[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
H01M 8/02
H01M 8/10

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03819919.X

[43] 公开日 2005 年 10 月 5 日

[11] 公开号 CN 1679191A

[22] 申请日 2003.8.20 [21] 申请号 03819919.X
[30] 优先权
[32] 2002. 8.23 [33] JP [31] 244288/2002
[32] 2003. 1. 9 [33] JP [31] 3191/2003
[86] 国际申请 PCT/JP2003/010498 2003.8.20
[87] 国际公布 WO2004/019438 日 2004.3.4
[85] 进入国家阶段日期 2005.2.22
[71] 申请人 本田技研工业株式会社
地址 日本东京
[72] 发明人 西好次 石黑显一

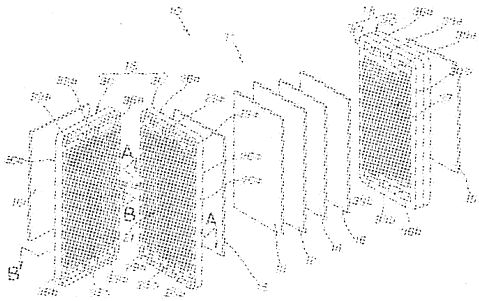
[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司
代理人 丁香兰

权利要求书 2 页 说明书 31 页 附图 12 页

[54] 发明名称 燃料电池隔板及其制造方法

[57] 摘要

本发明提供一种燃料电池隔板(18)，该燃料电池隔板(18)将设置在电解质膜(12)两侧的阳极(13)和阴极(14)以及扩散层(15、16)夹在中间。隔板(18)是由含有选自乙烯－乙酸乙烯酯共聚物和乙烯－丙烯酸乙酯共聚物的热塑性树脂与至少一种选自科琴黑、石墨和乙炔黑的碳颗粒的混合物制成。由于热塑性树脂特别是在挠性方面性能非常优异，因此通过向隔板(18)中加入密封特性优异的热塑性树脂，可以使隔板与扩散层(15、16)相接触的接触面成为密封性优异的部分。



ISSN1008-4274

知识产权出版社出版

1. 一种燃料电池隔板，该燃料电池隔板将设置在电解质膜两侧的阳极和阴极通过扩散层夹在中间，其特征在于：该隔板是由含有选自乙烯/乙酸乙烯酯共聚物和乙烯/丙烯酸乙酯共聚物的热塑性树脂与至少一种选自科琴黑、石墨和乙炔黑的碳颗粒的混合物制成。

2. 如权利要求 1 所述的燃料电池隔板，其特征在于：在所述混合物中，所述热塑性树脂的比例为 14 重量%～20 重量%，且所述碳颗粒的比例为 80 重量%～86 重量%。

3. 如权利要求 2 所述的燃料电池隔板，其特征在于： 3 重量%～20 重量%的碳颗粒是科琴黑。

4. 如权利要求 1 所述的燃料电池隔板，其特征在于：在所述混合物中，所述热塑性树脂的比例为 14 重量%～20 重量%，所述碳颗粒的比例为 70 重量%～83.5 重量%，且玻璃纤维或碳纤维的比例为 2.5 重量%～10 重量%。

5. 一种燃料电池隔板的制造方法，该方法包括：

从乙烯/乙酸乙烯酯共聚物和乙烯/丙烯酸乙酯共聚物中选择热塑性树脂，并从科琴黑、石墨和乙炔黑中选择至少一种碳颗粒的步骤；

通过将所选择的热塑性树脂与碳颗粒相混合以得到混合物的步骤；

用挤出机将该混合物挤压成型以得到片材的步骤；

通过对该片材进行压制以在其表面形成气体流动通道凹槽的步骤；以及

通过将具有气体流动通道的片材切割成预定形状以得到燃料电池

隔板的步骤。

6. 一种燃料电池隔板，该燃料电池隔板将设置在电解质膜两侧的阳极和阴极通过扩散层夹在中间，其特征在于：所述隔板是由含有10 重量%～34 重量%的聚苯硫醚、65 重量%～80 重量%的石墨和1 重量%～10 重量%的科琴黑的混合物制成。

7. 如权利要求 6 所述的燃料电池隔板，其特征在于：所述混合物还含有 5 重量%～15 重量%的切碎的碳纤维，并且在所述混合物中石墨的含量是 60 重量%～80 重量%。

8. 如权利要求 7 所述的燃料电池隔板，其特征在于：所述聚苯硫醚的粘度是 20 psi～80 psi。

燃料电池隔板及其制造方法

技术领域

本发明涉及一种燃料电池隔板及其制造方法，特别是涉及这样一种燃料电池隔板及其制造方法，这种隔板用来夹持设置在电解质膜两侧的阳极和阴极，从而构成电池模块。

背景技术

燃料电池是一种利用与电解水相反的原理，通过氢与氧反应生成水的过程来获得电力的电池。因为通常情况下用燃料气体来替代氢，并用空气或氧化性气体替代氧，因此术语燃料气体、空气和氧化性气体经常被使用。下面将参照图 15 来对普通燃料电池的基本结构进行描述。

如图 15 所示，在电解质膜 201 的相对面上设置阳极 202 和阴极 203，并由第一隔板 206 和第二隔板 207 通过扩散层 204、205 将电极 202、203 夹在中间构成燃料电池 200 的电池模块。燃料电池 200 由许多这样的电池模块一起堆叠而成。

使燃料气体有效地与阳极 202 接触是必要的。为了达到这个目的，在第一隔板 206 的表面 206a 上设有许多凹槽（未示出），当将扩散层 204 设置在第一隔板 206 的表面 206a 上时，通过覆盖这些凹槽，可以形成构成燃料气体流动通道的第一流动通道（未示出）。

使氧化性体有效地与阴极 203 接触是必要的。为了达到这个目的，在第二隔板 207 的表面 207a 上设有许多凹槽 208，当将扩散层 205 设置在第二隔板 207 的表面 207a 上时，通过覆盖这些凹槽 208，可以形成构成氧化性气体流动通道的第二流动通道（未示出）。

在第一隔板 206 中，与表面 206a 相反的面 206b 上设置有许多冷却水通道凹槽 209，在第二隔板 207 中，与 207a 面相反的面 207b 上设置有许多冷却水通道凹槽（未示出）。通过将第一隔板与第二隔板面对面地设

置，使各个冷却水通道凹槽 209 集合在一起形成了冷却水通道（未示出）。

作为制造这些第一隔板 206 和第二隔板 207 的方法，例如已知有日本专利公开公报 JP-A-2001-126744“Fuel Cell Separator and Manufacturing Method Thereof（燃料电池隔板及其制造方法）”中所述的方法。

在该所公开的制造方法中，对与热塑性树脂相混合的导电颗粒进行加热并捏合；对该混合物进行挤压成型，用辊子形成长片；将该长片切割成预定尺寸以制成坯料；通过在这些坯料的两面或一面上形成气体通道和冷却水通道凹槽以得到第一隔板 206 和第二隔板 207。

为了通过将扩散层 204、205 与第一隔板 206 和第二隔板 207 集合在一起来形成第一流动通道和第二流动通道，需要使扩散层 204、205 分别与第一隔板 206 和第二隔板 207 的表面 206a、207a 处于紧密接触的状态。然而，要使扩散层 204、205 与第一隔板 206 和第二隔板 207 的表面 206a、207a 处于紧密接触的状态是困难的，第一隔板的表面 206a 和第二隔板的表面 207a 与扩散层 204、205 之间存在局部出现缝隙的危险。

由于冷却水通道是通过将两个隔板集合在一起形成在第一隔板 206 和第二隔板 207 上，就需要使第一隔板和第二隔板处于紧密接触的状态。然而，要使第一隔板和第二隔板处于紧密接触的状态是困难的，第一隔板 206 与第二隔板 207 之间存在局部出现缝隙的危险。

由于这些原因，燃料电池隔板的发展期待可以使第一隔板 206 和第二隔板 207 的表面 206a、207a 与扩散层 204、205 处于紧密接触的状态，同时可以使第一隔板 206 与第二隔板 207 处于紧密接触的状态。

在现有的燃料电池隔板制造方法中，将长片切割成预定尺寸以制成坯料，之后在各个坯料上形成用作气体通道和冷却水通道的凹槽。使用这种燃料电池隔板的制造方法，当在坯料上形成凹槽时，每个单独的坯料均必须被安置在正确的位置。结果，由于坯料的定位需要时间，因而妨碍了生产力的提高。因此，制造方法的发展期待着能有效地形成燃料电池隔板。

已知的燃料电池包括，例如在日本专利公开公报 JP-A-2002-97375“Thermoplastic Resin Composition and Molding（热塑性树脂组合物及模

制品)”中，将碳纤维或碳纳米管与热塑性树脂混合作为燃料电池隔板组合物。下面将对其内容进行详细论述。

当将隔板装配到燃料电池中时，需要在它两面模制出多个气体通道凹槽和冷却水通道凹槽。因此，隔板必须使用具有良好的成型性的起始材料。而且，还要求隔板具有从电极集电的功能，所以它必须具有优异的导电性。为了达到这些要求，在该已知技术中，作为隔板的成分，使用了具有良好成型性的聚苯硫醚（一种热塑性树脂），并且使用了具有优异导电性的碳纤维或碳纳米管。

下面将对一个实例进行详细说明，作为隔板的组分，制备 30 重量%的碳纤维、0.5 重量%的碳纳米管和 69.5 重量%的聚苯硫醚(热塑性树脂)，将其混合以得到混合物。随后，用该混合物作为起始材料以注射成型得到隔板。

通过使用 69.5 重量%的热塑性树脂聚苯硫醚，可以确保好的注射成型性。用 30 重量%的碳纤维和 0.5 重量%的碳纳米管，可以确保有一定程度的导电性。

然而，在上述公报中，由于起始材料中包括大量的碳纤维，碳纤维出现显著的取向性，因此隔板变成各向异性。因此，隔板中有翘曲和变形的危险。

当在隔板两侧均有气体通道凹槽和冷却水通道凹槽时，焊接线易于显露。因此，存在隔板强度急剧下降的危险。

另外，在上述公报中，为了提高隔板的导电性，可以使隔板的起始材料中含有碳纤维和碳纳米管。然而，通过使起始材料中含有碳纤维难以充分地提高导电性。

具体地说，在上述公报中，体积电阻率用双环法进行测量（ASTM D257）。然而，双环法适合于高电阻率的测量，在本发明者所得到的测量结果中，可以发现，与适合于测量低电阻率的四探针法相比，双环法测得的体积电阻率显著更低。

而且，在最近的几年中，开始要求燃料电池具备高的性能，为了满足这个要求，期待着具有更好导电性隔板的问世。

发明内容

在第一方面，本发明提供一种燃料电池隔板，该燃料电池隔板将设置在电解质膜两侧的阳极和阴极通过扩散层夹在中间，该隔板该隔板由选自乙烯/乙酸乙烯酯共聚物和乙烯/丙烯酸乙酯共聚物的热塑性树脂与至少一种选自科琴黑（Ketjen black）、石墨和乙炔黑的碳颗粒的混合物所制成。

乙烯/乙酸乙烯酯共聚物和乙烯/丙烯酸乙酯共聚物即使是在热塑性树脂中也具有特别优良的挠性。通过使隔板中含有这种具有优异挠性的热塑性树脂，从而使隔板与扩散层相接触的接触面具有弹性，并使该接触面具有优异的密封特性。因此，隔板的接触面与扩散层的配合部分能够紧密接触。因此，不需要在隔板的接触面与扩散层之间提供密封材料。

而且，由于在隔板中含有选自乙烯/乙酸乙烯酯共聚物和乙烯/丙烯酸乙酯共聚物的热塑性树脂，因此使隔板接触面部分变得具有良好的密封特性。采用这种方法就能有效地制造出密封性优良的隔板。

另一方面，由科琴黑、石墨和/或乙炔黑所组成的碳颗粒具有导电性，通过这些包含于隔板中的碳颗粒，就可以确保隔板的导电性。

优选热塑性树脂在混合物中的比例为 14 重量%～20 重量%，并且碳颗粒的比例为 80 重量%～86 重量%。

将热塑性树脂在混合物中的比例设定为 14 重量%～20 重量%的原因如下所述。即，当热塑性树脂的含量小于 14 重量%时，由于热塑性树脂含量太低，难以确保足够的弹性，即隔板接触面的密封特性。另一方面，当热塑性树脂的含量高于 20 重量%，则隔板中碳颗粒的含量太低，难以充分保证隔板的导电性。所以，将热塑性树脂的含量设定为 14 重量%～20 重量%以确保隔板的密封特性并充分确保隔板的导电性。

优选 3 重量%～20 重量%的碳颗粒是科琴黑。

科琴黑是一种与其它碳黑相比导电性特别优良的材料，通过含有科琴黑可以提高隔板的导电性。将科琴黑的含量设定为 3 重量%～20 重量%的原因是，如果科琴黑含量小于 3 重量%，则由于科琴黑含量太低就难

以获得由含有科琴黑所带来的效果。因此，当科琴黑含量低于 3 重量%时，就会存在可能无法充分保证隔板的导电性的危险。

另一方面，如果科琴黑含量高于 20 重量%，则由于科琴黑含量太大，使捏合变得困难。尽管据信可以通过加入溶剂来进行捏合，但使用溶剂会存在费用增加的危险。而且，即便是加入溶剂并成功地完成捏合，但是含有科琴黑的捏合物的流动性不佳，并且在例如成型时难以得到预定的形状。

因此，将科琴黑的含量设定为 3 重量%～20 重量%以保证隔板的导电性，并使捏合容易化且确保良好的成型性。

优选混合物由 14 重量%～20 重量%的热塑性树脂、70 重量%～83.5 重量%的碳颗粒以及 2.5 重量%～10 重量%的玻璃纤维或碳纤维构成。

通过在混合物中混有玻璃纤维或碳纤维，可以提高了隔板的刚性。将玻璃纤维或碳纤维含量设定为 2.5 重量%～10 重量%的原因是，当玻璃纤维或碳纤维含量低于 2.5 重量%时，由于玻璃纤维或碳纤维含量太低，难以提高隔板的刚性。另一方面，当玻璃纤维或碳纤维含量高于 10 重量%时，由于玻璃纤维或碳纤维的含量太大，则玻璃纤维或碳纤维在混合物中难以均匀分散，在挤压成型和压制混合物时就会产生问题。因此，将玻璃纤维或碳纤维的含量设定为 2.5 重量%～10 重量%，以确保充分的玻璃纤维或碳纤维含量，并提高隔板的刚性，以及使玻璃纤维或碳纤维均匀分散，并获得具有良好成型性的混合物，从而提高生产率。

在第二方面，本发明提供一种制造燃料电池隔板的方法，包括：从乙烯/乙酸乙烯酯共聚物和乙烯/丙烯酸乙酯共聚物中选择热塑性树脂，并从科琴黑、石墨和乙炔黑中选择至少一种碳颗粒的步骤；通过将所选择的热塑性树脂与碳颗粒相混合以得到混合物的步骤；用挤出机将该混合物挤压成型以得到片材的步骤；通过对该片材进行压制以在其表面形成气体流动通道凹槽的步骤；以及通过将具有气体流动通道的片材切割成预定形状以得到燃料电池隔板的步骤。

利用片材形式的混合物，将气体通道凹槽压制形成在其表面，随后将该片材切割成预定形状以得到隔板。通过压制成型使气体通道凹槽形

成在呈片状的材料上，通过这种方法可以有效地连续形成气体通道凹槽，并提高隔板的生产率。

在第三方面，本发明提供一种燃料电池隔板，该燃料电池隔板将设置在电解质膜两侧的阳极和阴极通过扩散层夹在中间，其特征在于，该隔板是由包括 10 重量%～34 重量%聚苯硫醚、65 重量%～80 重量%石墨、以及 1 重量%～10 重量%科琴黑的混合物制成。

此时，隔板中含有 10 重量%～34 重量%的作为热塑性树脂的聚苯硫醚。由于聚苯硫醚具有优异的成型性和优异的挠性，因此在隔板注射成型时其可以提高成型性，并且可以获得具有优良密封特性的隔板。通过这种方法可以进一步提高隔板的生产率和精确度。而且，由于聚苯硫醚是一种具有优良耐热性的树脂，因此在隔板中含有聚苯硫醚可以提高隔板的耐热性。因此，可以将该隔板应用于在较高温度下使用的燃料电池，并且可以扩大其应用范围。

将聚苯硫醚的含量设定为 10 重量%～34 重量%的原因如下所述。即，当聚苯硫醚的含量低于 10 重量%时，聚苯硫醚的含量太低以至于难以保证隔板的成型性和隔板的弹性，即密封特性。而且，当含量小于 10 重量%时，难以保证隔板的耐热性且难以使其作为粘合剂而发挥作用。另一方面，当聚苯硫醚含量高于 34 重量%时，则隔板中石墨的含量太小，难以保证隔板有足够的导电性。因此，将聚苯硫醚的含量设定为 10 重量%～34 重量%以确保隔板的成型性、密封特性和耐热性，并确保足够的导电性。

另外，通过使隔板中含有 65 重量%～80 重量%的石墨，可以提高其导电性。

将石墨含量设定为 65 重量%～80 重量%的原因如下所述。当石墨含量低于 65 重量%时，由于石墨含量太低，因此难以提高隔板的导电性。另一方面，当石墨含量高于 80 重量%，则由于石墨含量太高使得石墨难以均匀分散，并在挤压成型和压制成型时产生问题。因此，将石墨的含量设定为 65 重量%～80 重量%，以确保隔板的导电性并确保成型性。而且，通过使石墨含量高于 65 重量%，能减少隔板的体积电阻率并充分地

提高隔板的导电性。此外，通过含有 1 重量%～10 重量%的科琴黑，可以更进一步地提高导电性。

科琴黑是一种与其它碳黑相比导电性特别优良的材料，通过在隔板中含有科琴黑，可以使隔板的导电性更高。

将科琴黑的含量设定为 1 重量%～10 重量%的原因如下所述。即，当科琴黑含量低于 1 重量%，由于科琴黑含量太低，则存在可能无法充分保证隔板导电性的危险。另一方面，当科琴黑含量高于 10 重量%时，由于科琴黑含量太高，则难以进行捏合。尽管据信可以通过加入溶剂来进行捏合，但使用溶剂会存在费用增加的危险。而且，即便是为了捏合而加入溶剂，但是含有科琴黑的捏合物的流动性比较差，并且在例如成型时难以得到预定的形状。因此，将科琴黑含量设定为 1 重量%～10 重量%，由此更进一步地提高导电性。

包含于隔板中的石墨和科琴黑为碳颗粒，且隔板中不含有大量的纤维材料。因此，隔板中由纤维材料引起的取向性的产生受到抑制，并且可以防止由于各向异性而造成的隔板的卷曲和变形。另外，由于隔板中不含有大量的纤维材料，因此可以防止由于提供在隔板上的气体通道凹槽和冷却水通道凹槽中焊接线的暴露而引起的隔板强度的下降。

在本发明的优选形式中，上述混合物含有 5 重量%～15 重量%切碎的碳纤维，并且混合物中的石墨含量为 60 重量%～80 重量%。

通过使隔板中含有 5 重量%～15 重量%切碎的碳纤维，可以提高隔板的强度和耐热性。当含有这些切碎的碳纤维时，由于它们能完成石墨的某些功能，因此石墨含量的下限值可以为 60 重量%。

将切碎的碳纤维的含量设定为 5 重量%～15 重量%的原因如下所述。即，当切碎的碳纤维的含量低于 5 重量%时，切碎的碳纤维的含量太低，难以保证隔板的强度和耐热性。另一方面，当切碎的碳纤维的含量高于 15 重量%时，隔板中的这些切碎的碳纤维的含量太大，切碎的碳纤维的取向性就表现得很明显，并且隔板变得具有各向异性。因此，在隔板中就会存在卷曲和变形的危险。并且，当在隔板中在侧面有气体通道凹槽和冷却水通道凹槽时，焊接线易于暴露。因此，存在隔板强度急剧下降

的危险。因此，将切碎的碳纤维的含量设定为 5 重量%～15 重量%。

优选聚苯硫醚的粘度是 20 psi～80 psi（磅/平方英寸）。

通过使聚苯硫醚的粘度为 20 psi～80 psi，就可以很好地把石墨捏合到聚苯硫醚之中，并且可以进一步提高隔板的成型性。

将聚苯硫醚的粘度设定为 20 psi～80 psi 的原因如下所述。即，当聚苯硫醚的粘度低于 20 psi 时，则粘度太低，聚苯硫醚无法硬化而形成浆体。另一方面，当聚苯硫醚粘度高于 80 psi 时，则聚苯硫醚粘度太高，无法将石墨等很好的捏合到聚苯硫醚之中。因此，将聚苯硫醚的粘度设定为 20 psi～80 psi，从而可以将石墨等很好的捏合到聚苯硫醚之中，并进一步提高隔板的成型性。

附图说明

图 1 是具有根据本发明第一实施方式的燃料电池隔板的燃料电池的分解透视图；

图 2 是图 1 中沿 A-A 线的截面图；

图 3 是图 1 中沿 B-B 线的截面图；

图 4 是图 1 中所示燃料电池隔板的截面图；

图 5 是制造本发明第一实施方式的燃料电池隔板的方法的流程图；

图 6A 和图 6B 是制造方法中混合物造粒步骤的说明图；

图 7 是制造方法中压制步骤的说明图；

图 8 是具有根据本发明第二实施方式的燃料电池隔板的燃料电池的分解透视图；

图 9 是图 8 中沿 C-C 线的截面图；

图 10 是图 8 中沿 D-D 线的截面图；

图 11 是图 8 中所示燃料电池隔板的截面图；

图 12 是获得体积电阻率方法的说明图；

图 13 是石墨含量与体积电阻率的关系图；

图 14 是科琴黑含量与体积电阻率的关系图；

图 15 是现有燃料电池的分解透视图。

具体实施方式

如图 1 所示，燃料电池 10 是将多个结构性电池模块 11 层叠在一起而构成的固体聚合物型燃料电池，该结构性电池模块 11 利用例如固体聚合物电解质作为电解质膜 12，在该电解质膜 12 上附有阳极 13 和阴极 14，将隔板 18 通过阳极扩散层 15 设置在阳极 13 侧，将隔板（燃料电池隔板）18 通过阴极扩散层 16 设置在阴极 14 上。

隔板 18 由第一隔板 20 和第二隔板 30 构成，并具有通过例如振动焊接法接合在一起的第一隔板 20 的冷却水通道形成面 20a 和第二隔板 30 的接合面 30a。

通过将第一隔板 20 和第二隔板 30 如此振动焊接在一起，使第一隔板 20 上的冷却水通道凹槽 21 被第二隔板 30 所覆盖，形成冷却水通道 22（见图 4）。

位于第一隔板 20 和第二隔板 30 顶端中间位置的冷却水入口 23a、33a 和位于第一隔板和第二隔板的底端中间位置的冷却水出口 23b、33b 与这些冷却水通道 22 相连。

第一隔板 20 在燃料气体通道形成面 20b（接触面）上具有燃料气体通道凹槽 24（见图 2），通过将阳极扩散层 15 设置在燃料气体通道形成面 20b 上，使阳极扩散层 15 覆盖在燃料气体通道凹槽 24 上并形成燃料气体通道 25（见图 4）。

位于第一隔板 20 和第二隔板 30 的顶端左侧的燃料气体入口 26a、36a 和位于第一隔板 20 和第二隔板 30 的底端右侧的燃料气体出口 26b、36b 与这些燃料气体通道 25 相连。

第二隔板 30 在氧化性气体通道形成面 30b（接触面）上具有氧化性气体通道凹槽 37，并通过将阴极扩散层 16 设置在氧化性气体通道形成面 30b 上，使阴极扩散层 16 覆盖在氧化性气体通道凹槽 37 上并形成氧化性气体通道 38（见图 4）。

位于第一隔板 20 和第二隔板 30 的顶端右侧的氧化性气体入口 29a、39a 和位于第一隔板 20 和第二隔板 30 的底端左侧的氧化性气体出口 29b、

39b 与氧化性气体通道 38 相连。

作为制造第一隔板 20 和第二隔板 30 的树脂，可以使用将选自乙烯/乙酸乙烯酯共聚物和乙烯/丙烯酸乙酯共聚物的热塑性树脂、至少一种选自科琴黑、石墨和乙炔黑的碳颗粒（碳材料）与玻璃纤维或碳纤维相混合而得到的混合物。

在此混合物中，热塑性树脂的比例为 14 重量%～20 重量%；碳颗粒的比例为 80 重量%～86 重量%；而且在 80 重量%～86 重量%的碳颗粒中含有 3 重量%～20 重量%的科琴黑。

科琴黑是一种具有优异导电性的碳黑，例如一种由 Ketjen Black International Co., Ltd.制造（由三菱化学株式会社销售）的科琴黑就是适用的，尽管本发明并不仅限于此。

乙烯/乙酸乙烯酯共聚物和乙烯/丙烯酸乙酯共聚物是热塑性树脂中具有挠性的树脂，通过使用这样的树脂，可以将第一隔板 20 和第二隔板 30 制成非常柔软的元件。

科琴黑、石墨和乙炔黑是具有优异导电性的材料，通过使用至少一种选自科琴黑、石墨和乙炔黑的碳颗粒，可以将第一隔板 20 和第二隔板 30 制成具有优异导电性的元件。

将热塑性树脂的比例设定为 14 重量%～20 重量%的原因如下所述。

当热塑性树脂的含量小于 14 重量%时，由于热塑性树脂含量太低，则难以确保挠性，即第一隔板 20 和第二隔板 30 接触面的弹性。

另一方面，当热塑性树脂含量高于 20 重量%时，热塑性树脂含量太高，则难以保持所需的体积电阻率（Ω.cm），并会在确保第一隔板 20 和第二隔板 30 具有足够的导电性方面出现问题。

所以，将热塑性树脂的含量设定为 14 重量%～20 重量%，从而确保第一隔板 20 和第二隔板 30 的弹性，并确保有足够的导电性。

将碳颗粒的含量设定为 80 重量%～86 重量%的原因如下所述。

当碳颗粒的含量超过 86 重量%时，碳颗粒含量太高，则碳颗粒难以均匀分散，使得挤压成型和压制成型产生问题。因此，碳颗粒得含量应设定为 86 重量%或更低。

通过将碳颗粒的含量保持在 70 重量%或更高，可以减少第一隔板 20 和第二隔板 30 的体积电阻率（Ω.cm），并充分提高第一隔板 20 和第二隔板 30 的导电性。因此，碳颗粒的含量应控制在 70 重量%或更高。

然而，由于在第一隔板 20 和第二隔板 30 中含有 14 重量%～20 重量%的热塑性树脂，所以在第一实施方式中，使碳颗粒得含量为 80 重量%或更高，以保证第一隔板 20 和第二隔板 30 具有足够的导电性。

科琴黑是一种与普通碳黑相比具有更优异导电性的碳颗粒。因此，通过使用科琴黑，可以使第一隔板 20 和第二隔板 30 的体积电阻率（Ω.cm）显著下降。将科琴黑的含量设定为 3 重量%～20 重量%。

将科琴黑的含量设定为 3 重量%～20 重量%的原因如下所述。

当科琴黑的含量小于 3 重量%，由于科琴黑含量太低，则难以获得含有科琴黑的效果。所以，当科琴黑的含量小于 3 重量%时，就存在可能无法充分确保隔板导电性的危险。

另一方面，如果科琴黑的含量高于 20 重量%时，由于科琴黑的含量太高，使捏合变得困难。尽管据信可以通过加入溶剂来进行捏合，但使用溶剂会存在费用增加的危险。

此外，即便是加入溶剂并成功地完成捏合，但是含有科琴黑的捏合物的流动性不佳，并且在例如成型时难以得到预定的形状。

因此，将科琴黑的含量设定为 3 重量%～20 重量%，从而确保隔板具有足够的导电性，并使捏合容易化且确保良好的成型性。

下面，参考图 2，第一隔板 20 是基本上形成为矩形的元件（见图 1），并在冷却水通道形成面 20a 上具有多个冷却水通道凹槽 21，并在燃料气体通道形成面（接触面）20b 上具有多个燃料气体通道凹槽 24。

在第一隔板 20 中含有选自乙烯/乙酸乙烯酯共聚物和乙烯/丙烯酸乙酯共聚物的热塑性树脂。乙烯/乙酸乙烯酯共聚物和乙烯/丙烯酸乙酯共聚物是挠性特别优良的热塑性树脂。

因此，通过使第一隔板 20 中含有这些非常柔软的热塑性树脂中的任意一种，可以使燃料气体通道形成面 20b 具有弹性。

而且，作为使第一隔板 20 中只含有选自乙烯/乙酸乙烯酯共聚物和

乙烯/丙烯酸乙酯共聚物的热塑性树脂的结果，燃料气体通道形成面 20b 成为具有良好密封特性的部件。通过这种方法，可以有效地生产密封性良好的第一隔板 20。

如图 3 所示，第二隔板 30 是基本上形成为如图 1 所示的矩形的元件，具有平坦的接合面 30a，并在氧化性气体通道形成面（接触面）30b 上具有多个氧化性气体通道凹槽 37。

在第二隔板 30 中含有选自乙烯/乙酸乙烯酯共聚物和乙烯/丙烯酸乙酯共聚物的热塑性树脂。乙烯/乙酸乙烯酯共聚物和乙烯/丙烯酸乙酯共聚物是挠性特别优良的热塑性树脂。

因此，通过使第二隔板 30 中含有这些非常柔软的热塑性树脂中的任意一种，可以使氧化性气体通道形成面 30b 具有弹性。

而且，作为使第二隔板 30 中只含有选自乙烯/乙酸乙烯酯共聚物和乙烯/丙烯酸乙酯共聚物的热塑性树脂的结果，氧化性气体通道形成面 30b 成为具有良好密封特性的部件。通过这种方法，可以有效地生产密封性良好的第二隔板 30。

下面将以图 4 作为参考，该图显示出电极扩散层 15、16 与隔板 18 相层叠。

隔板 18 通过将第一隔板 20 和第二隔板 30 放到一起并随后在第一隔板 20 和第二隔板 30 上施加焊接压力，并振动第一隔板和第二隔板中的一个或另一个，以产生摩擦热，从而将第一隔板 20 的冷却水通道形成面 20a 与第二隔板 30 的粘合面 30a 振动焊接到一起，并且用第二隔板 30 覆盖第一隔板 20 的冷却水通道凹槽 21 并形成冷却水通道 22。

通过将阳极扩散层 15 与燃料气体通道形成面 20b 放到一起，则通过燃料气体通道凹槽 24 和阳极扩散层 15 可以形成燃料气体通道 25。

此时，通过使第一隔板 20 中含有具有良好挠性的热塑性树脂，可以使燃料气体通道形成面 20b 具有弹性，并使燃料气体通道形成面 20b 成为具有良好密封特性的部件。

因此，燃料气体通道形成面 20b 与阳极扩散层 15 的配合部分可以保持紧密接触。因此，不需要在燃料气体通道形成面 20b 与阳极扩散层 15

之间提供密封材料。

因此，可以减少部件的数量，并且可以节省提供密封材料所需的劳动力和时间，还可以抑制燃料气体通道形成面 20b 与阳极扩散层 15 之间的接触电阻并提高燃料电池的输出。

并且，作为将阴极扩散层 16 与氧化性气体通道形成面 30b 放到一起的结果，通过氧化性气体通道凹槽 37 和阴极扩散层 16 可以形成氧化性气体通道 38。

此时，通过使第二隔板 30 中含有具有良好挠性的热塑性树脂，可以使氧化性气体通道形成面 30b 具有弹性，并使氧化性气体通道形成面 30b 成为具有良好密封特性的部件。

因此，氧化性气体通道形成面 30b 与阴极扩散层 16 的配合部分可以保持紧密接触。因此，不需要在氧化性气体通道形成面 30b 与阴极扩散层 16 之间提供密封材料。

因此，可以减少部件的数量，并可以节省提供密封材料所需的劳动力和时间，还可以抑制氧化性气体通道形成面 30b 与阴极扩散层 16 之间的接触电阻并提高燃料电池的输出。

下面，将在图 5 到图 7 的基础上，对根据本发明的燃料电池隔板的制造方法来成型第一隔板 20 的实例进行说明。

图 5 是根据本发明的第一实施方式制造燃料电池隔板的方法的流程图。图中 STxx 为步骤编号。

ST10：通过将热塑性树脂与导电材料捏合在一起得到混合物。

ST11：通过对经捏合的混合物进行挤压成型以形成带形片。

ST12：在该带形片的一侧，即与冷却水通道形成面相对应的一侧，压制成型冷却水通道凹槽，在该带形片的另一侧，即与燃料气体通道形成面相对应的一侧，压制成型燃料气体通道凹槽，从而得到隔板的原材料。

ST13：通过将该隔板的原材料切割成预定形状，得到第一隔板。

参考图 6A 到图 8，详细说明本制造方法的步骤 ST10 到 ST13。

图 6A 和图 6B 是在该制造方法中使混合物造粒的步骤的说明图。具

体来说，图 6A 显示了 ST10，图 6B 显示了 ST11 的第一部分。

在图 6A 中，首先准备一种选自乙烯/乙酸乙烯酯共聚物和乙烯/丙烯酸乙酯共聚物和直链低密度聚乙烯中的热塑性树脂 46。

然后，准备至少一种选自科琴黑、石墨和乙炔黑碳颗粒的导电材料 45。

如箭头所示，将准备好的热塑性树脂 46 和导电材料 45 放入捏合机 47 的容器 48 中。将热塑性树脂 46 和导电材料 45 在容器 48 中通过如箭头所示旋转的捏合叶片（或螺旋桨）49 进行捏合。

图 6B 中，将混合物 50 放入第一挤压成型机 51 的料斗 52 中，通过第一挤压成型机 51 将放入其中的混合物 50 挤压成型。通过使挤压成型模制品 53 通过水槽 54，将该模制品 53 用水槽 54 中的水 55 进行冷却。

将经冷却的模制品 53 用切割机 56 的刀具 57 切割成预定长度，将切好的粒料 58 存放在储备盘 59 中。

图 7 是上述制造方法中压制步骤的说明图，具体显示了步骤 ST11 到 ST13 的后半程。

将由前述步骤获得的粒料 58 如箭头所示放入第二挤压成型机 60 的料斗 61 中，将该粒料 58 用第二挤压成型机 60 挤压成型。将该挤压成型模制品 62 用辊子 63 滚轧形成带状片 64。

在辊子 63 的下游侧设置有压合机 65，该压合机 65 在带状片 64 的上方和下方具有上压模 66 和下压模 67。

上压模 66 具有面对带形片 64 的第二表面 64b 的加压面 66a，并且在该加压面 66a 上有凸起和凹槽（未示出）。该加压面 66a 上的凸起和凹槽用于在带形片 64 的第二表面 64b 上加压成型燃料气体通道凹槽 24（见图 4）。

下压模 67 具有面对带形片 64 的第一表面 64a 的加压面 67a，并且在该加压面 67a 上有凸起和凹槽（未示出）。加压面 67a 上的这些凸起和凹槽用于在带形片 64 的第一表面 64a 上加压成型冷却水通道凹槽 21（见图 4）。

将上压模和下压模 66、67 设置在加压起始位置 P1，将带形片 64 的

两面 64a、64b 通过上压模 66 和下压模 67 进行压制，保持这种状态，并使上压模 66 和下压模 67 如箭头 a、b 所示以带形片 64 的挤出速度进行移动。

这样，使冷却水通道凹槽 21 在带形片 64 的第一表面 64a，即在与冷却水通道形成面 20a 相对应一侧（见图 4）压制成型，并且使燃料气体通道凹槽 24 在带形片 64 的第二表面 64b，即在与燃料气体形成面 20b 相对应一侧（见图 4）压制成型，由此使带形片 64 形成为隔板原材料 68。

当上压模 66 和下压模 67 到达加压释放位置 P2 时，将上压模 66 和下压模 67 如箭头 c 和 d 所示从带形片 64 上移走，当上压模 66 和下压模 67 到达释放侧的预定位置后，使上压模 66 和下压模 67 如箭头 e、f 所示向上游侧移动。

当上压模 66 和下压模 67 达到加压起始侧的预定位置时，使上压模 66 和下压模 67 如箭头 g、h 所示向加压起始位置 P1 移动。

通过循环重复如上所述的步骤，从而在带形片 64 的表面 64a、64b 上形成了冷却水通道凹槽 21 和燃料气体通道凹槽 24。

在图 7 中，为了有助于理解，对其中各设置有一个上压模 66 和下压模 67 的实例进行了说明；然而，在实际情况中要各提供大量的上压模 66 和下压模 67。

通过各设置大量的上压模 66 和下压模 67，可以在带形片 64 的表面 64a、64b 上连续压制形成冷却水通道凹槽 21 和燃料气体通道凹槽 24（见图 4）。

上压模 66 和下压模 67 具有用于压制形成如图 1 所示的燃料气体入口 26a 和燃料气体出口 26b 的部分。并且，上压模 66 和下压模 67 具有用于形成如图 1 所示的氧化性气体入口 29a 和氧化性气体出口 29b 的部分。

上压模 66 和下压模 67 还具有用于形成如图 1 所示的冷却水入口 23a 和冷却水出口 23b 的部分。

这样，可以通过上压模 66 和下压模 67 在带形片 64 的表面 64a、64b 上形成冷却水通道凹槽 21 和燃料气体通道凹槽 24，同时可以形成如图 1

所示的冷却水入口 23a 和气体入口 26a、29a，以及冷却水出口 23b 和气体出口 26b、29b。

在压合机 65 的下游侧，在前述步骤所得到的隔板原材料 68 的上方设置有切割设备 70。

通过使该切割设备 70 的刀具 71 如箭头 i 所示下降，将隔板原材料 68 切割成预定尺寸并得到第一隔板 20。第一隔板 20 的制造过程就此结束。

这样，在根据本发明制造燃料电池隔板的这个方法中，将冷却水通道凹槽 21 和燃料气体通道凹槽 24 压制成型在呈带形片 64 状态的混合物 50 的表面 64a、64b 上，然后将带形片 64 切割成预定尺寸，从而得到第一隔板 20。

通过将冷却水通道凹槽 21 和燃料气体通道凹槽 24 在片 64 的状态下压制成型，冷却水通道凹槽 21 和燃料气体通道凹槽 24 可以被有效地连续模制，并且可以提高第一隔板 20 的生产率。

尽管结合图 5 到图 7 对形成第一隔板 20 的实例进行了描述，但第二隔板 30 也可以通过与第一隔板 20 相同的制造方法进行制造。

然而，第二隔板 30 中不具有象第一隔板 20 那样的冷却水通道凹槽 21（见图 4），而是具有平坦的接合面 30a。因此，图 7 中所示的下压模 67 的与带形片 64 的第一表面相对的面上，就不需要用来在带形片 64 的第一表面上压制形成冷却水通道凹槽 21 的凸起和凹槽。

下面将对第一实施方式的变化形式进行说明。

尽管在第一实施方式中，所述的实例中第一隔板 20 和第二隔板 30 中的热塑性树脂的比例是 14 重量%～20 重量%，且碳颗粒的比例是 80 重量%～86 重量%，但作为第一实施方式的变化形式，在第一隔板 20 和第二隔板 30 中热塑性树脂的比例为 14 重量%～20 重量%，碳颗粒的比例为 70 重量%～83.5 重量%，且玻璃纤维或碳纤维的比例为 2.5 重量%～10 重量%。

通过在混合物中混合有玻璃纤维或碳纤维，第一实施方式的该变化形式中的第一隔板 20 和第二隔板 30 可以具有更好的刚性。

这里将玻璃纤维或碳纤维的含量设定为 2.5 重量%～10 重量%的原因如下所述。

当玻璃纤维或碳纤维的含量低于 2.5 重量%时，则玻璃纤维或碳纤维的含量太小，难以提高第一隔板 20 和第二隔板 30 的刚性。

另一方面，当玻璃纤维或碳纤维的含量超过 10 重量%时，玻璃纤维或碳纤维的含量太大，以致于难以将玻璃纤维或碳纤维均匀分散在混合物中，混合物的挤压成型和压制成型就会出现问题。

因此，将玻璃纤维或碳纤维的含量设定为 2.5 重量%～10 重量%，从而提高第一隔板 20 和第二隔板 30 的刚性，并使混合物具有良好的成型性。

在第一实施方式的该变化形式中，将碳颗粒含量设定为 70 重量%～83.5 重量%的原因如下所述。

当碳颗粒含量小于 70 重量%时，碳颗粒含量太小，以致于难以减少第一隔板 20 和第二隔板 30 的体积电阻率（Ω.cm），也难以保证第一隔板 20 和第二隔板 30 具有足够的导电性。

另一方面，如上所述，当碳颗粒含量超过 86 重量%时，则碳颗粒含量太大，难以将碳颗粒均匀分散，在挤压成型和压制成型时就会出现问题。因此，需要将碳颗粒的含量设定为 86 重量%或更低。

然而，由于在第一隔板 20 和第二隔板 30 中含有 14 重量%～20 重量%的热塑性树脂和 2.5 重量%～10 重量%的玻璃纤维或碳纤维，因此在该变化方式中，碳颗粒的含量为 83.5 重量%或更低，由此碳颗粒可以均匀分散，并且可以顺利地完成挤压成型和压制成型。

当像这样将碳颗粒的含量设定为 70 重量%～83.5 重量%时，可以降低体积电阻（Ω.cm）率，并且可以获得具有良好成型性的混合物。

使用第一实施方式的该变化形式的第一隔板和第二隔板，可以得到与第一实施方式相同的效果，另外，由于混合有玻璃纤维或碳纤维，因此可以提高第一隔板 20 和第二隔板 30 的刚性。

下面，将在图 8 到图 14 的基础上，对第二实施方式进行说明。在第二实施方式中与第一实施方式中相同的部件使用相同的附图标记，并且

不再进行说明。

首先，对图 8 进行参考，该图是具有根据本发明第二实施方式的燃料电池隔板的燃料电池的分解透视图。

第二实施方式的燃料电池 110 中只有隔板 118（第一隔板 120 和第二隔板 130）与第一实施方式的燃料电池 10 不同，其结构的其他部分与第一实施方式中的燃料电池 10 相同。

下面将对隔板 118（第一隔板 120 和第二隔板 130）进行说明。

第一隔板 120 和第二隔板 130 由含有 10 重量%～34 重量%的聚苯硫醚、60 重量%～80 重量%的石墨、1 重量%～10 重量%的科琴黑与 5 重量%～15 重量%的切碎的碳纤维的混合物制成。

在第一隔板 120 和第二隔板 130 中含有作为热塑性树脂的 10 重量%～34 重量%的聚苯硫醚。由于聚苯硫醚是具有优异的成型性和优异的弹性的树脂，因此当第一隔板 120 和第二隔板 130 被注射成型时可以提高其成型性，并且可以得到具有优良密封特性的第一隔板 120 和第二隔板 130。

通过这种方法，可以进一步提高第一隔板 120 和第二隔板 130 的生产率和精确度。

此外，由于聚苯硫醚是具有优异耐热性的树脂，通过使第一隔板 120 和第二隔板 130 中含有聚苯硫醚，可以提高第一隔板 120 和第二隔板 130 的耐热性。

因此，可以将该隔板应用于在较高温度下使用的燃料电池，并且可以扩大其应用范围。

将聚苯硫醚的含量设定为 10 重量%～34 重量%的原因如下所述。

当聚苯硫醚含量低于 10 重量%时，则聚苯硫醚含量太低，难以保证第一隔板 120 和第二隔板 130 的成型性及第一隔板 120 和第二隔板 130 接触面的弹性，即密封特性。

而且，当含量小于 10 重量%时，则难以保证第一隔板 120 和第二隔板 130 的耐热性，且难以使其作为粘合剂而发挥作用。

另一方面，当聚苯硫醚含量超过 34 重量%时，在第一隔板 120 和第

二隔板 130 中石墨的含量太小，难以保证第一隔板 120 和第二隔板 130 具有足够的导电性。

因此，将热塑性树脂的含量设定为 10 重量%～34 重量%，从而使第一隔板 120 和第二隔板 130 的成型性、密封性、耐热性和粘合性得到保证，并确保具有足够的导电性。

而且，通过使第一隔板 120 和第二隔板 130 中含有 60 重量%～80 重量%的石墨，可以提高它们的导电性。

将石墨含量设定为 60 重量%～80 重量%的原因如下所述。

当石墨含量小于 60 重量%时，则石墨含量太少，难以提高第一隔板 120 和第二隔板 130 的导电性。

另一方面，当石墨含量超过 80 重量%时，则石墨含量太大，难以将石墨均匀分散，并且在挤压成型和压制成型时会出现问题。

因此，将石墨含量设定为 60 重量%～80 重量%，从而保证第一隔板 120 和第二隔板 130 的导电性并保证其成型性。

通过使石墨的含量至少为 60 重量%，可以降低体积电阻率（mΩ.cm），并且可以充分提高第一隔板 120 和第二隔板 130 的导电性。

而且，通过使第一隔板 120 和第二隔板 130 中含有 1 重量%～10 重量%的科琴黑，可以进一步提高导电性。

科琴黑是一种与其它碳黑相比导电性特别优良的材料，通过使第一隔板 120 和第二隔板 130 中含有科琴黑，可以使第一隔板 120 和第二隔板 130 的导电性得到更大地提高。

将科琴黑的含量设定为 1 重量%～10 重量%的原因如下所述。

如果科琴黑的含量低于 1 重量%，则由于科琴黑含量太低，存在无法充分保证第一隔板 120 和第二隔板 130 的导电性的危险。

另一方面，如果科琴黑的含量超过 10 重量%，则由于科琴黑含量太高，使捏合变得困难。尽管据信可以通过加入溶剂来进行捏合，但使用溶剂会存在费用增加的危险。

而且，即便是为了捏合而加入溶剂，但是含有科琴黑的捏合物的流动性比较差，并且在例如成型时难以得到预定的形状。

因此，将科琴黑的含量设定为 1 重量%～10 重量%，以保证第一隔板 120 和第二隔板 130 的导电性，并使捏合容易并确保良好的成型性。

第一隔板 120 和第二隔板 130 中的石墨和科琴黑为碳颗粒，且隔板中不含有大量的纤维材料。因此，隔板中由纤维材料引起的取向性的产生受到抑制，并且可以防止由于各向异性而使第一隔板 120 和第二隔板 130 中出现的卷曲和变形。

而且，由于在第一隔板 120 和第二隔板 130 中不含有大量的纤维材料，因此可以防止由于形成在第一隔板 120 和第二隔板 130 上的气体通道凹槽和冷却水通道凹槽中焊接线的暴露而造成的第一隔板 120 和第二隔板 130 强度的下降。

另外，通过使第一隔板 120 和第二隔板 130 中含有 5 重量%～15 重量%的切碎的碳纤维，可以提高第一隔板 120 和第二隔板 130 的强度和耐热性。

这里将切碎的碳纤维含量设定为 5 重量%～15 重量%的原因如下所述。

当切碎的碳纤维含量低于 5 重量%时，则切碎的碳纤维含量太少，难以保证第一隔板 120 和第二隔板 130 的强度和耐热性。

另一方面，当切碎的碳纤维含量超过 15 重量%时，在第一隔板 120 和第二隔板 130 中切碎的碳纤维的含量太大，切碎的碳纤维的取向性表现得很明显，第一隔板 120 和第二隔板 130 变得各向异性。因此，在第一隔板 120 和第二隔板 130 中就存在出现卷曲和变形的危险。

而且，当在第一隔板 120 和第二隔板 130 中侧面上有气体通道凹槽和冷却水通道凹槽时，焊接线易于暴露。因此，存在第一隔板 120 和第二隔板 130 的强度急剧下降的危险。

因此，将切碎的碳纤维的含量设定为 5 重量%～15 重量%，从而保证第一隔板 120 和第二隔板 130 的强度和耐久性。

这里，将第一隔板 120 和第二隔板 130 中聚苯硫醚的粘度设定为 20 psi～80 psi。

将聚苯硫醚得粘度设定为 20 psi～80 psi 的原因如下所述。

当聚苯硫醚粘度小于 20 psi 时，则粘度太低，在制造第一隔板 120 和第二隔板 130 时，聚苯硫醚无法硬化而形成浆体。

另一方面，当聚苯硫醚的粘度高于 80 psi 时，则聚苯硫醚粘度太高，在制造第一隔板 120 和第二隔板 130 时，无法将石墨等很好的捏合到聚苯硫醚之中。

因此，将聚苯硫醚的粘度设定为 20 psi～80 psi，从而可以将石墨等很好的捏合到聚苯硫醚之中，并进一步提高隔板的成型性。

聚苯硫醚的粘度用MFR(熔体流动速率)测试法在300℃测量(ASTM D1238)。

MFR 是这样一种方法：其中，将聚苯硫醚填充至垂直的金属圆筒中，用带有负载的活塞推压聚苯硫醚，并在该圆筒末端穿过模具挤出，此时测量活塞移动预定距离所需的时间，基于该测量值得到粘度。

下面，参考图 9，第一隔板 120 是基本上形成为矩形的元件(见图 8)，并在冷却水通道形成面 20a 具有多个冷却水通道凹槽 21 且在燃料气体通道形成面 20b 有多个燃料气体通道凹槽 24。

在第一隔板 120 中含有 10 重量%～34 重量%的聚苯硫醚。通过这种方法，可以保证第一隔板 120 的成型性、密封特性、耐热性和粘合性，并保证其充足的导电性。

由于在第一隔板 120 中切碎的碳纤维的弹性模量较高，当切碎的碳纤维含量太大时，切碎的碳纤维无法进入形成冷却水通道凹槽 21 的肋条 140，或进入形成燃料气体通道凹槽 24 的肋条 141，并易于出现切碎的碳纤维与聚苯硫醚的分离。

因此，就存在肋条 140、141 与其他部分相比具有更高的聚苯硫醚含量的危险，不能显示出它们的适当性能。

因此，将切碎的碳纤维的含量设定为 5 重量%～15 重量%。这样，切碎的碳纤维可以顺利进入肋条 140、141，并可以良好地形成肋条 140、141。

如图 10 所示，第二隔板 130 是基本上形成为如图 8 所示的矩形的元件，并具有平坦的接合面 30a，以及在氧化性气体通道形成面（接触面）

30b 上具有多个氧化性气体通道凹槽 37。

在第二隔板 130 中含有 10 重量%～34 重量%的聚苯硫醚。这样，可以保证第二隔板 130 的成型性、密封特性、耐热性和粘合性，并保证了足够的导电性。

与第一隔板 120 相同，在第二隔板 130 中，由于切碎的碳纤维含量保持在 5 重量%～15 重量%，所以切碎的碳纤维可以顺利地进入肋条 142 中，并可以良好地形成肋条 142。

下面，以图 11 作为参考，该图显示出电极扩散层 15、16 与隔板 118 相层叠。

将第一隔板 120 的冷却水形成面 20a 与第二隔板 130 的接合面 30a 接合在一起构成隔板 118，并用第二隔板 130 覆盖第一隔板 120 的冷却水通道凹槽 21，以形成冷却水通道 22。

通过与燃料气体形成面 20b 相对设置的阳极扩散层 15，利用燃料气体通道凹槽 24 和阳极扩散层 15 形成了燃料气体通道 25。

由于在隔板 118 中含有 5 重量%～15 重量%的切碎的碳纤维，因此它的强度、弹性模量和耐热性都被进一步提高。通过增加隔板 118 的强度，当将隔板 118 组装至燃料电池上时可以提高其紧固强度。

通过提高隔板 118 的弹性模量和耐热性，还可以提高在高温下耐气压性和蠕变强度，从而可以适用于甚至在高温下使用的燃料电池。

下面，在图 12 中，将对如何获得体积电阻率 ρ_v 进行说明。首先，对通过四探针法（ASTM D991）来获得样品 150（宽 W，高 t，长 L）的体积电阻率 ρ_v 的例子进行说明。

使固定的电流 I 如箭头所示从横截面积为（W×t）的第一端 151 流过至第二端 152，在第一端 151 侧的电极和在第二端 152 侧的电极之间的电势差 V 用四探针法进行测量，所述电极间的距离为 L。

基于所测量的电势差 V，可以通过下面的公式得到体积电阻率 ρ_v。

体积电阻率 $\rho_v=(V/I)\times(W/L)\times t$

下面将对采用四探针法的原因进行说明。

在电势差 V 的测量中，当固定电流 I 通过样品 150 时，由于样品 150

的第一端151与电极之间的界面现象而产生了被称为接触电阻的电压降。由于该接触电阻的影响，体积电阻率Ω（V/I）的测量值偏高。

为了避免这个问题，通过采用四探针法，可以消除接触电阻，并可以获得样品150真正的体积电阻率ρ_v。

作为测量电势差 V 的方法，除了四探针法以外，双环法（ASTM D257）也是已知的。

然而，双环法适用于高电阻的测量，即使是在本发明得到的测量结果中也可以发现，与四探针法相比，双环法测得的体积电阻率相当的低。

下面将基于表1中的测试例1和2，对通过四探针法（ASTM D991）和双环法（ASTM D257）所得到的体积电阻率进行讨论。

表 1

			密度	测试例 1	测试例 2
混合物组成	聚苯硫醚	粘度 60 psi	1.35	15 重量%	12.5 重量%
		粘度 20 psi	1.35	15 重量%	12.5 重量%
	增塑剂（聚合物型）		0.95	-	2.5 重量%
	石墨		2.3	69 重量%	69 重量%
	科琴黑		1.8	1 重量%	1 重量%
	切碎的碳纤维（PAN）		1.75	-	2.5 重量%
组合物的流动性（旋流比）				30	45
体积电阻率	四探针法（ASTM D991）			0.57 mΩ·cm	0.33 mΩ·cm
	双环法（ASTM D257）			0.155 mΩ·cm	0.072 mΩ·cm

如表 1 所示，测试例 1 的测试片中含有 15 重量%的聚苯硫醚（粘度 60 psi）、15 重量%的聚苯硫醚（粘度 20 psi）、69 重量%的石墨（粒径 100 μm）和 1 重量%科琴黑。

该混合物具有旋流比为 30 的流动性。

测试例 2 的测试片中含有 12.5 重量%的聚苯硫醚（粘度 60 psi）、12.5 重量%的聚苯硫醚（粘度 20 psi）、2.5 重量%的增塑剂（聚合物型）、69 重量%石墨（粒径 100 μm）、1 重量%的科琴黑和 2.5 重量%的 PAN 切碎的碳纤维。

该混合物具有旋流比为 45 的流动性。

旋流比是通过旋流测试所得到的比。旋流测试是这样的测试：将熔融树脂用注射成型机注射到在模具中形成的狭长的螺旋型凹槽中，由该熔融树脂在螺旋型凹槽中的流动长度来确定其成型性。

测试例 1 的测试片和测试例 2 的测试片的体积电阻率通过四探针法和双环法而得到。

通过双环法得到的体积电阻率是：测试例 1 为 0.155 mΩ·cm，测试例 2 为 0.072 mΩ·cm。

另一方面，通过四探针法得到的体积电阻率是：测试例 1 为 0.57 mΩ·cm，测试例 2 为 0.33 mΩ·cm。

由此可以发现，当采用适合于高电阻率范围的双环法在低电阻率范围内对体积电阻率进行测量时，与四探针法相比，用双环法测得的体积电阻率相当的低。因此，为了提高可靠性，决定采用四探针法来测量体积电阻率。

下面将参考图 13、14，对通过四探针法所得到的体积电阻率与石墨和科琴黑含量的关系进行讨论。

在图 13 中，纵轴表示体积电阻率（mΩ·cm），横轴表示石墨的含量（重量%）。

可以看到，当石墨含量为 0 时，体积电阻率大约为 150000 mΩ·cm，但当石墨含量为 60 重量%或更高时，体积电阻率下降。

因此，将石墨含量设定为至少 60 重量%，优选至少为 65 重量%。

在图 14 中，纵轴表示体积电阻率（mΩ·cm），横轴表示科琴黑的含量（重量%）。

当科琴黑的含量为 0 时，体积电阻率约为 3400 mΩ·cm，但当科琴黑的含量达到 1 重量%时，体积电阻率下降到约 500 mΩ·cm。

而且可以看到，当科琴黑含量为 2 重量%时，体积电阻率约为 300 mΩ·cm，当科琴黑含量达到 3 重量%时，体积电阻率极小。

所以，将科琴黑含量设定至少为 1 重量%。

下面，将基于表 2 对测试例 1 到 3 和对比例 1 和 2 进行讨论。

对于隔板 118 中所含有的聚苯硫醚，作为例子可以采用由出光石油化学株式会社制造的产品，对于石墨，作为例子可以采用由日本黑铅工业株式会社制造的产品。

对于科琴黑，作为例子可以采用由 Ketjen Black International Co.，Ltd（由三菱化学株式会社销售）制造的 EC600JD（商品名），对于切碎的碳纤维，作为例子可以采用由 Toray Industries, Inc.生产的 PAN 型产品。

由 Ketjen Black International Co.，Ltd 生产的 EC600JD（商品名）是一种高等级、高导电性碳黑，该碳黑只需使用普通科琴黑约 60%的含量就能够提供同样的导电性。

由 Toray Industries，Inc.生产的切碎的碳纤维是一种直径 d 为 7μm、长度为 3 mm 的碳纤维。

表 2

		测试例 1	测试例 2	测试例 3	对比例 1	对比例 2
混合物组成	聚苯硫醚	33.25 重量%（粘度 45 psi）	30 重量%（粘度 45 psi）	25 重量%（粘度 45 psi）	35 重量%（粘度 80 psi）	35 重量%（粘度 80 psi）
	石墨	60 重量%（颗粒 100 μm）	63 重量%（颗粒 100 μm）	67 重量%（颗粒 100 μm）	58 重量%（颗粒 100 μm）	62 重量%（颗粒 100 μm）
	科琴黑	2.85 重量%（EC600JD）	2 重量%（EC600JD）	3 重量%（EC600JD）	2 重量%（EC600JD）	3 重量%（EC600JD）
	切碎的碳纤维	5 重量%（PAN）	5 重量%（PAN）	5 重量%（PAN）	5 重量%（PAN）	-
组合物的流动性（旋流比）		40	45	60	62	50
体积电阻率		72 mΩ·cm	85 mΩ·cm	60 mΩ·cm	330 mΩ·cm	98 mΩ·cm
结论		○	○	○	×	×

—聚苯硫醚 ：出光石油化学（株）
—石墨 ：日本黑铅工业（株）
—科琴黑 ：Ketjen Black International Co., Ltd.
—切碎的碳纤维 ：Toray Industries, Inc.

如表 2 所示，测试例 1 含有 33.25 重量%的聚苯硫醚（粘度 45 psi）、60 重量%石墨（粒径 100 μm），2.85 重量%的科琴黑和 5 重量%的切碎的碳纤维。该混合物具有旋流比为 40 的流动性。

测试例 2 含有 30 重量%的聚苯硫醚（粘度 45 psi）、63 重量%石墨（粒径 100 μm）、2 重量%的科琴黑和 5 重量%的切碎的碳纤维。该混合物具有旋流比为 45 的流动性。

测试例 3 含有 25 重量%的聚苯硫醚（粘度 45 psi）、67 重量%石墨（颗粒直径 100 μm）、3 重量%的科琴黑和 5 重量%的切碎的碳纤维。该混合物具有旋流比为 60 的流动性。

对比例 1 含有 35 重量%的聚苯硫醚（粘度 80 psi）、58 重量%石墨（粒径 100 μm）、2 重量%的科琴黑和 5 重量%的切碎的碳纤维。该混合物具有旋流比为 62 的流动性。

对比例 2 含有 35 重量%的聚苯硫醚（粘度 80 psi）、62 重量%石墨（粒径 100 μm）、3 重量%的科琴黑。该混合物具有旋流比为 50 的流动性。

制备测试例 1 到 3 和对比例 1 和 2 的样品，然后参考图 12 通过四探针法得到样品的体积电阻率。

这里，如果体积电阻率是 90 mΩ·cm 或更小，则当在隔板 18 中使用时，混合物就可以提供足够的导电性（见图 1），由此预期出发，将体积电阻率的阈值设定为 90 mΩ·cm，当所得到的体积电阻率为 90 mΩ·cm 或更低时，评价为○，而当体积电阻率高于 90 mΩ·cm，评价为×。

结果显示，测试例 1 的体积电阻率为 72 mΩ·cm，低于 90 mΩ·cm，因此评价为○。

测试例 2 的体积电阻率为 85 mΩ·cm，低于 90 mΩ·cm，因此评价为○。

测试例 3 的体积电阻率为 60 mΩ·cm，低于 90 mΩ·cm，因此评价为○。

另一方面，对比例 1 的体积电阻率为 330 mΩ·cm，高于 90 mΩ·cm，因此评价为×。

对比例 2 的体积电阻率为 98 mΩ·cm，高于 90 mΩ/cm，因此评价为×。

对于混合物的流动性，考虑到成型性等，其旋流比必须至少为 30，优选至少应该为 40。

在测试例 1 到测试例 3 及对比例 1 和对比例 2 中，由于表示混合物的流动性的旋流比均大于 40，因此例如可以进行注射成型。

下面将对第二实施方式的变化形式进行说明。

尽管在第二实施方式中说明了这样的实例：其中在第一隔板 120 和第二隔板 130 中含有 10 重量%～34 重量％聚苯硫醚、60 重量%～80 重量％的石墨、1 重量%～10 重量％的科琴黑和 5 重量%～15 重量％的切碎的碳纤维，但作为第二实施方式的变化形式，在第一隔板 120 和第二隔板 130 中可以含有 10 重量%～34 重量％的聚苯硫醚、65 重量%～80 重量％的石墨和 1 重量%～10 重量％科琴黑。

采用第二实施方式的这种变化形式，通过使第一隔板 120 和第二隔板 130 中含有 10 重量%～34 重量％的聚苯硫醚，当进行注射成型时，可以提高第一隔板 120 和第二隔板 130 的成型性，并且可以得到具有优异的密封特性的第一隔板 120 和第二隔板 130。

结果，可以进一步提高第一隔板 120 和第二隔板 130 的生产率和精确性。

而且，由于聚苯硫醚是一种具有良好耐热性的树脂，因此通过使第一隔板 120 和第二隔板 130 中含有聚苯硫醚，可以提高第一隔板 120 和第二隔板 130 的耐热性。因此，可以应用于在较高温度下使用的燃料电池，并且可以扩大其应用范围。

在第二实施方式的该变化形式中，将聚苯硫醚的含量设定为 10 重量%～34 重量％的原因与第二实施方式相同。

通过使第一隔板 120 和第二隔板 130 中含有 65 重量%～80 重量％的石墨，可以提高导电性。

将石墨含量设定为 65 重量%～80 重量％的原因与第二实施方式相同。

即，当石墨含量低于 65 重量%时，由于石墨含量太小，以致于难以提高第一隔板 120 和第二隔板 130 的导电性。

另一方面，当石墨含量高于 80 重量%时，则石墨含量太高，使石墨难以均匀分散，在挤压成型和压制成型时就会出现问题。

因此，将石墨含量设定为 65 重量%～80 重量%，从而保证第一隔板 120 和第二隔板 130 的导电性并确保其成型性。

通过使石墨含量超过 65 重量%，可以降低第一隔板 120 和第二隔板 130 的体积电阻率（mΩ·cm），并充分提高第一隔板 120 和第二隔板 130 的导电性。

此外，通过使隔板中含有 1 重量%～10 重量%的科琴黑，可以更进一步提高导电性。

在第二实施方式的该变化形式中，将科琴黑含量设定为 1 重量%～10 重量%的原因与第二实施方式相同。

在第二实施方式的该变化形式中使用第一隔板 120 和第二隔板 130，可以获得与第二实施方式相同的效果。

尽管在前述的第一实施方式和第二实施方式中，对采用固体聚合物电解质膜作为电解质膜 12 的固体聚合物燃料电池 10、110 进行了描述，但本发明并不仅限于此，还可以应用于其它燃料电池。

尽管在前述的第一实施方式和第二实施方式中，对第一隔板 20、120 和第二隔板 30、130 通过挤压成型和压制成型进行连续成型的实例做了说明，但本发明并不仅限于此，它们也可以通过诸如热压、注射成型或传递模压等其它替代制造方法进行成型。

传递模压是这样一种成型方法：通过将一次投放量的成型材料放入除了空腔以外的熔锅部件中，然后用活塞将熔融材料转移到空腔中。

尽管，在前述的第一实施方式和第二实施方式的实例中，作为例子采用了由 Ketjen Black International Co.,Ltd.制造的科琴黑 “EC600JD”(由三菱化学株式会社销售)。但对此并没有限制，例如可以替代使用由 Ketjen Black International Co.,Ltd.制造的 “EC”，或者也可以使用某些其它的科琴黑。

还可以使用其它具有像科琴黑那样良好导电性的碳黑来代替科琴黑。

同样，尽管在第二实施方式中，描述了一个在第一隔板 120 和第二隔板 130 中所含有的聚苯硫醚的粘度为 20 psi～80 psi 的实例，但是当聚苯硫醚的粘度高于 80 psi 时，可以利用增塑剂进行处理。

同样，尽管在前述的第二实施方式中，描述了一个使用粒径为 100 μm 的石墨的实例，但石墨的粒径并不仅限于 100 μm，也可以替代使用某些其它粒径。

尽管在前述的第二实施方式中，描述了一个使用 PAN 切碎的碳纤维的实例，但并不仅限于此，可以替代使用例如沥青类（pitch）切碎的碳纤维。

工业实用性

如上所述，采用本发明，可以通过使隔板的接触面部分具有良好的密封特性，从而提高隔板的生产率；因此，本发明特别适用于期待实现大量生产的汽车燃料电池领域。

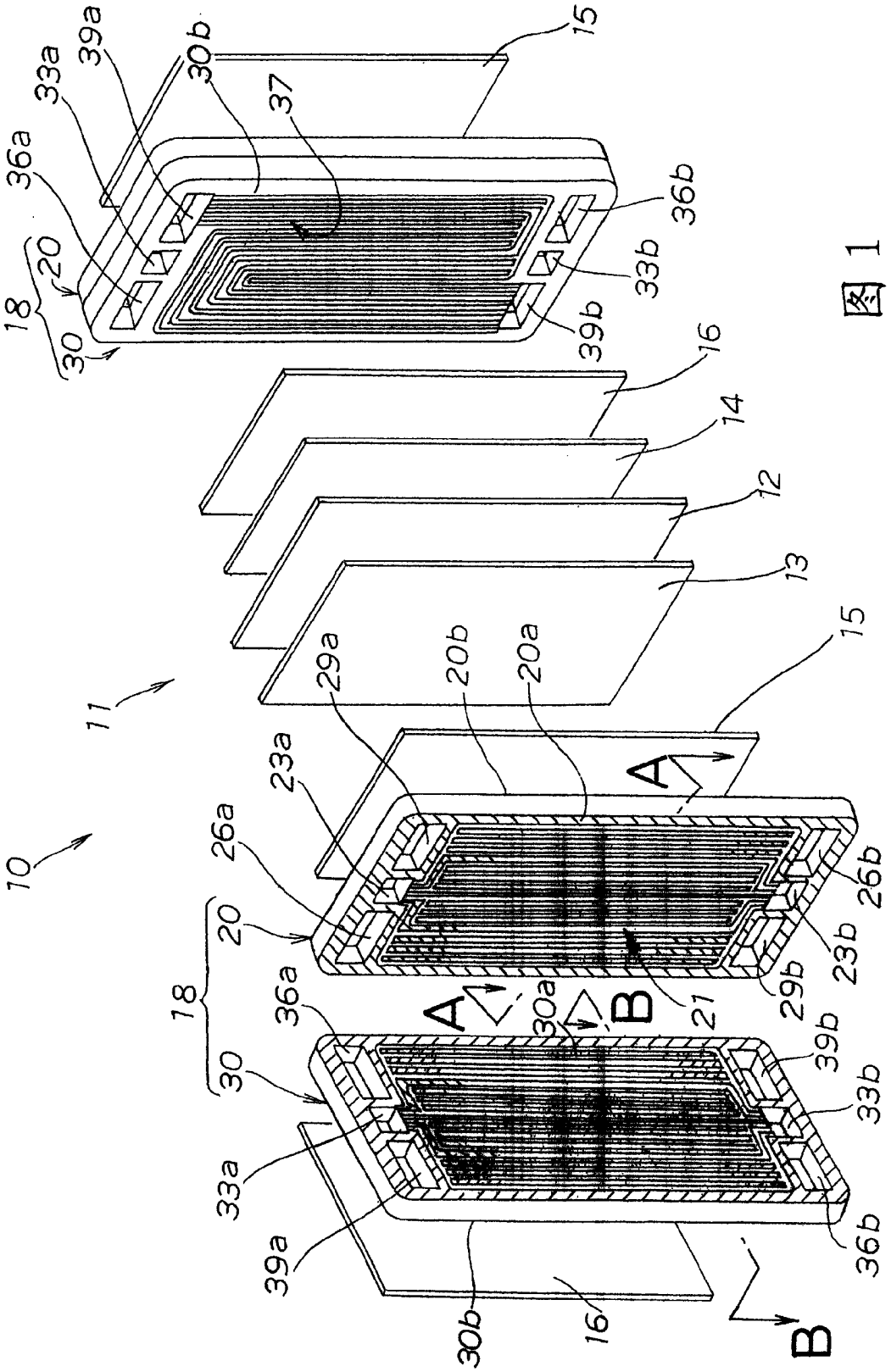

10
11
15
16
14
12
13
15
16
18
20
30
33a
33b
36a
36b
37
39a
39b
20a
20b
21
23a
23b
26a
26b
29a
29b
30a
30b
A
A
B
B

图 1

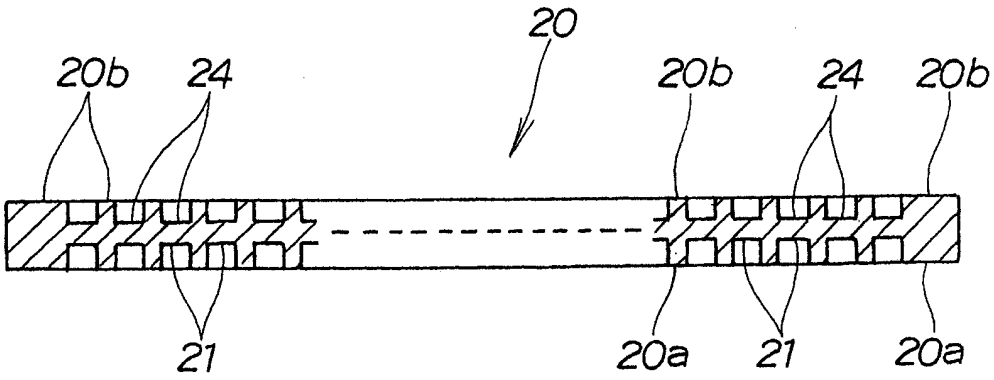


图 2

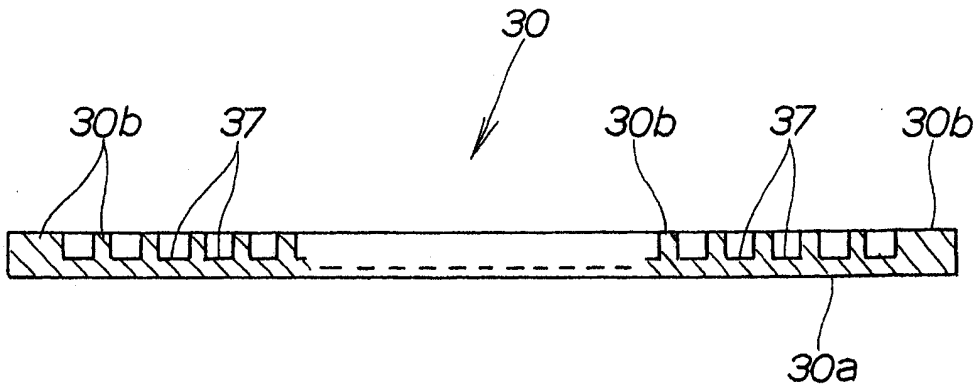


图 3

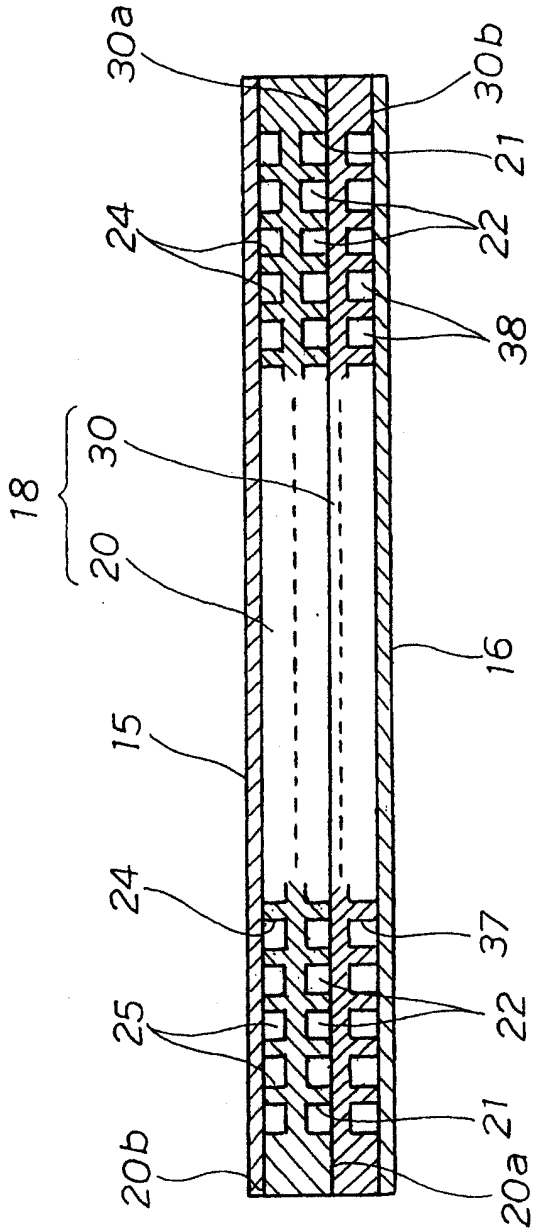


图 4

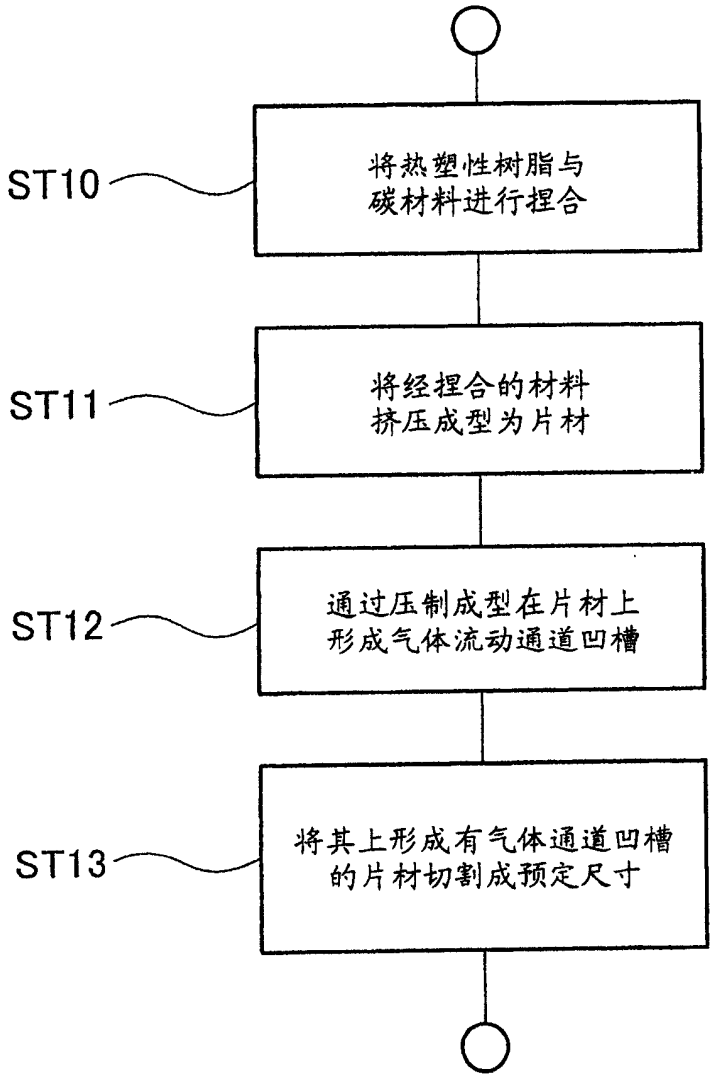

ST10
将热塑性树脂与
碳材料进行捏合
ST11
将经捏合的材料
挤压成型为片材
ST12
通过压制成型在片材上
形成气体流动通道凹槽
ST13
将其上形成有气体通道凹槽
的片材切割成预定尺寸

图 5

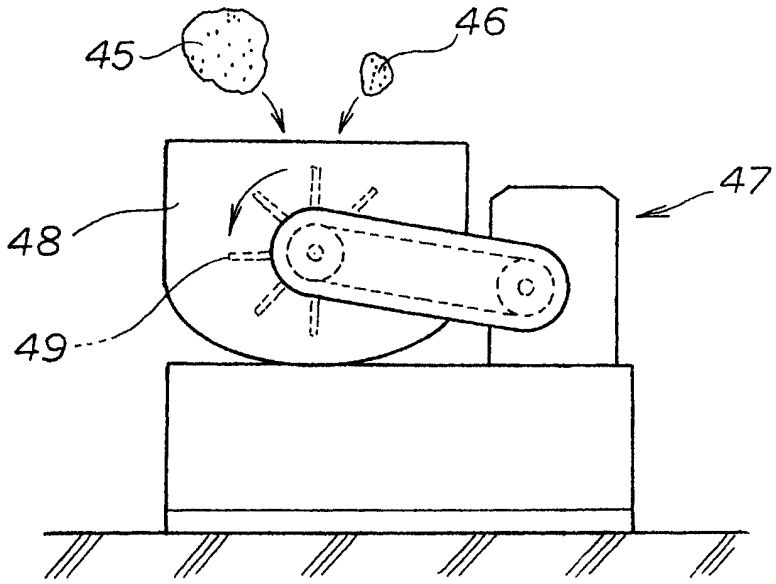


图 6A

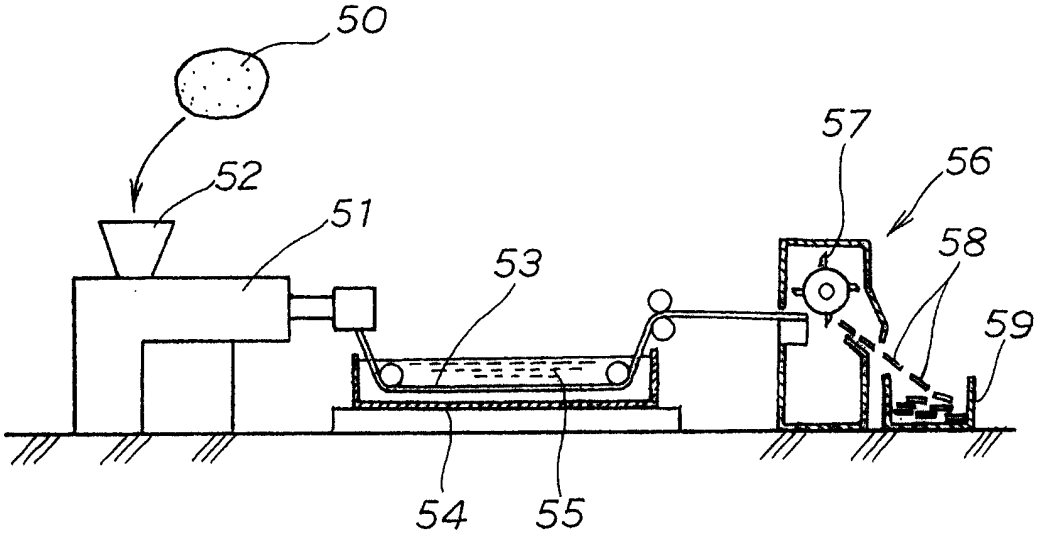


图 6B

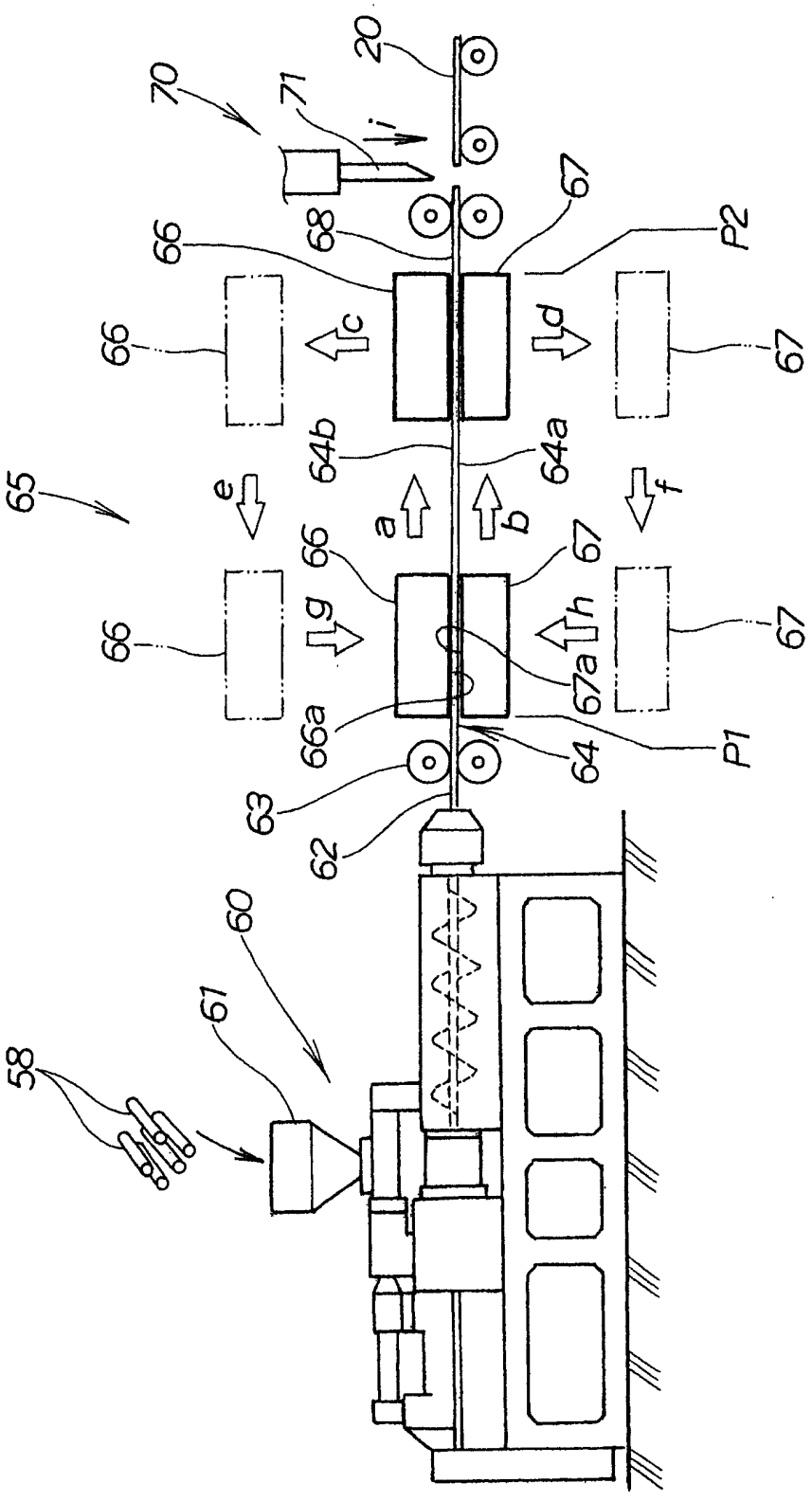

20
70
71
i
67
68
66
P2
66
c
d
67
64b
64a
65
e
a
b
f
66
67
66
g
h
67
67a
66a
P1
64
63
62
60
61
58

图 7

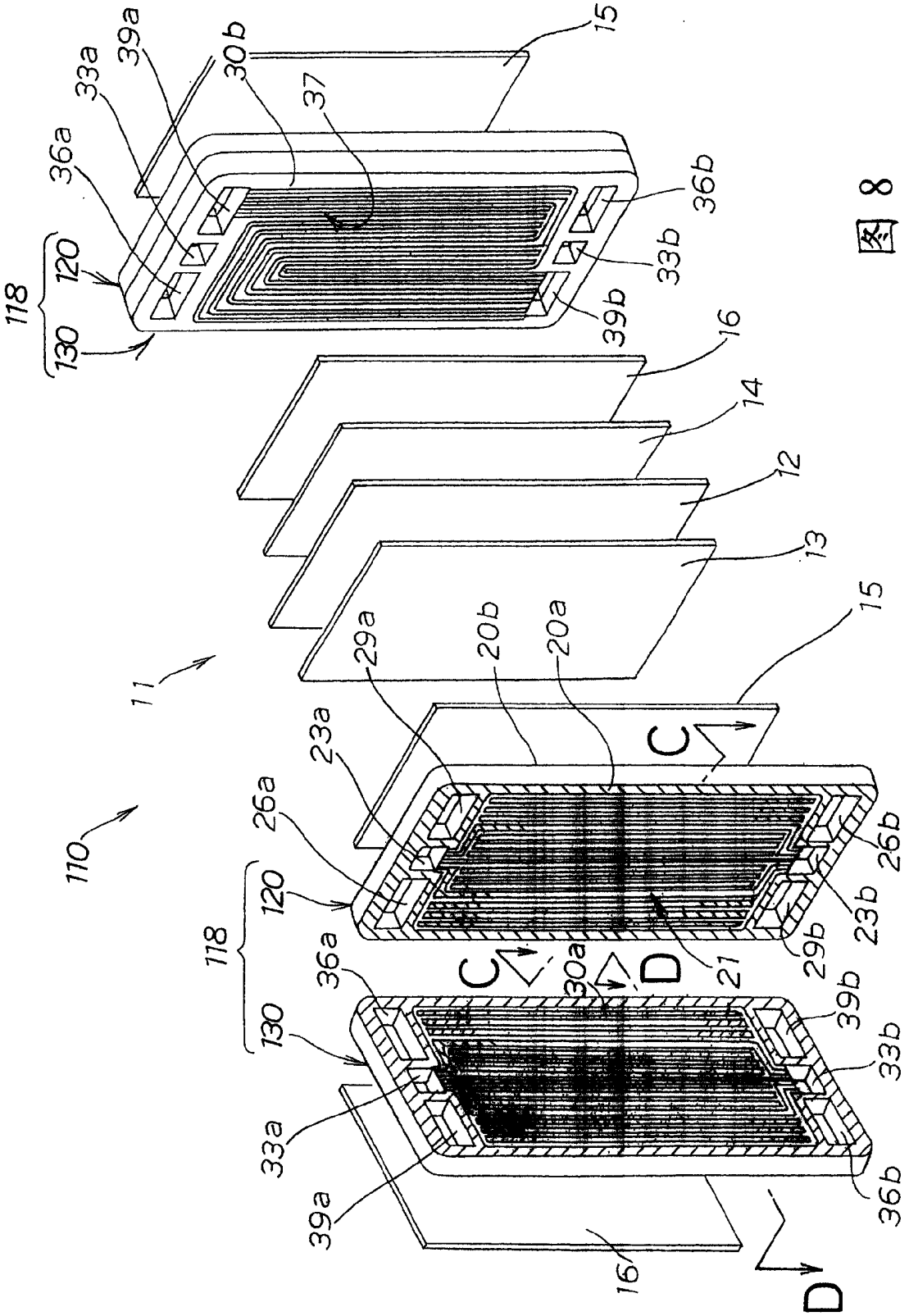

15
39a
33a
30b
37
36a
36b
120
118
130
33b
39b
16
14
12
13
11
29a
20b
20a
15
23a
C
110
26a
26b
120
118
23b
29b
36a
C
30a
D
21
39b
130
33b
33a
39a
36b
16
D

图 8

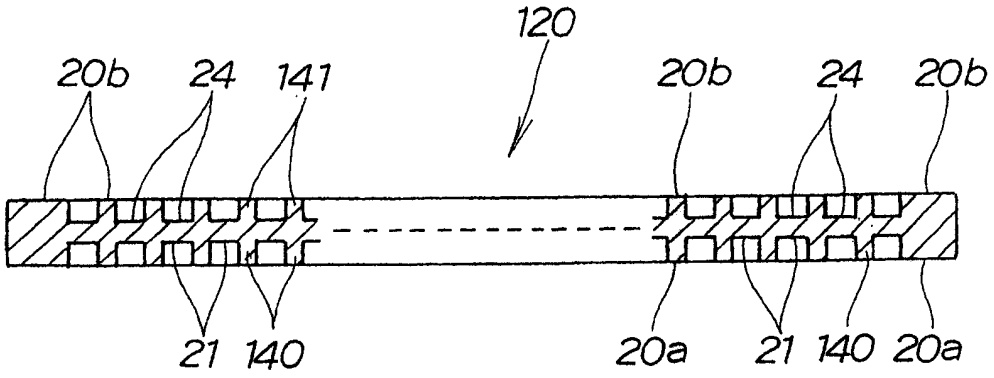

120
20b
24
141
20b
24
20b
21
140
20a
21
140
20a

图 9

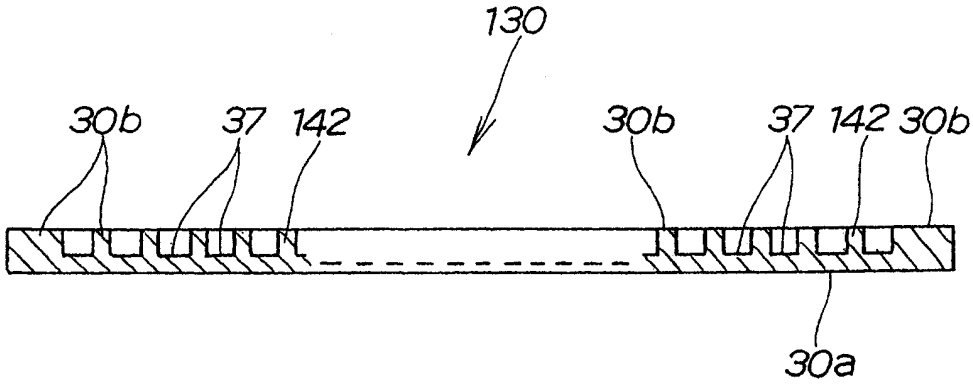

130
30b
37
142
30b
37
142
30b
30a

图 10

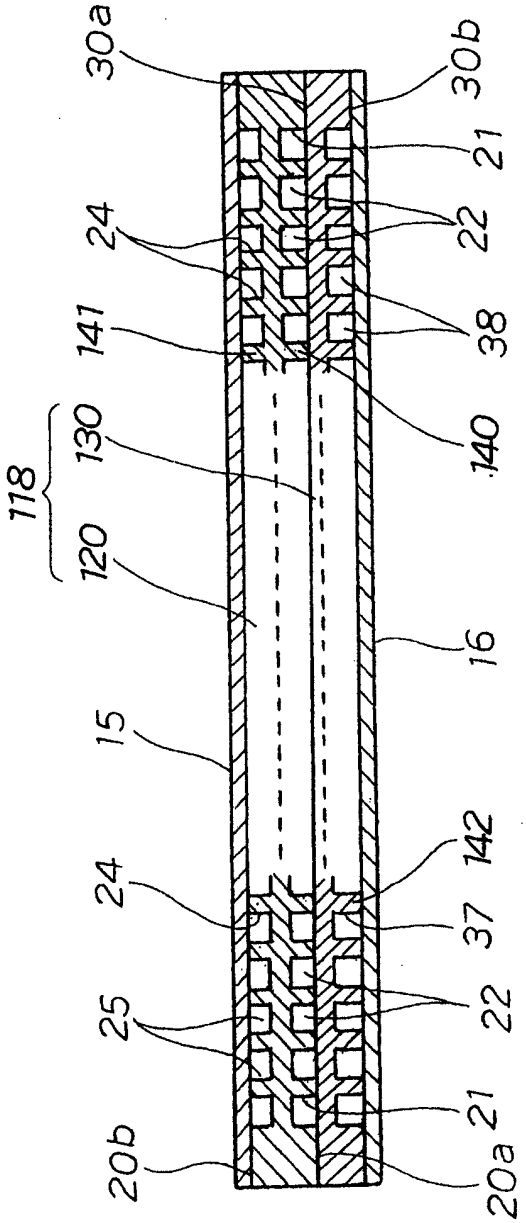

30a
30b
21
24
22
141
38
130
140
118
120
16
15
142
24
37
25
22
21
20b
20a

图 11

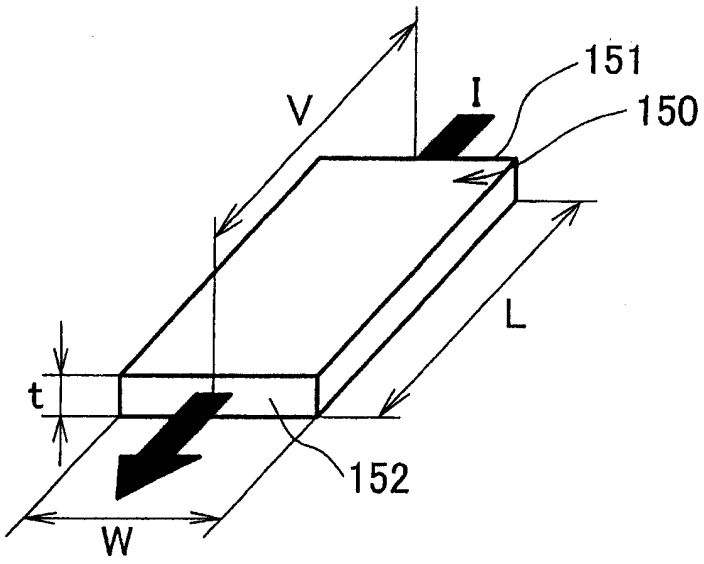


图 12

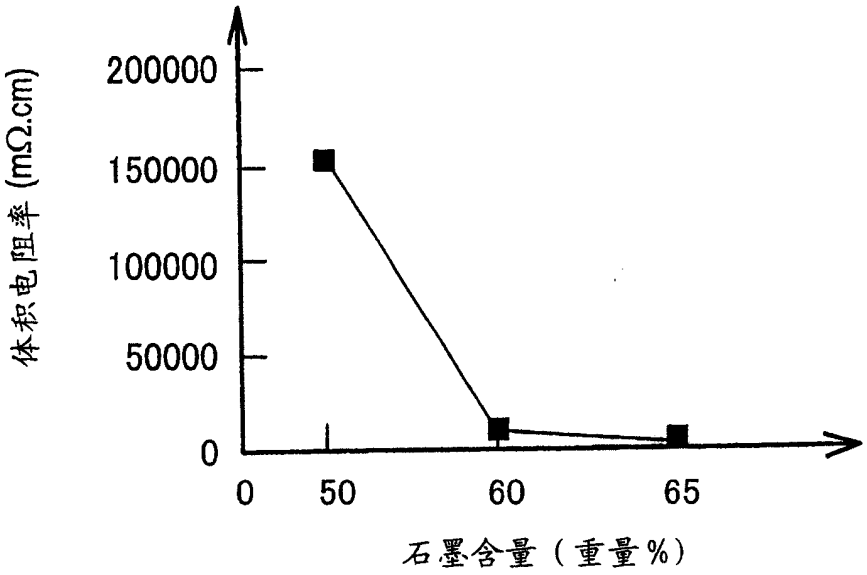

体积电阻率 (mΩ.cm)
200000
150000
100000
50000
0
0
50
60
65
石墨含量（重量%）

图 13

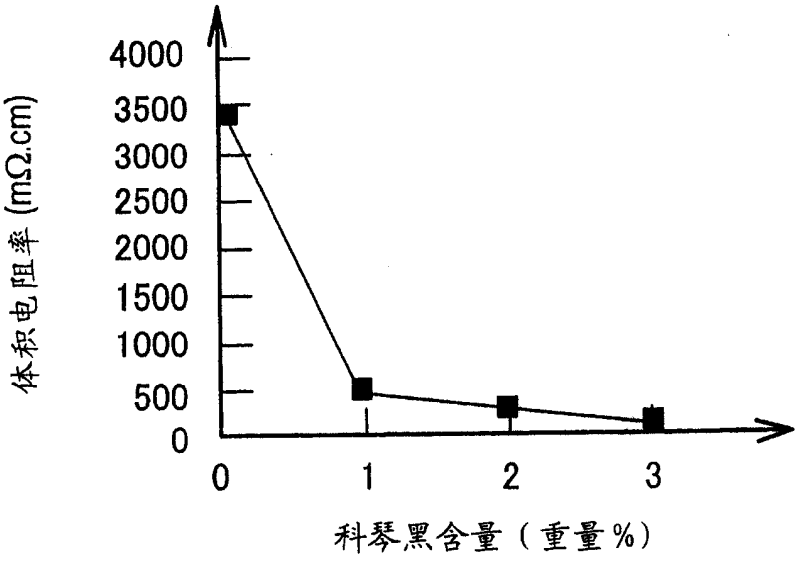

体积电阻率 (mΩ.cm)
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
0
1
2
3
科琴黑含量（重量%）

图 14

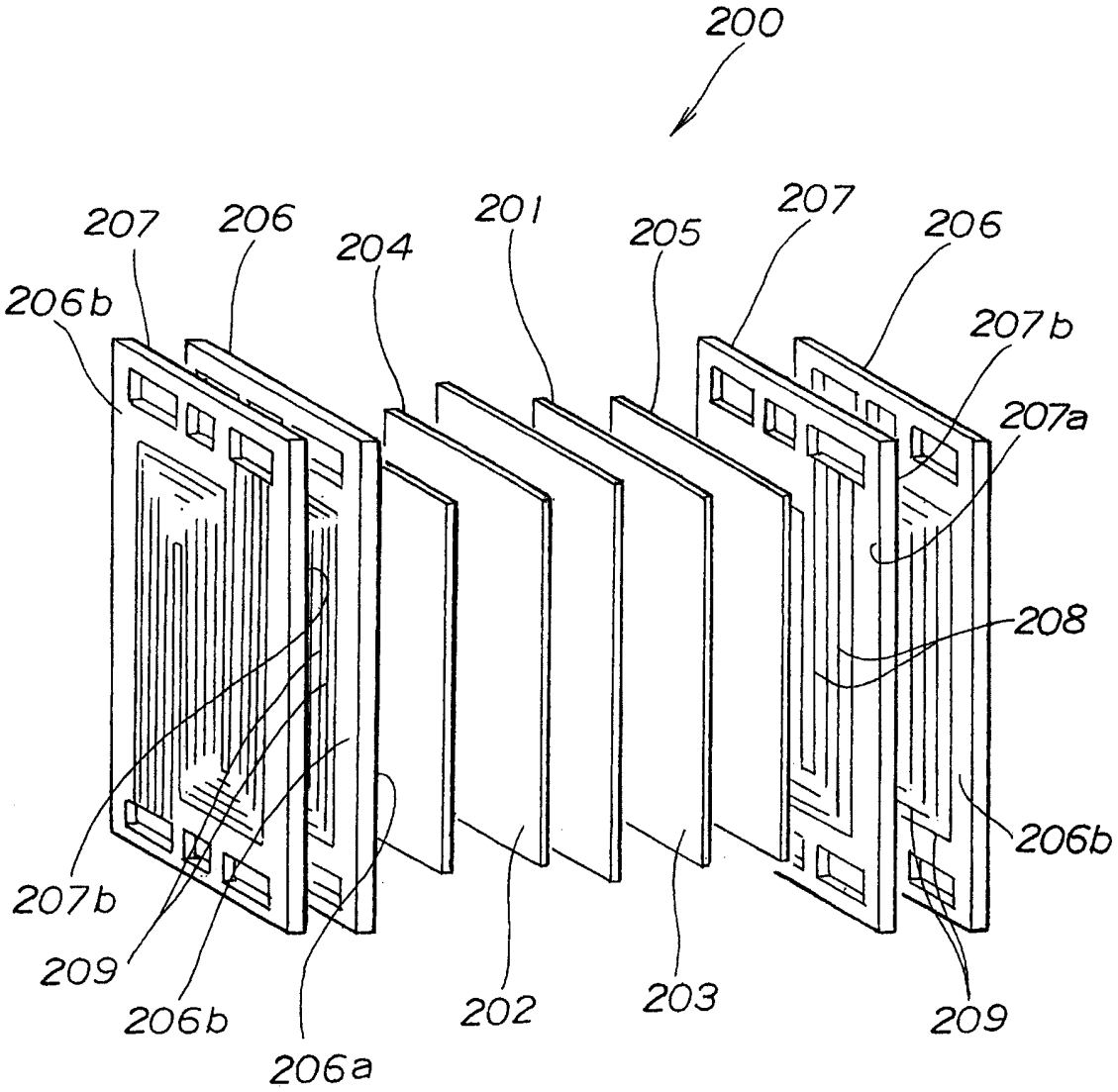

200
207
206
204
201
205
207
206
206b
207b
207a
208
206b
207b
209
206b
206a
202
203
209

图 15
（现有技术）