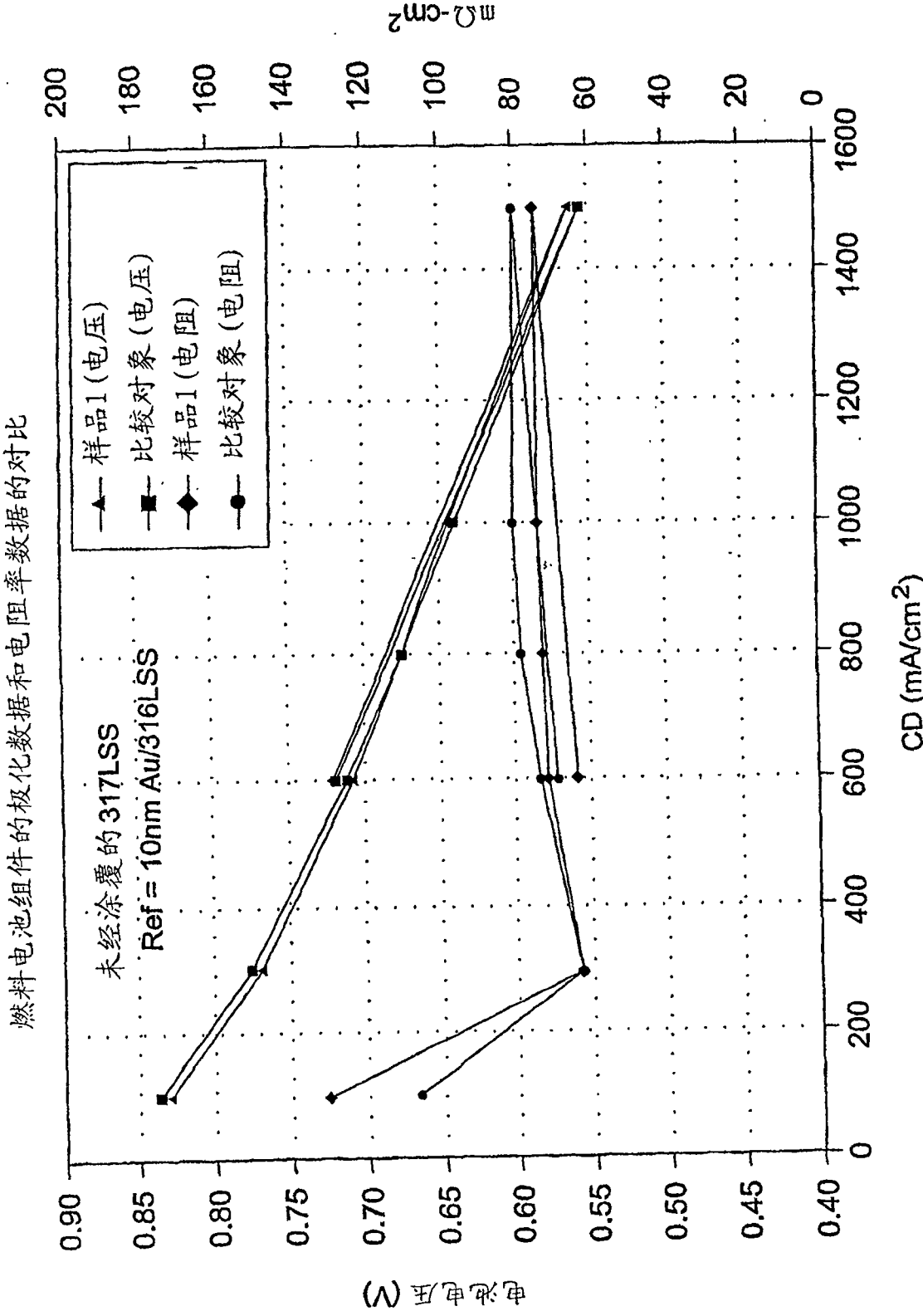


图 9

流体分配的极化数据和电阻率数据

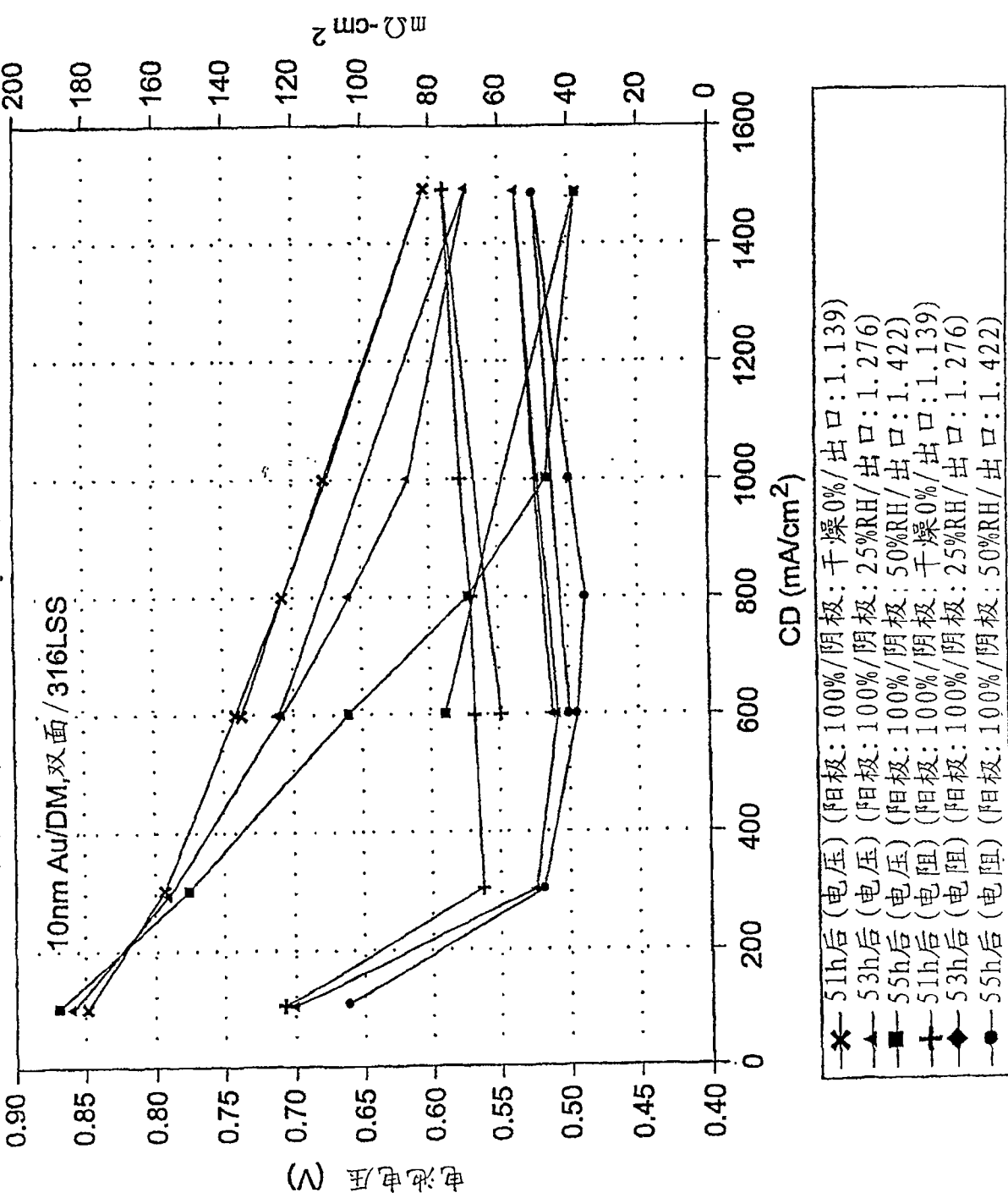


图 10