

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01M 8/02 (2006.01)

H01B 1/24 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01812256.6

[45] 授权公告日 2007年2月28日

[11] 授权公告号 CN 1302571C

[22] 申请日 2001.5.10 [21] 申请号 01812256.6

[30] 优先权

[32] 2000.5.12 [33] US [31] 09/569,897

[86] 国际申请 PCT/US2001/015184 2001.5.10

[87] 国际公布 WO2001/089013 英 2001.11.22

[85] 进入国家阶段日期 2003.1.3

[73] 专利权人 霍尼韦尔国际公司

地址 美国新泽西州

[72] 发明人 Z·伊克巴尔 D·纳拉辛哈姆

T·雷 H·戴 J·V·圭赫恩

J·马特鲁尼希 J·普拉特

[56] 参考文献

US5908585A 1999.6.1

US6103413A 2000.8.15

WO9743116A 1997.11.20

审查员 于光

[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 章社杲

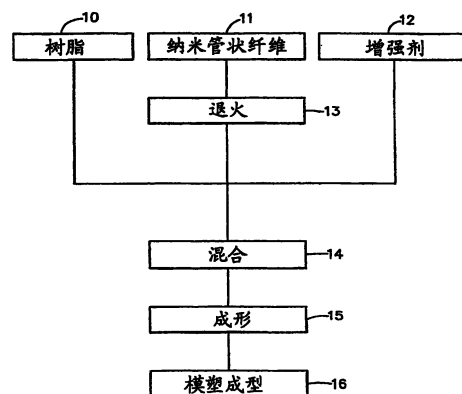
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 8 页

[54] 发明名称

燃料电池双极板

[57] 摘要

一种在质子交换膜燃料电池中的导电板，包括由树脂和多条碳纳米管状纤维制成的合成物，所述碳纳米管状纤维具有至少约 1nm 并且高至约 300nm 的平均直径。碳纳米管状纤维的含量不超过 85wt%。树脂可以是热塑型、氟化型、热固型和液晶型。



1. 一种在质子交换膜燃料电池中的双极板，其包括由树脂和多条碳纳米管状纤维制成的合成物，所述碳纳米管状纤维具有至少 1nm 至 300nm 的平均直径，并且所述多个碳纳米管状纤维包括多壁石墨管，此多壁的石墨管含有多个直径增加的共轴圆柱体，所述碳纳米管状纤维占 10wt%-85wt%。

2. 根据权利要求 1 所述的双极板，其中所述树脂是选自包括热塑性树脂类型、氟化树脂类型、热固性树脂类型以及液晶类型的组。

3. 根据权利要求 1 所述的双极板，其中所述树脂是选自包括聚丙烯共聚物、高密度聚乙烯、聚丙烯腈、聚偏二氟乙烯、聚氯三氟乙烯、聚醚醚酮、聚碳酸酯、聚苯醚、聚酯酰胺、环氧、沥青和乙烯基酯树脂的组。

4. 根据权利要求 1 所述的双极板，其中所述圆柱体彼此隔开 0.34nm。

5. 一种在质子交换膜燃料电池中的双极板，其包括由树脂和多条碳纳米管状纤维制成的合成物，所述碳纳米管状纤维具有至少 1nm 至 300nm 的平均直径，并且所述多个碳纳米管状纤维包括单壁的、以绳的形式捆在一起的石墨管，所述碳纳米管状纤维占 10wt%-85wt%。

6. 一种用于质子交换膜燃料电池中的带有模制通道的双极板，包括由树脂和多条碳纳米管状纤维制成的合成物，所述碳纳米管状纤维的含量不超过 85wt%，并且所述多个碳纳米管状纤维包括多壁石墨管，此多壁的石墨管含有多个直径增加的共轴圆柱体，所述碳纳米管状纤维具有 0.5nm - 300nm 的平均直径。

7. 根据权利要求 6 所述的双极板，其中所述碳纳米管状纤维占 7wt%-85wt%。

8. 根据权利要求 6 所述的双极板，其中所述碳纳米管状纤维具有 1 μ m - 1000 μ m 的平均长度。

9. 根据权利要求 6 所述的双极板，其中所述圆柱体彼此隔开 0.34nm。

10. 根据权利要求 6 所述的双极板，其中所述碳纳米管状纤维已经在 300 $^{\circ}$ C - 3000 $^{\circ}$ C 下进行热处理。

11. 根据权利要求 6 所述的双极板，其中所述树脂是选自包括

聚丙烯共聚物、高密度聚乙烯、聚丙烯腈、聚偏二氟乙烯、聚氯三氟乙烯、聚醚醚酮、聚碳酸酯、聚苯醚、聚酯酰胺、环氧、硅橡胶、沥青和乙烯基酯树脂的组。

12. 根据权利要求 6 所述的双极板，其中所述合成物还包括增强剂。

13. 根据权利要求 12 所述的双极板，其中所述增强剂选自包括碎玻璃纤维、碎碳纤维、碳纤维毡片以及经处理的碳纳米管状纤维的组。

14. 一种用于质子交换膜燃料电池中的带有模制通道的双极板，包括由树脂和多条碳纳米管状纤维制成的合成物，所述碳纳米管状纤维的含量不超过 85wt%，并且所述多个碳纳米管状纤维包括单壁的、以绳的形式捆在一起的石墨管，所述碳纳米管状纤维具有 0.5nm - 300nm 的平均直径。

燃料电池双极板

技术领域

本发明一般涉及燃料电池，尤其涉及改进的双极板及其制造方法，所述双极板耐腐蚀，具有好的导电性，并且制造成本低。

背景技术

燃料电池是电转化装置，该装置使燃料与氧化剂在催化作用下进行电化学反应以产生直流电。燃料电池包括限定了氧化剂用通路的阴极和限定了燃料用通路的阳极。固体电解质夹在阴阳极之间并且把阴极与阳极隔开。各电化学电池通常产生相对较小的电压。因此，为了获得有用的更高电压，将各电化学电池串联在一起形成电池组。以在相邻电池的阴极和阳极之间进行电互连的方式实现在电池之间的电连接。典型地包括在电池组中的是输送管或支管装置，用于将燃料和氧化剂导入电池组或从电池组中导出。

燃料和氧化剂流通常是气体并且持续通过分开的通路。电转化发生在气体、电极（阴极和阳极）和电解质的三相界面处或其附近。燃料与氧化剂电化学反应，产生 DC 电输出。阳极或燃料电极在发生电化学反应的燃料侧上提高了速率。阴极或氧化剂电极在氧化剂侧上作用相似。

一种类型的燃料电池是质子交换膜（“PEM”）电池。在这种燃料电池中，质子交换膜（“PEM”）位于两个电极（阴极和阳极）之间，形成了层叠状组件，这经常称作“膜电极组件”。两电极各由可渗透液体和气体的多孔材料的薄板构成。两电极位于质子交换膜的各侧上，这样各电极的一个表面邻接催化层。

各电极的剩余表面分别邻接非多孔、可渗透气体的导电板。导电板具有用于气体流动的通道或流场，并且用作支管以将燃料气分布于邻接的电极。两个导电板通过外部电路电连接在一起。

氢燃料气流经在阳极侧上的导电板中的凹槽，通过阳极扩散，与催化剂反应，生成自由电子和 H^+ 离子。电子借助外部电路流到阴极， H^+ 离子通过 PEM 迁移到阴极。氧气流经在阴极侧上的导电板的凹槽并与 H^+ 离子和自由电子反应，形成液态水。

在燃料电池组中，由于导电板一面接触阴极、另一面接触阳极，因此经常被称作双极板。因此在电池组中，各双极板将电流从一个电池的阳极引导到邻接电池的阴极。它通过在电池组端部的两个板（称作端板或集流体）收集电流。电池组的设计取决于加厚板的数量，所述加厚板包括在极板厚度方向上的冷却剂流体通道，其用于将电池组的温度控制在约 85°C。

然而，在 PEM 燃料电池环境中，由反应形成的气体和水会腐蚀双极板。因此，除了具有足够的导电性之外，双极板还必须耐腐蚀，以便在超过燃料电池的工作寿命时仍保持充分的导电性和尺寸的稳定性。

石墨双极板显示出了充分导电和耐腐蚀的性能。然而，石墨板一般需要几个制造步骤，例如用酚醛树脂增稠，接着高温碳化。另外，通常来说，石墨双极板相对易碎，尤其在燃料电池组中形成为薄片的时候，并且由于采用石墨不可能进行板的近似网状制造，因此需要高成本的机械加工以形成流场。

在美国专利 US4124747 中示出了采用石墨的例子。其中应注意，聚合物塑料的原成分加入有导电固体例如碳黑、石墨，具有较差的机械性能并且是多孔的细碎的金属。特别是，认为热塑性聚合物和导电填充剂不适用于复杂的应用例如燃料电池。然而在本发明中，由结晶丙烯-乙烯热塑性共聚物和每 100 重量份的共聚物中至少 30 重量份的碳黑和/或石墨的混合物制成双极板。在高剪切力和至少 100°C 的温度下制备混合物以使共聚物的降解最小化。所得产品具有从约 0.5 至 10 欧姆-厘米的电阻率。未示出燃料电池测试数据。所示出的电阻率水平对于在燃料电池中各板的使用来说可能过高。因此需要更高的碳加入量，排除了采用高的剪切混合。

采用带有热塑性聚合物的石墨作为双极板的另一个例子是美国专利 US4339322。石墨和热塑性氟聚合物以从 2.5:1 至 16:1 的重量比混合。添加碳纤维以增加强度和导电性。优选纤维是平均直径为 0.05 英寸的锤式粉碎纤维。通过加压成型形成最终的双极板，并具有低至约 1.9×10^{-3} 欧姆/英寸的电阻率。虽然可以通过此方法提高机械强度，但是采用加压成型可能在纤维和聚合物基质的之间的界面处留下孔隙。

在美国专利 US4098967 中，由含 40-80vol%碳的玻璃态碳或玻璃碳填充的塑料制成铅酸电池用双极板。该塑料包括热塑性塑料和氟碳塑料。但应注意，玻璃碳的导电率基本上低于碳黑或石墨的导电率，因此需要很大的加入量。最终产品具有大约 0.0002ohm-cm 的比电阻。在此设计中，加压成型和高碳加入量的采用可能导致差的机械性能和相对高的孔隙率。

在另一种铅酸电池的情况下，美国专利 US5141828 公开了一种用于双极板的热塑性聚合物（如聚乙烯）和均匀分散的碳黑的混合物。碳黑大约为 20-40wt%。将聚合物和碳黑混合在溶剂中，然后蒸发溶剂，研磨所得到的混合物以形成粉末。然后，将粉末加压成型为板状。在表明该板具有低内阻的同时，没有公开定量的细节。相对低的碳含量在加压成型方面可提供更好的机械性能，但是对于燃料电池工作而言，电阻率水平可能过高。

在美国专利 US4758473 中公开了一种用于溴化锌电池的石墨粉末双极板。注意到原有玻璃碳双极板较脆、昂贵并且化学性能不稳定。还注意到，由石墨和热塑性氟聚合物以及玻璃态碳和塑料制成的原有双极板不能提供低成本、耐久力和好的导电性。因此，在本发明中，加热处理石墨高达大约 800℃。然后将加热处理后的石墨与热塑性树脂以 1:5 至 1:1 之间的重量比混合。然后在 190℃对混合物加压成型。没有提供电的数据，在 800℃下的退火不可能足够高而使所采用的石墨的导电性得以改善。

在美国专利 US5173362 中公开了另一种采用带聚合物基质（例如，聚乙烯共聚物）的碳黑用于其双极板的溴化锌电池。碳黑大约为 5-40wt%。将“长或连续的纤维”（例如玻璃纤维团）加入到混合物中以提供增强作用。双极板的电阻率约为 1.23 欧姆/厘米，这对于 PEM 燃料电池工作而言可能过高。另外，所描述的方法可能难以普及。

美国专利 US5863671 示出了由叠层构成的双极板，此叠层包括夹在金属或导电陶瓷或导电塑料的导电片之间的非导电塑料或陶瓷的芯。典型的，此金属是由氮化钛涂层保护的钛。未给出导电塑料元件的细节。在一种形式下采用的涂覆钛可能具有腐蚀和成本的问题。

过去曾用贵金属例如铂和金代替石墨和碳黑。它们在双极板中显示出所需性能。但是采用它们价格太惊人了。

可以看出，需要一种提高了导电性并同时保持机械性能的双极板，以及以薄部件制造此双极板的方法，用于可行的 PEM 燃料电池。需要双极板具有充分的导电性、耐腐蚀、制造成本低。还需要双极板具有好的机械强度并且在燃料电池工作状态下可透过氢和空气。

发明概述

在本发明的一方面，在质子交换膜燃料电池中的导电流场板包括由树脂和多条碳纳米管状纤维制成的合成物，所述碳纳米管状纤维具有从至少约 1nm 至约 300nm 的平均直径，并且所述多个碳纳米管状纤维包括多壁石墨管，此多壁的石墨管含有多个直径增加的共轴圆柱体，所述碳纳米管状纤维占 10wt%-85wt%。

在本发明的另一方面，提供一种在质子交换膜燃料电池中的双极板，其包括由树脂和多条碳纳米管状纤维制成的合成物，所述碳纳米管状纤维具有至少 1nm 至 300nm 的平均直径，并且所述多个碳纳米管状纤维包括单壁的、以绳的形式捆在一起的石墨管，所述碳纳米管状纤维占 10wt%-85wt%。

在本发明的一方面，在质子交换膜燃料电池中的导电流场板包括由树脂和多条碳纳米管状纤维制成的合成物，所述碳纳米管状纤维具有从至少约 1nm 至约 300nm 的平均直径，并且所述多个碳纳米管状纤维包括多壁石墨管，此多壁的石墨管含有多个直径增加的共轴圆柱体，所述碳纳米管状纤维具有 0.5nm - 300nm 的平均直径。

在本发明的另一方面，提供一种用于质子交换膜燃料电池中的带有模制通道的双极板，包括由树脂和多条碳纳米管状纤维制成的合成物，所述碳纳米管状纤维的含量不超过 85wt%，并且所述多个碳纳米管状纤维包括单壁的、以绳的形式捆在一起的石墨管，所述碳纳米管状纤维具有 0.5nm - 300nm 的平均直径。

在本发明的另一方面，在质子交换膜燃料电池中采用的带有模制通道的导电板包括由树脂和多条碳纳米管状纤维制成的合成物，所述碳纳米管状纤维的含量不超过大约 85wt%。

在本发明的再一方面，提供了一种制造质子交换膜燃料电池用导电板的方法，包括：混合碳纳米管状纤维和树脂的混合物，所述碳纤

维约占 7-85wt%；使混合物成型。优选地，碳纤维约占 10-50wt%，并且将混合物注塑以得到接近网状的流场双极板。参考附图、说明书和技术方案，更好地理解本发明的这些和其他特点、方面和优点。

附图的简要说明

图 1 是根据本发明实施例的方法的流程图；

图 2A 是单壁碳纳米管状纤维的半球形顶部和绞线的示意性侧视图，此管状纤维的一端戴帽，另一端打开，根据本发明这种纤维是可用的；

图 2B 是可以根据本发明采用的敞开的单壁碳管状纤维束的示意性端部、截面图；

图 2C 是可以根据本发明采用的具有七个同心壁的多壁碳纳米管状纤维的示意性横截面图；

图 3 是根据本发明的两个实施例和原有技术的石墨粉复合材料的一个实施例、通过板的表面比电阻(欧姆·平方厘米)相对于 2mm 厚、面积为 58cm²的双极板碳纳米管状纤维的加入量(wt.%)的曲线；

图 4 是利用根据图 3 所示的本发明的实施例之一的双极板，单个

PEM 燃料电池电位相对于电流密度的曲线;

图 5 是利用由其孔隙中填充了碳化酚醛树脂的纯石墨制成的双极板电池电位(伏特)相对于电流密度的曲线;

图 6 是利用显示出在长达 500 小时的周期内进行测试的数据的根据本发明的实施例之一的双极板的电池电位(伏特)相对于电流密度的曲线。

本发明的详细描述

尽管在下面的描述中是 PEM 燃料电池用“双极板”的情况,然而本发明并非限制于此。更确切地说,本发明的范围通常包括“导电场板”。在这种情况下,当双极板位于电池组中时,此板可以在燃料电池组的端部,因此在两侧不需要流场。

图 1 是描述根据制造本发明的双极板的一个实施例的各步骤或进行过程的流程图。提供树脂源 10。树脂 10 通常用作基质,在基质中嵌有纳米管状纤维,因此可以有各种类型。树脂 10 的可用类型可以包括例如热塑性的、氟化的、热固性的和液晶的。热塑性树脂 10 的例子包括聚丙烯共聚物、高密度聚乙烯、聚丙烯腈和硅树脂弹性体。氟化树脂 10 的例子包括聚偏二氟乙烯和聚氯三氟乙烯(由 Honeywell 制成的 Aclon™)。一些热固性树脂 10 包括环氧的和聚酯酰胺,液晶树脂 10 包括由 Ticona 制成的 Vectra™ 和沥青。不论采用那一种,树脂 10 优选以粉末的形式,此粉末是在约 10 至约 100 的目径(美国标准 ASTM E11-61)范围内筛选出的。优选目径是约 20,这样就获得了树脂 10 与下述纳米管状纤维的密切混合。

还提供了有成本效益的碳纳米管状纤维源 11。纤维 11 用作双极板中的基本导流元件。纳米管状纤维 11 可出自可商用来源,例如以商标 Pyrograf III™ 出售的并由 Applied Sciences Inc 生产。Hyperion Catalysis International 同样生产多壁纳米管状纤维,例如以商标 Graphite Fibril™ 出售的。图 2A-C 描述了有用的碳纳米管状纤维 11 的一些可商用的例子。图 2A 示意性地表示单壁纳米管状纤维 11 的截面侧视图,此管状纤维 11 戴有半球形的碳原子簇。图 2B 示意性地示出了以六边形设置成束的多个敞开的、单壁纳米管状纤维 11 的截面端部示图。图 2C 示意性地示出了带有八个同心壁的多壁纳米管状纤维 11 的截面图。如果不是以商业方式得到的,也

可以通过以下方式合成碳纳米管状纤维 11: 通过在常压或高压下催化化学气相淀积方法、在存在催化剂或不存在催化剂的条件下的石墨弧方法、在存在催化剂的条件下激光蒸发淀积方法, 正如 Tibbetts 等人所述。(Carbon, 第 32 卷 569 页, 1994), Iijima (Nature, 第 354 卷, 56 页, 1991) 以及 Thess 等人 (Science, 第 273 卷, 483 页, 1996), 在此引作参考。

通常来说, 碳纳米管状纤维 11 的特征在于直径为纳米数量级。优选地, 碳纤维 11 具有从约 0.5nm 至约 300nm 的平均直径。更优选的, 多壁纳米管状纤维的平均直径在大约 10 至 200nm 之间, 单壁纳米管状纤维的平均直径在大约 0.5 至 5nm 之间。在此优选直径范围中, 碳纳米管状纤维 11 显示出高的电相干性, 由此具有非常高的导电性。可以有成本效益地制造在此优选直径范围内的和图 2C 所示类型的多壁纳米管状纤维, 允许以相对较低的碳纤维 11 加入量制造出具有充分导电性的聚合物复合材料。单壁纳米管状纤维导电性更高并可以以图 2B 所示的束的形式采用, 但它们目前更贵一些。直径在约 300nm 以上的纤维变差, 引起了导电性的损失。大直径纤维对于树脂基质 10 的粘接性要相对差一些。

纤维 11 的平均长度优选在约 1 μ m 至约 1000 μ m 之间变化。由于短于约 1 μ m 的纤维 11 的长径比 (即, 纤维的长度与其直径的比率) 小, 因此它的机械强度降低。长于约 1000 μ m 的纤维 11 是优选的, 因为其机械强度高于目前获得的那些纤维。但是, 长纳米管状纤维 11 很难生长, 并且专门的生长技术实施起来过于昂贵。

如上所述, 碳纳米管状纤维 11 可以是多壁的和单壁的石墨管。对于前者来说, 碳纤维 11 包括同心的或共轴的直径增加的圆柱体 (图 2C)。由范德华类型的原子力和嵌入的催化剂原子的尺寸控制在相邻圆柱体之间的分隔量。分隔距离优选约 0.33-0.95nm, 更优选约 0.34nm, 以便提供对于所希望的高导电性所必须的原子取向。对于单壁管的情况来说, 按下述方式组装碳纤维 11: 通过范德华原子力以绳状束的结构将碳纤维 11 保持在一起 (图 2B)。由各单壁纳米管构成的绳的优选直径是约 5 和 30nm, 更优选约 20nm。

在仅具有树脂 10 和纳米管状碳纤维 11 的优选合成物中, 后者约为 7-85wt.%。更优选地, 碳纤维 11 约为 10-50wt.%。低于约 7wt.% 时,

对于燃料电池工作来说，电阻率水平过高。高于约 85wt.%时，复合材料的机械性能开始下降。

选择性地，本发明的导电板的复合材料包括用于增加机械强度的增强剂 12。可用的增强剂 12 的一些例子包括碎玻璃纤维、由沥青或聚丙烯腈得到的碎碳纤维、由沥青或聚丙烯腈的碳纤维制成的毡片以及未退火的长碳纳米管状纤维。在采用增强剂 12 的实施例中，增强剂 12 的含量约为 10-25wt%，碳纳米管状纤维 11 的含量约为 10-60wt%。

仍参考图 1，对纳米管状纤维 11 进行退火步骤 13。对纤维 11 退火的目的是提高它们的导电性，这是由于去除了缺陷（即，在管壁上的碳-氧键）并调整了管壁的原子结构。退火步骤 13 可以在约 300-3000℃之间进行，为了使导电率最大，优选在上述范围的更高端值下进行。在约 3000℃以上，碳将开始蒸发，在 300℃以下，没有观察到导电性的提高。选择性地，如果采用具备提高的导电性能的有成本效益的纳米管状纤维 11，就不需要退火步骤 13。

在退火步骤 13 之后，在混合步骤 14 中，将树脂 10、碳纳米管状纤维 11 和选择性的增强剂 12 混合成均匀的混合物。为了获得均匀的混合物，优选通过滚筒完成混合步骤 14。作为例子，利用商用搅拌机进行混合。

混合步骤 14 之后，对均匀的混合物选择性地成形步骤 15，在该步骤 15 中可以将混合物制成各种形式，例如小球状。成形步骤 15 可以通过已知设备例如螺旋型注模成形机进行。

由于纤维 11 的直径是纳米数量级的，因此在纤维 11 和树脂 10 颗粒之间的粘附为纳米量级。由此，所形成的混合物称作纳米复合材料。

接下来，对混合物（不管是未成形或是已成形的）进行模塑成型步骤 16。对于未成形的混合物，采用加压成型；而对于已成形的混合物则采用注塑成型。但优选采用注塑成型，因为其制造成本更低。希望在由钢以外的材料构成的模具中进行两种成型工艺。所采用的模具的尺寸与最终板结构所需的尺寸、形状和表面相匹配。可通过任何已知设备进行成型，例如热压机、螺旋型注模机以及采用先注射成型、后接加压成型的混合型设备。

在成型步骤 16 中，为了使树脂 11 熔化，在约 150 至 300℃之间

温度下加热混合物以使其熔化。为了加压成型，更优选加热温度是大约 150 至 200℃，以便将树脂 11 保持在接近熔化的状态下，由此防止树脂 11 流出模具之外。成型步骤 16 将混合物形成为典型为 1-1.5mm 厚的薄板。在该成型步骤 16 中还将流场 (flow field) 压制或模制到极板中，这是被本领域公知的，在例如美国专利 US5863671 中进行了描述，在此引作参考。选择性地，可以在板上机械加工流场，这在本领域同样是公知的。

实施例

对由 Applied Sciences Inc. 生产的、商标为 Pyrograf III™ 的碳纳米管状纤维以 20 目进行筛分并且在 2000℃ 下对其退火 12 个小时。将此纤维与 Alcon™ 混合，Alcon™ 的加入量为此纤维的 25、30、40 和 45wt.%。没有添加其它的增强剂。将混合物形成小球状并且加压成型以形成 2mm 厚的流场板。重复上述工序，但是在 3000℃ 下进行退火并且树脂是来自 Solvay Polymers 的、商标为聚丙烯 TG7904 的聚丙烯共聚物 (“PP”)。纤维的加入量为 30wt% 和 40wt%。流场板也由石墨粉制成，并且 Alcon™ 的加入量为石墨的 70wt.%。通过板的表面比电阻由四探头技术测量。

图 3 是对于上述板的比电阻相对于碳加入量的曲线。结果表明，由于在 3000℃ 热处理纳米纤维，电阻降低为其 1/2-1/3。另外，和加入有 70wt% 石墨的 Alcon™ 复合材料相比，加入有 40wt% 的聚丙烯复合材料、3000℃ 退火的纳米纤维显示出电阻降低为其 1/3-1/6。

然后，将 40wt% 加入量的上述纳米纤维-PP 双极板放入由 Nafion™ PEM 和碳气体扩散电极构成的燃料电池中。然后对电池电位和电流密度进行测试。图 4 是测试结果的曲线，此曲线示出了与利用可商用的、提高了树脂密度的纯石墨板 (出自 Poco Graphite) 相比的电池性能，如图 5 所示。

图 6 示出了对图 4 中测试的燃料电池连续进行 500 小时或 21 天的连续工作试验的连续状态。图 6 中的结果显示出稳定的性能，这表明，在燃料电池处于延长的时间周期下，该板保持电化学稳定和耐腐蚀。

下面，在表 1 中给出了本发明的几个具有代表性的样品的三点弯曲数据。

样品*	厚度(mm)	屈服位移 (mm)	屈服应力 (Mpa)	模量 (Mpa)
1	1.6	2.66	28.06	4799.3
2	1.6	2.61	29.52	3662.6
3	2.04	9.14	52.82	4347.8

对含有在 3000℃ 下进行退火的 40wt% 的碳纳米管状纤维和聚丙烯的样品 1 和 2 进行加压成型。对含有在 3000℃ 下进行退火的 30wt% 的碳纳米管状纤维和聚丙烯的样品 3 进行注塑成型。

本领域的普通技术人员能够理解，本发明提供了改进后的导电板或双极板，及其制造方法，用于 PEM 燃料电池。本发明的双极板显示出充分的导电性、耐腐蚀性以及低制造成本。双极板还具有好的机械强度，并且在燃料电池工作状态下还可渗透氢和空气。在本发明中所需要的碳加入量相对较低，这就允许采用类似于注塑成型这类的制造方法。这降低了板的制造成本。本发明的比电阻大约为 $20\text{mohm}\cdot\text{cm}^2$ ，这在 PEM 燃料电池可接受的标准之内（即，不大于约 $100\text{--}200\text{mohm}\cdot\text{cm}^2$ ）。本发明还提供了好的弯曲强度。在长于 1000 小时的周期内，本发明的性能可与采用石墨板的燃料电池相比较。在本发明中的氟化树脂的疏水性可以在燃料电池工作期间改善对水的管理，因此提高功率输出。通过改进注射方法构造成的纳米管状纤维可以实现在导电和机械性能方面的进一步提高。

当然应当理解，以上涉及本发明的优选实施例，在不脱离由下附权利要求书表明的本发明的实质和范围的条件下可以对这些实施例进行修改。

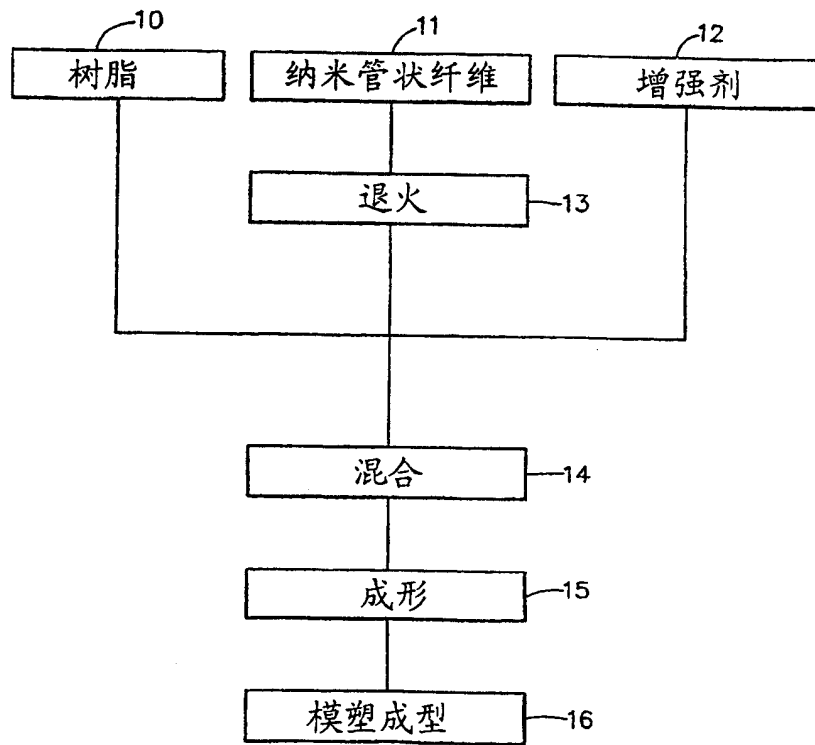


图 1

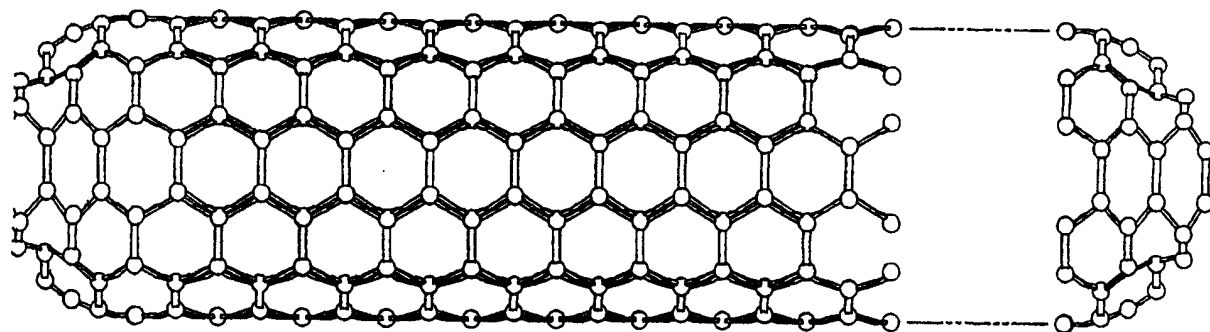


图 2A

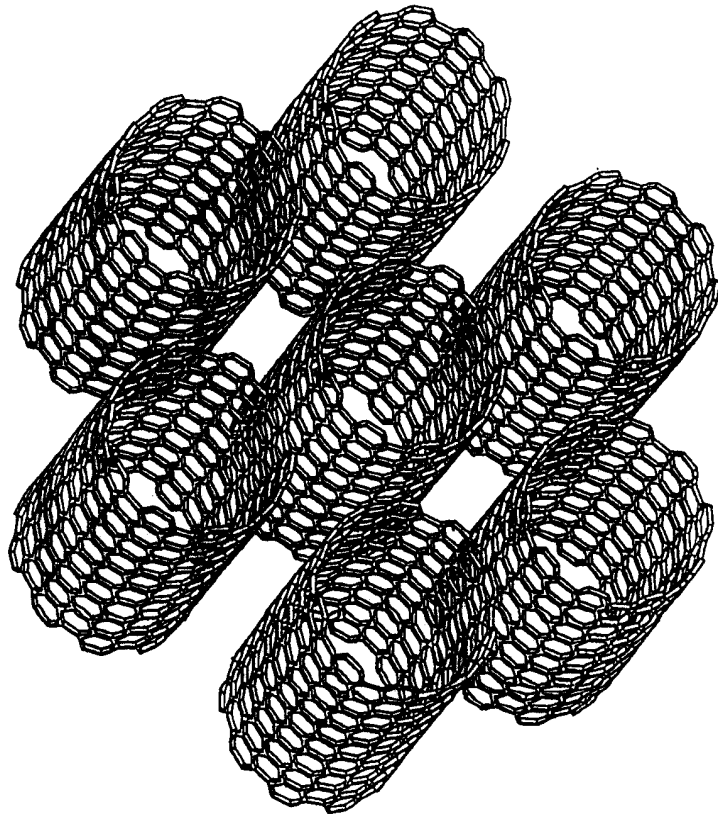


图 2B

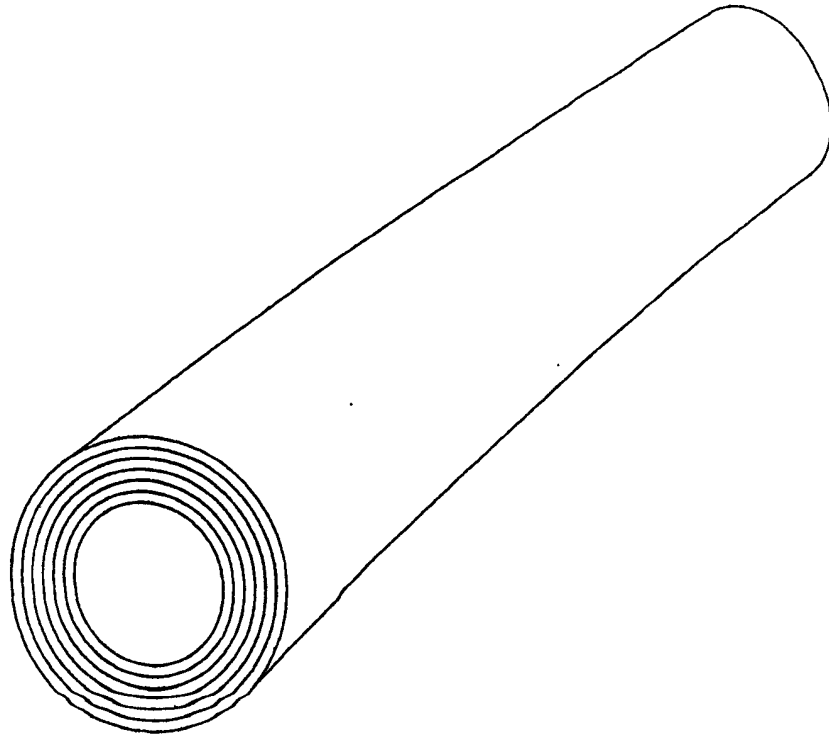


图 20

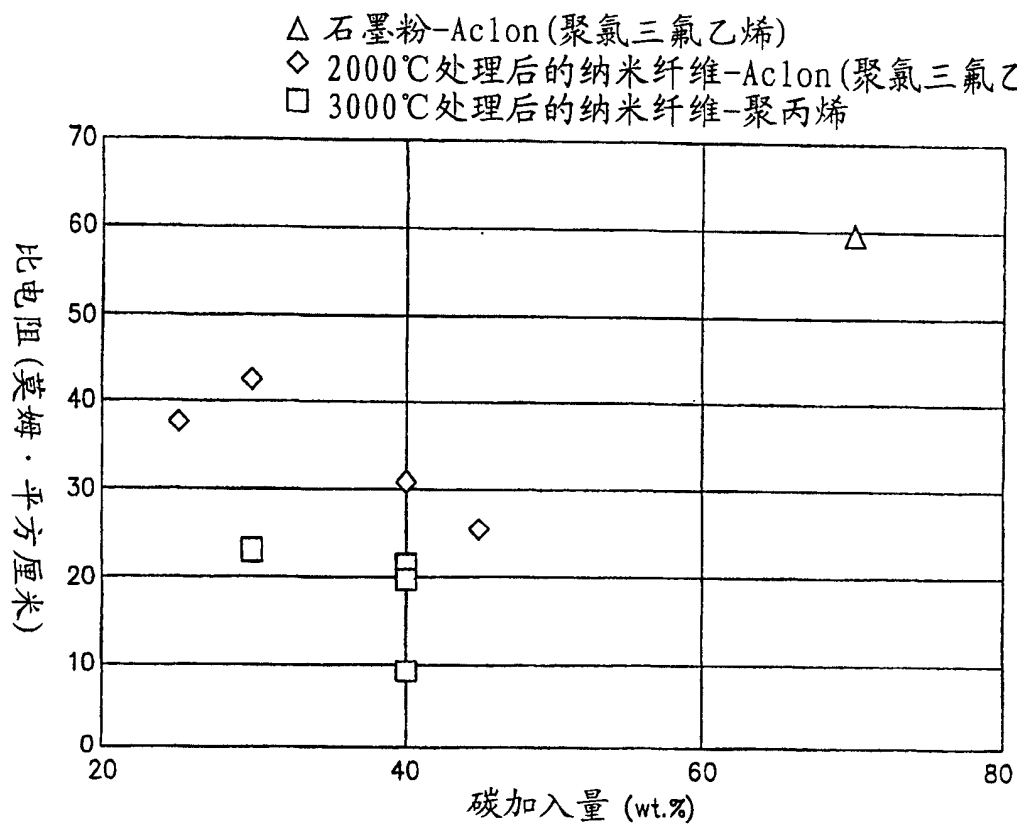


图 3

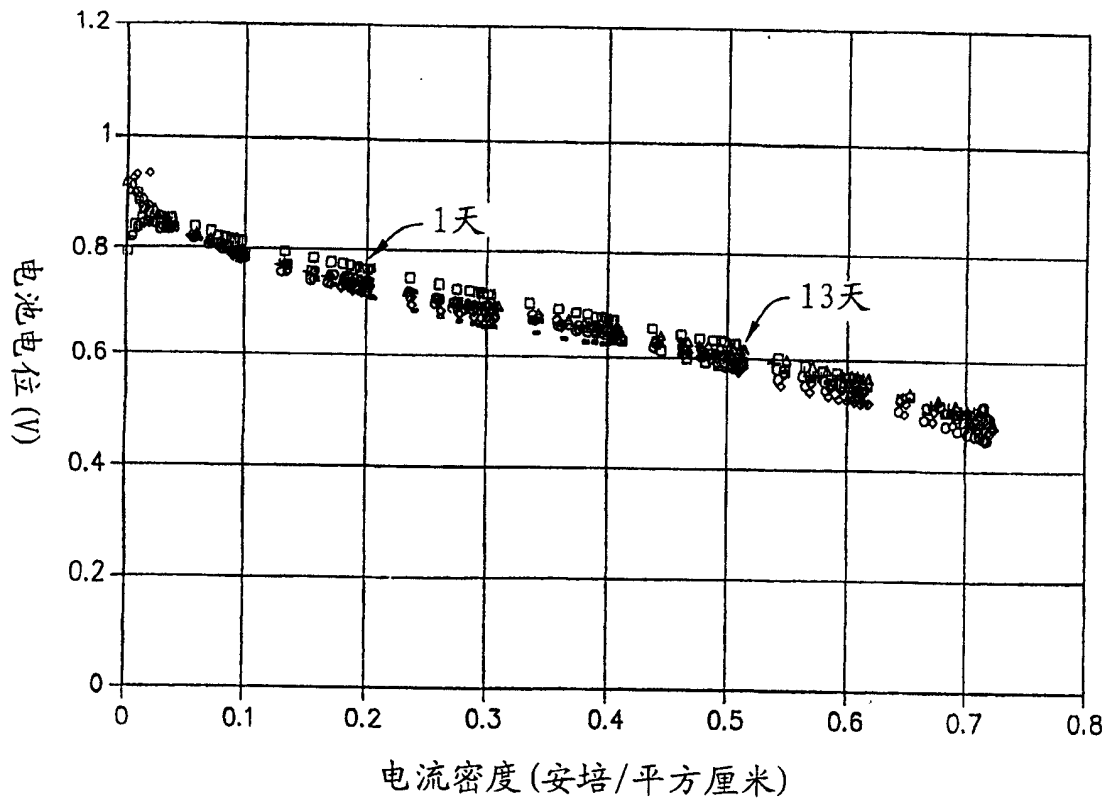


图 4

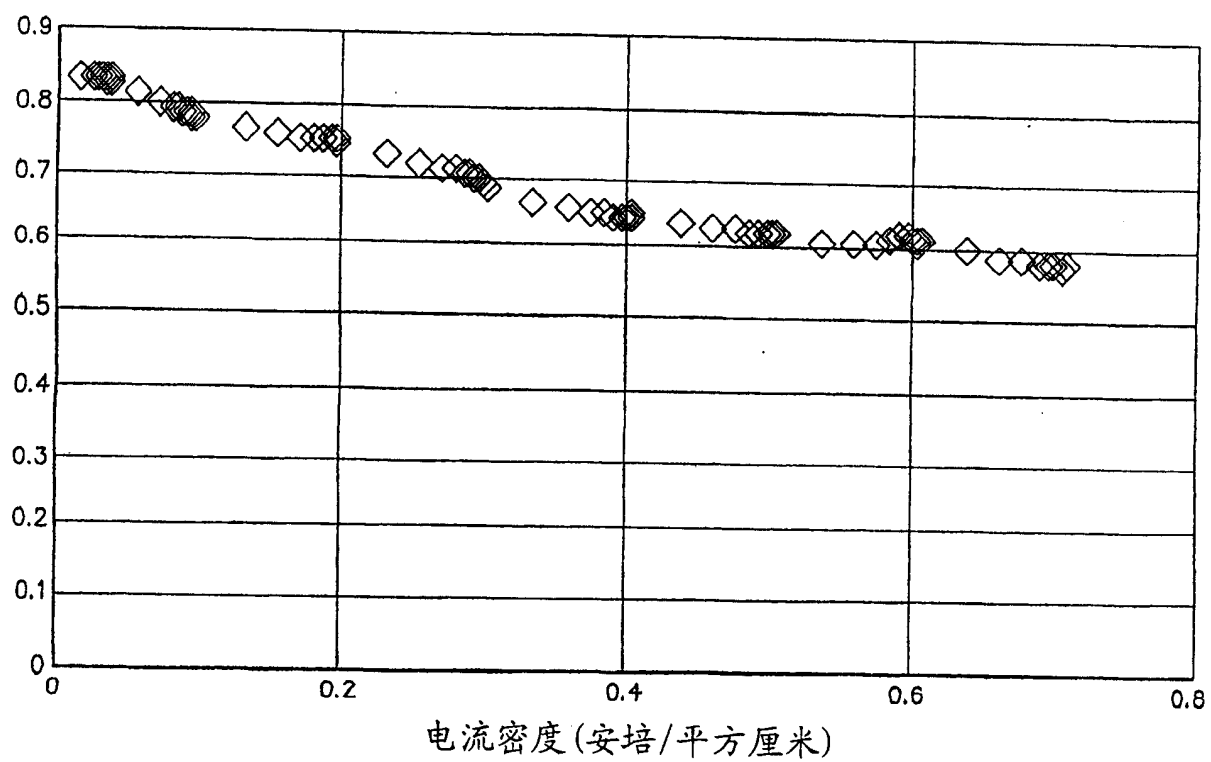


图 5

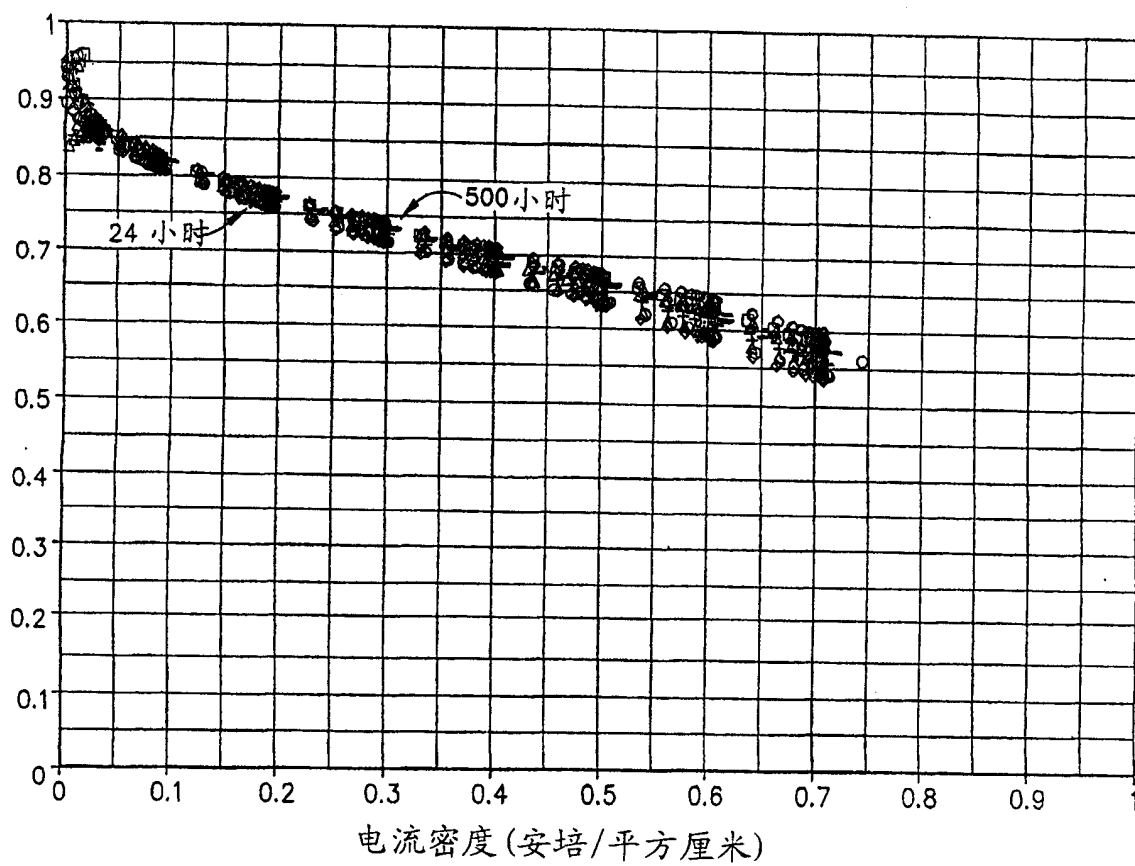


图 6