

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H01M 8/04

H01M 8/02 H01M 8/00



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03127419.6

[43] 公开日 2004 年 3 月 10 日

[11] 公开号 CN 1481046A

[22] 申请日 2003.8.6 [21] 申请号 03127419.6

[30] 优先权

[32] 2002. 8. 6 [33] US [31] 10/212541

[71] 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 R·S·邦克

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

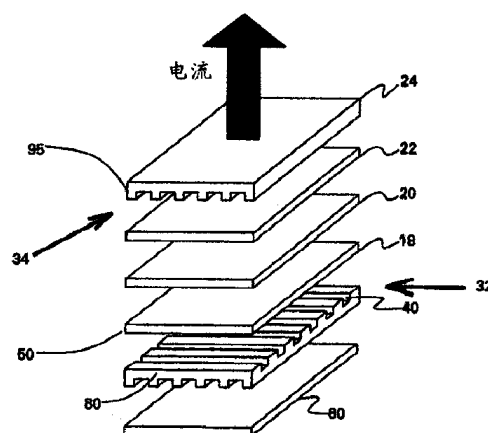
代理人 周慧敏 马崇敏

权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 10 页

[54] 发明名称 燃料电池的纤维冷却

[57] 摘要

燃料电池 [50]，例如固体氧化剂燃料电池，需要冷却以维持温度水平并排出由燃料电池 [50] 产生的热量。本发明提供了一种包括至少一个燃料电池 [50] 的燃料电池组件 [10]。燃料电池包括一个阳极 [22]，一个阴极 [18]，置于其间的电解质 [20]，与阳极、阴极和电解质的至少之一紧密相连的互连器 [24]，置于燃料电池 [50] 内的至少一个流体流动通道 [95]，和置于流体流动通道 [95] 内的至少一个纤维 [40]。置于流体流动通道 [95] 内的纤维 [40] 在流体流动通道中输送流体时干扰流体流动，产生不稳定尾流 [501]。这些不稳定尾流 [501] 增强与至少一个纤维 [40] 相邻的局部传热特性。传热特性提高增大了更有效的散热能力，因此改善冷却能力并能够保持在燃料电池组件 [10] 中的预定热梯度和温度水平。



ISSN 1008-4274

1. 一种燃料电池组件[10]，其包括：
至少一个燃料电池[50]，包括至少一个阳极[22]、一个阴极[18]
和置于其间的电解质[20]；
- 5 一种互连器[24]，与所述阳极[22]、所述阴极[18]和所述电解质
[20]的至少一个紧密接触。
至少一个流体流动通道[95]，置于所述至少一个燃料电池[50]
中；和
至少一个纤维[40]，置于所述至少一个流体流动通道[95]内以干
10 扰在所述至少一个流体流动通道[95]内所述流体流的输送过程中的流
体流动。
2. 根据权利要求1的燃料电池组件[10]，其中，所述燃料电池[50]
选自固体氧化物燃料电池、质子交换膜燃料电池或固体聚合物燃料电
池、熔融碳酸盐燃料电池、磷酸燃料电池、碱性燃料电池、直接甲醇
15 燃料电池、再生燃料电池、锌空气燃料电池和质子陶瓷燃料电池。
3. 根据权利要求1的燃料电池组件[10]，其中，所述至少一个纤
维[40]包含耐高温材料。
4. 根据权利要求1的燃料电池组件[10]，其中，所述至少一个纤
维[40]包含抗氧化材料。
- 20 5. 根据权利要求1的燃料电池组件[10]，其中，所述至少一个纤
维[40]包含在纤维束[507]中组合的许多纤维[407]。
6. 一种用于燃料电池组件[10]的流体流动通道[95]，所述的流体
流动通道[95]包括：
为流体流动限定至少一个流动通道的壳体[85]，所述壳体[85]包
25 括一对相对的侧面部分[70]和连接所述一对相对侧面部分的连接部分
[80]；和
至少一个纤维[40]，置于所述壳体内，直接或间接连接到所述侧
面部分和所述连接部分的至少之一，以便在所述流体流在所述壳体[85]
内输送时干扰流体流动。
- 30 7. 根据权利要求6的用于燃料电池组件[10]的流体流动通道
[95]，其中所述流体流动通道[95]包括氧化剂流动通道[28]并且所述
至少一个纤维置于所述氧化剂流动通道[28]中干扰在所述氧化剂流动

通道中输送的氧化剂流[32]。

8. 一种用于燃料电池组件[10]中的流体流动通道[95]，所述流体流动通道[95]包括：

- 5 一个管状壳体，其为流体流动限定至少一个流动通道；和
 至少一个纤维[308]，置于所述管状壳体[86]内，所述至少一个纤维[308]的至少一端直接或间接地连接在管状壳体[86]上，以便在所述管状壳体[86]内输送所述流体流时干扰流体流动。

9. 根据权利要求 8 的用于燃料电池组件[10]的流体流动通道[95]，其中，所述流体流动通道[95]包括氧化剂流动通道[28]和燃料流动通道[36]的至少之一，且所述至少一个纤维[308]置于氧化剂流动通道[28]和燃料流动通道[36]的至少之一中。

10. 一种燃料电池组件[10]，其包括：

 至少一个燃料电池[50]，包括一个阳极[22]、一个阴极[18]和置于其间的电解质[20]；

- 15 与所述阳极[22]、阴极[18]和电解质[20]的至少之一紧密接触的互连器[24]；

 置于所述至少一个燃料电池[50]内的至少一个氧化剂流动通道[28]；

- 20 置于所述至少一个燃料电池内的至少一个燃料流动通道[36]；和
 置于所述氧化剂流动通道[28]和燃料流动通道[36]的至少之一内的干扰流体流动的至少一个纤维[40]。

燃料电池的纤维冷却

技术领域

- 5 本发明总体上涉及发电装置，例如燃料电池，更具体地涉及例如固体氧化物燃料电池的燃料电池的热控制问题。

技术背景

- 燃料电池是利用电化学方法通过离子导电层结合燃料和氧化剂发电的能量转换装置。高温燃料电池组，例如固体氧化物燃料电池组，通常由一组轴向延伸的管状连接的燃料电池和相关的燃料和空气分配装置组成。管状燃料电池的替代结构是由平板单体组件构成的平板型燃料电池。平板型燃料电池可以有逆流、交叉流动、并流多种流动方式。典型的平板型燃料电池的组件包括三层阳极/电解质/阴极部件，它们从一个电池到另一个电池传导电流并为进入立体结构或叠层的气流提供流动通道。

- 15 在固体氧化物燃料电池中，氧离子 (O^{2-}) 通过电解质传递在外电路中产生电子流。在从大约 600℃ 到大约 1300℃ 的操作温度下，固体氧化物燃料电池中产生的余热主要通过氧化剂排出，以保持燃料电池部件，如阳极、阴极、电解质的理想温度。

- 20 燃料电池，例如固体氧化物燃料电池，展示了在发电方面的高效和低污染的潜质，但是，仍然存在与燃料电池的热控制尤其是燃料电池部件的温度调节相关的问题。在燃料电池中由燃料和氧化剂反应产生的热能需要被排出或在内部利用以维持操作温度。平板型燃料电池的冷却流动通道或管状燃料电池的冷却管使用氧化剂，例如空气，来帮助传递或排出余热以保持电池叠层的温度在预定温度或预定温度以下并保持预定的热梯度。用在传统燃料电池应用中的这样的冷却流动通道或冷却管在流体流动通道和氧化剂之间的对流传热系数低。因此，在本领域需要通过提高传热特性来提高燃料电池的冷却要求。

发明内容

- 30 本发明的一个实施方案提供了一种包括至少一个燃料电池的燃料电池组件。燃料电池包括一个阳极；一个阴极；置于其间的电解质；与阳极、阴极和电解质的至少之一紧密连接的互连器

(interconnect); 至少一个位于燃料电池内的流体流动通道; 和置于流体流动通道中的至少一个纤维。置于流体流动通道中的纤维干扰经过流动通道的流体流动, 改善了燃料电池的总传热效率。

5 本发明的另一实施方案为燃料电池组件提供了一种流体流动通道。该流体流动通道包括为流体流动限定至少一个流动通道的壳体。该壳体包括一对相对的侧面部分、连接一对相对侧面部分的连接部分和至少一个置于壳体中的纤维。纤维直接或间接连接到壳体的相对侧面部分和连接部分的至少之一。当流体在壳体内输送时, 纤维干扰流体流动。

10 本发明的又一实施方案描述了制造燃料电池组件的方法。该方法提供至少一个阴极、提供至少一个阳极、提供至少一种电解质、提供至少一个互连器、提供至少一个流体流动通道、提供通过流体流动通道的流体流、在流体流动通道内放置至少一个纤维。

15 参考以下描述、所附权利要求和附图, 本发明的这些及其他特点, 方面和优点将得到更好的理解。

附图说明

图 1 是平板型燃料电池叠层的透视图。

图 2 是平板型燃料电池叠层的单个单元的分解透视图。

20 图 3 是根据本发明的一个实施方案的平板型燃料电池中纤维的典型布置。

图 4 是根据本发明的一个实施方案的平板型燃料电池中纤维的另一种典型布置。

图 5 是管状燃料电池叠层的单个单元的透视图。

25 图 6 是图 5 中 B-B 截面处管状燃料电池的单个电池单元的截面图。

图 7 是用于管状燃料电池的根据本发明的一个实施方案的纤维的典型布置。

图 8 是在一种典型的燃料电池装置中纤维的传热机理的示意图。

图 9 是在一种典型的燃料电池中产生电能的示意图。

30 图 10 是在一种典型的燃料电池中纤维的传热特性曲线图。

本发明提供了一种燃料电池组件 10, 例如固体氧化物燃料电池组件 (以后称作“SOFC”), 它是包含至少一个燃料电池 50 的一组燃料

电池或一叠燃料电池。每个燃料电池 50 是能够以串连或并联或两者兼有的方式叠在一起组成燃料电池叠层系统或结构，能够产生所得电能输出的重复电池单元 50。参见图 1 和图 2 所示，至少一个燃料电池 50 包括一个阳极 22；一个阴极 18；置于二者之间的电解质 20；与阳极 22、阴极 18 和电解质 20 的至少之一紧密连接的互连器 24；至少一个流体流动通道 95 和置于至少一个流体流动通道 95 内的至少一个纤维 40。至少一个流体流动通道 95 通常包括位于燃料电池中的至少一个氧化剂流动通道 28 和至少一个燃料流动通道 36。至少一个纤维 40 置于氧化剂流动通道 28 和燃料流动通道 36 的至少一个中。这些纤维分别干扰经过氧化剂流动通道 28 的氧化剂流和经过燃料流动通道 36 的燃料流。

燃料电池 50 可以是需要流体流动通道的任何形式的燃料电池，它包括但并不限于固体氧化物燃料电池、质子交换膜或固体聚合物燃料电池、熔融碳酸盐燃料电池、磷酸燃料电池、碱性燃料电池、直接甲醇燃料电池、再生燃料电池、锌空气燃料电池、质子陶瓷燃料电池。

如图 9 所示，把氧化剂 32，例如空气，送入阴极 18。在阴极 18 上产生的氧离子 (O^{2-}) 通过置于阳极 22 和阴极 18 之间的电解质 20 传输。把燃料 34，例如天然气，送入阳极。在阳极位置上的燃料 34 与通过电解质 20 传输到阳极 22 的氧离子 (O^{2-}) 发生反应。氧离子 (O^{2-}) 通过去离子作用释放出电子到外电路 65。电子流因此产生通过外电路 65 的直流电。该发电过程产生一些废气并产生余热。

阳极 22 的主要目的是为引入到燃料电池中的燃料气体的电化学反应提供反应位置。另外，阳极材料在燃料还原环境中应当保持稳定，在燃料电池操作条件下对于燃料气体反应有足够的电子电导率、表面积和催化活性，并具有允许气体输送至反应位置的足够的孔隙率。具有上述性质而适于作阳极 22 的材料包括但不限于金属镍、镍合金、银、铜、贵金属例如金和铂、钴、钨、镍-钇稳定氧化锆金属陶瓷 (Ni-YSZ 金属陶瓷)、铜-钇稳定氧化锆金属陶瓷 (Cu-YSZ 金属陶瓷)、镍-氧化铈金属陶瓷、陶瓷或它们的组合。

阴极 18 的主要目的是为氧化剂电化学反应提供反应位置。相应的阴极 18 在氧化环境中必须保持稳定，有足够的电子电导率，足够的表面积以及在燃料电池运行条件下对氧化剂气体反应具有催化活性

并具有足够的使气体输送至反应位置的孔隙率。具有上述性质而适于作阴极的材料包括但并不限于钙钛矿型掺杂的锰酸镧(LaMnO_3)、锶掺杂的 LaMnO_3 (SLM)、锡掺杂的氧化铟(In_2O_3)、锶掺杂的 PrMnO_3 、 LaFeO_3 - LaCoO_3 、 RuO_2 -钇稳定化氧化锆(YSZ)、镧辉钴矿和它们的组合。

- 5 阳极 22 和阴极 18 通常具有足以支持电化学反应的表面积。用于阳极 22 和阴极 18 的材料在燃料电池组件 10 的典型最高和最低操作温度之间，例如从约 600°C 到约 1300°C 之间，应该是热稳定的。

- 位于阳极 22 和阴极 18 之间的电解质 20 的主要用途是在阴极 18 和阳极 22 之间传导氧离子(O^{2-})，除了上述作用，电解质 20 在燃料
10 电池 50 中将燃料与氧化剂分开。因此，电解质 20 在还原和氧化的环境中必须保持稳定，不透过反应气体，并且在操作条件下有足够的导电性。具有上述性质而适于作电解质的材料包括但并不限于氧化锆、钇稳定化氧化锆(YSZ)、掺杂的氧化铈、氧化铈(CeO_2)，倍半氧化铈、烧绿石型氧化物、掺杂锆酸盐、钙钛矿氧化物材料和它们的组合。

- 15 互连器 24 的基本功能是电连接一个重复电池单元的阳极 22 到相邻的电池单元的阴极 18。此外，互连器 24 应提供均匀的电流分布，应该不透过气体，在还原和氧化环境中稳定，并且在不同温度下有足够的导电性以支持电子流动。具有上述性质而适于作互连器的材料包括但并不限于铬基铁素体不锈钢、辉钴矿、陶瓷、铬酸镧(LaCrO_3)、重铬
20 酸钴(CoCr_2O_4)、Inconel 600、Inconel 601、Hastelloy X、Hastelloy-230、Ductolloy、Kovar、Ebrite 和它们的组合。

- 如图 1 和图 2 所示，本发明的一个实施方案提供一种由壳体 85 限定的流体流动通道 95。壳体 85 为流体流过限定至少一个流体通道 95。壳体 85 包括一对相对侧面部分 70，连接相对侧面部分的连接部分 80
25 和置于壳体内部的至少一个纤维 40 (见图 2)。纤维 40 直接或间接连接到通道中的相对侧面部分 70 和连接部分 80 之一。流体流动通道 95 的横截面形状可选自但不限于正方形、矩形、圆形或异形。流体流动通道横截面的选择取决于多种因素，如制造可行性(见图 3、图 4)。

- 根据一个实施方案，至少一个纤维 40 置于氧化剂流动通道 28 内，
30 而在另一个实施方案中，至少一个纤维 40 置于燃料流动通道 36 中。如此置于流动通道中的纤维 40 当氧化剂在氧化剂流动通道 28 内输送时干扰氧化剂流 32，当燃料在燃料流动通道 36 内输送时也干扰燃料流

34(见图 1、2、3 和 4)。在氧化剂流动通道 28 内的氧化剂流 32 以及在燃料流动通道 36 中的燃料流 34 是具有低雷诺准数特性的层流和过渡流。

如图 10 所示,低雷诺准数时的传热特性低于较高雷诺准数时的传热特性。如图 8 所示,纤维 502 在干扰流体流动时在每个纤维 502 后面产生不稳定的尾流 501。这些不稳定的尾流 501 提高了每个纤维 502 附近的局部传热特性。较高的雷诺准数成比例地增强传热特性。传热特性增强会提高更高效有效地排出热量的能力。传热特性增强因此会改善冷却能力,并能保持在燃料电池组件 10 中的预定热梯度和温度水平。

在本发明的一个实施方案中,至少一个纤维 40 暴露于高温气态燃料流 34,其中,温度范围为室温或接近室温到约 1300℃。根据前面所述的实施方案,纤维 40 必须能抵抗高温,因此,纤维 40 包含耐高温材料。具有上述性质而适于作纤维 40 的材料包括但不限于铬基铁素体不锈钢、辉钴矿、陶瓷、铬酸镧(LaCrO_3)、重铬酸钴(CoCr_2O_4)、Inconel 600、Inconel 601、Hastelloy X、Hastelloy-230、Ductolloy、Kovar、Ebrite 和它们的组合。

在本发明另一实施方案中,至少一个纤维 40 暴露在例如空气的氧化剂中。因此根据本实施方案,纤维 40 包含通常抗氧化或在氧化环境中具有氧化惰性的材料。这样的氧化惰性材料,或者当暴露在氧化环境时在基底金属上形成保护层,或者是为了由于强抗氧化能力而防止形成保护层所选择的材料。具有上述性质而适于作纤维 40 的材料包括但不限于铬基铁素体不锈钢、辉钴矿、陶瓷、铬酸镧(LaCrO_3)、重铬酸钴(CoCr_2O_4)、Inconel 600、Inconel 601、Hastelloy X、Hastelloy-230、Ductolloy、Kovar、Ebrite 和它们的组合。

在另一个实施方案中,至少一个纤维的厚度为流体流动通道 95 的宽度 220 的约 5% - 约 20%(见图 3 和图 4)。纤维厚度的选择保证其机械稳定性并确定了由暴露在氧化剂流 32 或燃料流 34 的纤维所产生的不稳定尾流 501 的影响范围。在另一个实施方案中,至少一个纤维 40 有基本恒定的横截面,保证整个纤维的均匀传热特性。根据上述实施方案,至少一个纤维 40 的横截面形状选自但不限于正方形、矩形、圆形、椭圆形和环形,其选择取决于很多因素,例如制造可行性。

图 3 表示根据本发明的一个实施方案的平板型燃料电池中纤维的典型布置, 而图 4 是根据本发明另一个实施方案的平板型燃料电池中纤维的另一种典型布置。在一个实施方案中, 至少一个纤维包括在纤维束 507 中的许多纤维 407 (见图 4)。在另一种典型布置中, 任意两个相邻的纤维束 507 相互隔开至少为纤维束 507 的直径 607 的约 5 倍 - 约 40 倍的距离 700。根据另一个实施方案, 任意两个相邻的纤维束 507 相互隔开至少为纤维束 507 的直径 607 的约 5 倍 - 约 50 倍的距离 700。

根据另一个实施方案, 至少一个纤维 308 的一端连接到流体流动通道表面。在一个实施方案中, 至少一个纤维 309 的两端都连接到至少一个流体流动通道的表面上 (见图 3 和图 4)。在另一个实施方案中, 至少一个纤维 609 固定于两端都连接在至少一个流体流动通道表面上的插入物 610 内 (见图 3)。固定在插入物 610 内的纤维 609 保证在纤维损坏时可迅速更换。迅速更换纤维 609 的能力使燃料电池 50 的停工时间最少并提高燃料电池 50 的利用率。

根据另一实施方案, 至少一个纤维 304 垂直于流动方向取向。在另一个实施方案中, 至少一个纤维 301 与流动方向成一定角度取向 (见图 3)。

在另一实施方案中, 至少一个纤维 401 平行于至少一个流体流动通道 95 的表面取向。根据一个实施方案, 纤维 401 与该表面的距离 430 至少为纤维直径的约 1 - 约 5 倍。根据另一实施方案, 纤维 401 与该表面的距离 430 至少为纤维直径的约 1 倍 - 约 10 倍。在某种其它的实施方案中, 至少一个纤维 410 垂直于至少一个流体流动通道的表面取向。根据前述的实施方案, 纤维 410 与垂直于流体流动通道 95 表面的表面几乎接触。在某一其它实施方案中, 至少一个纤维 409 与至少一个流体流动通道 95 的表面成一定角度 (见图 3 和图 4) 取向。

以一定的方式选择纤维与流体流动方向以及与流体流动通道表的取向, 和纤维 40 之间的间距及任意两个相邻纤维束 507 之间的距离, 使得纤维的密度和热容量适合于控制在燃料电池组件 50 上的热梯度而不会明显增大由纤维 40 和纤维束 507 提供的流体流动阻力。

虽然借助于平板型燃料电池讨论了本发明, 如图 1 - 图 4 所示, 但是应当认识到, 本发明可以用于其它燃料电池的实施方案, 包括但不

限于管状燃料电池。图 5 表示管状燃料电池组的单一电池单元的透视图。图 6 和图 7 表示管状燃料电池的根据本发明一个实施方案的纤维的某种典型布置。

5 本发明的另一实施方案提供制造燃料电池组件的方法。该方法包括提供至少一个阳极 22，提供至少一个阴极 18，提供至少一种电解质 20，提供至少一个互连器 24，提供至少一个流体流动通道，提供在流动通道中的流体流动和在流动通道中放置至少一个纤维 40。流动通道内的流体流动是具有低雷诺准数特性的层流和过渡流。传热特性在低雷诺准数时低于具有较高雷诺准数时的传热特性，其表示在图 9 中。

10 在流体流动通道中设置至少一个纤维在每个纤维后面产生不稳定尾流 501，如图 8 所示。这些不稳定的尾流增强在每个纤维附近的局部传热特性。更高的雷诺准数可以成比例地提高传热特性。传热特性增强提高更高效有效地排出热量的能力，传热特性增强体因此改善冷却能力并能保持在燃料电池组件 10 中的预定热梯度和温度水平。

15 如上所述，用一些典型的实施方案说明了本发明。然而，本发明并不一定限于本文所述的实施方案，因为可以进行各种改变和替代而不脱离本发明的精神实质。因此，本领域的技术人员仅通过常规实验方法就可以获得本文公开的发明的进一步改进和等同物，并且所有这些修改和等同物被认为在所附权利要求限定的本发明的实质和范围

20 内。

部件编号	描述
10	燃料电池组件
50	燃料电池
22	阳极
18	阴极
20	电解质
95	流体流动通道
85	壳体
28	氧化剂流动通道
36	燃料流动通道
32	氧化剂流
34	燃料流
24	互连器
65	外电路
70	相对的侧面部分
80	连接部分
40	一个纤维
90	管状外壳
502	用于尾流产生所表示的纤维
501	尾流
407	许多纤维
507	纤维束
607	纤维束直径
700	相邻纤维束的直径
308	一端连接到一个表面的纤维
309	两端连接到一个表面的纤维
609	在插入物内的纤维
610	插入物
304	垂直于流动方向的纤维
301	与流动方向成一定角度取向的纤维

401	与流体流动通道表面平行取向的纤维
410	与流体流动通道表面垂直取向的纤维
409	与流体流动通道表面成一定角度的纤维
430	从流体流动通道表面到与该表面平行取向的纤维的距离
220	流体流动通道的宽度

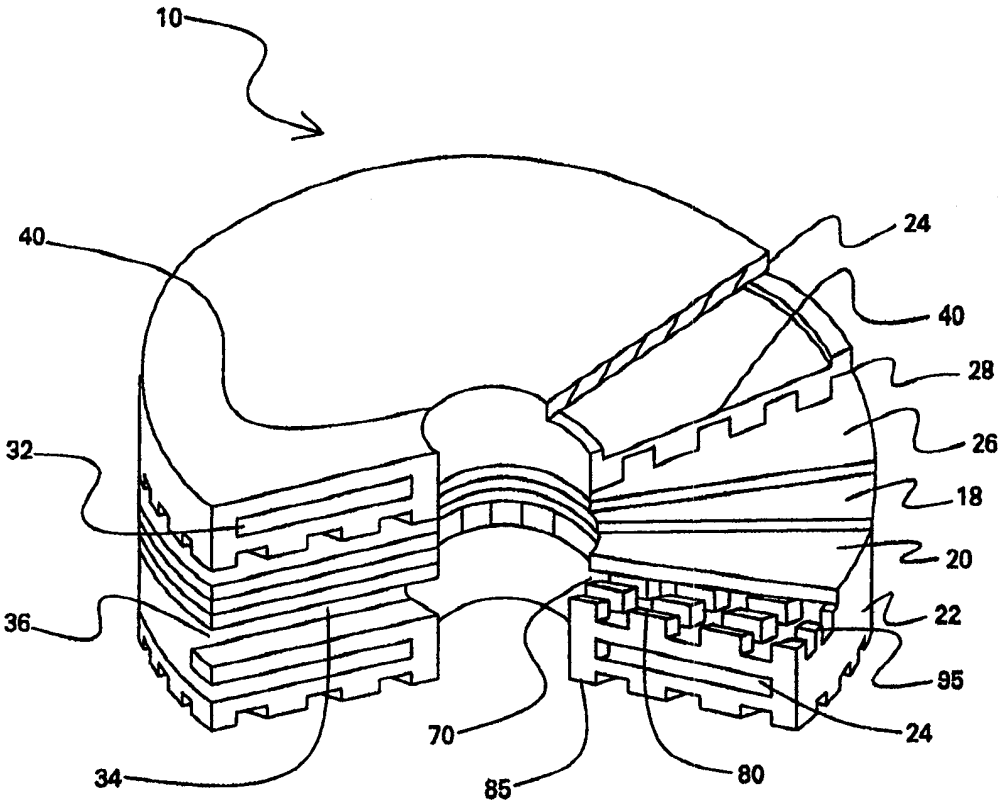


图 1

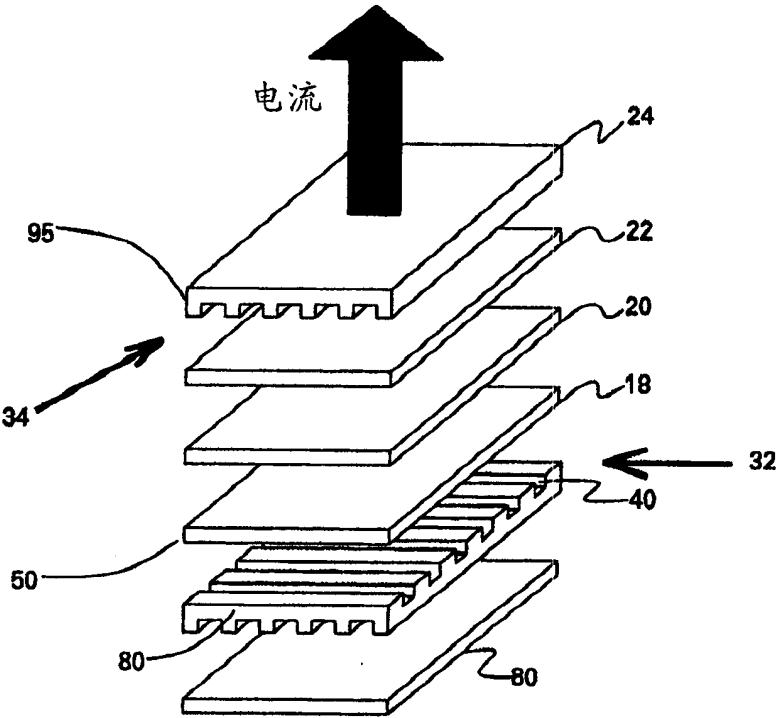


图 2

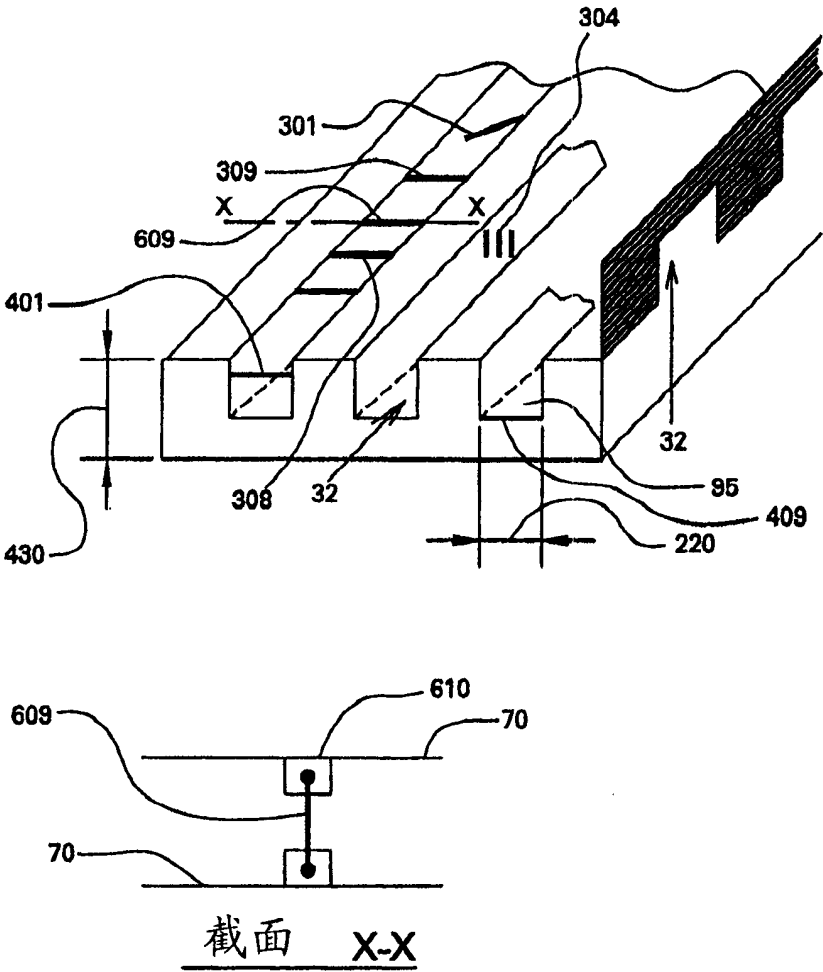


图 3

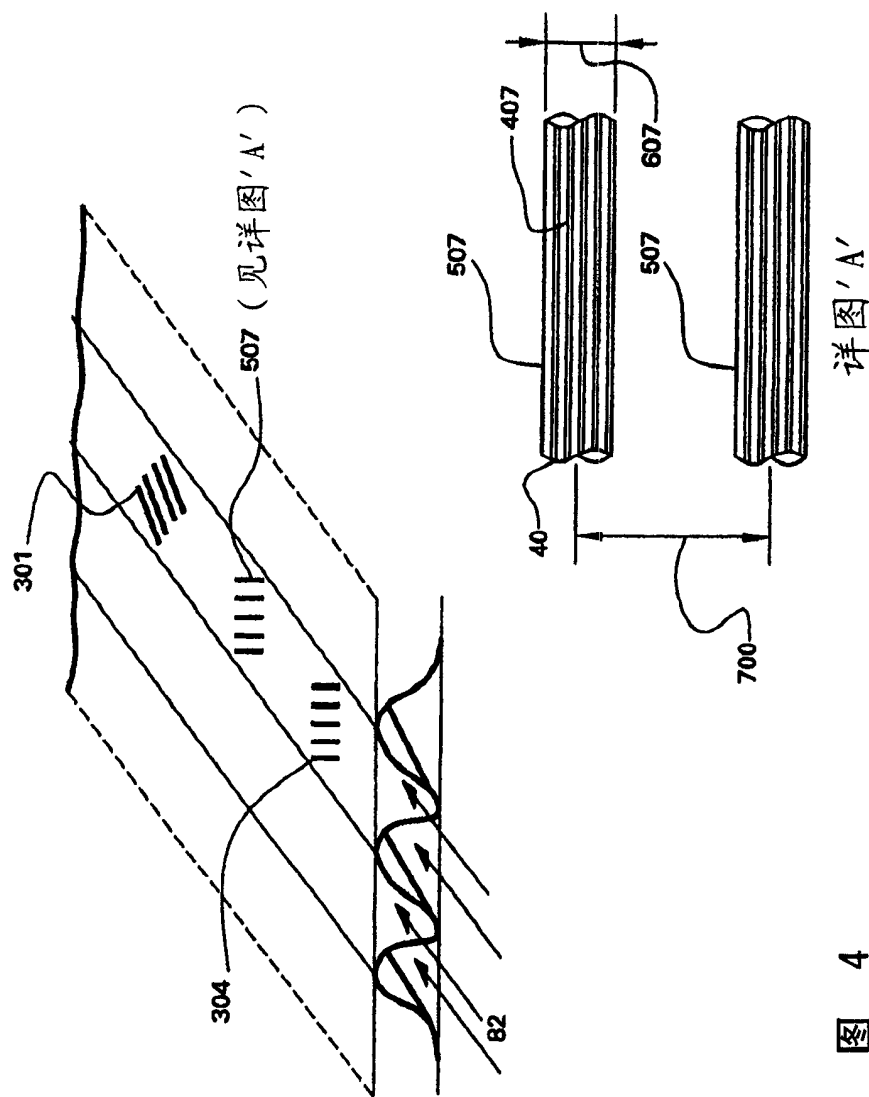


图 4

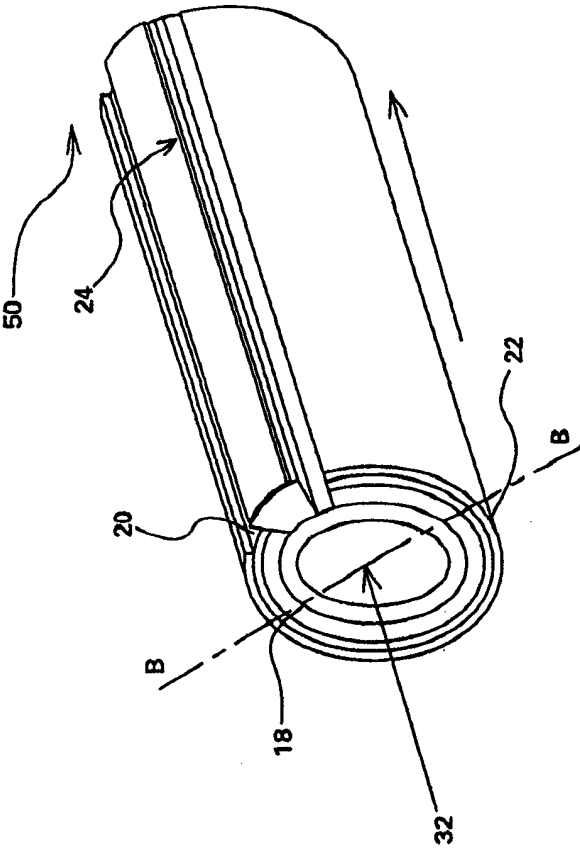


图 5

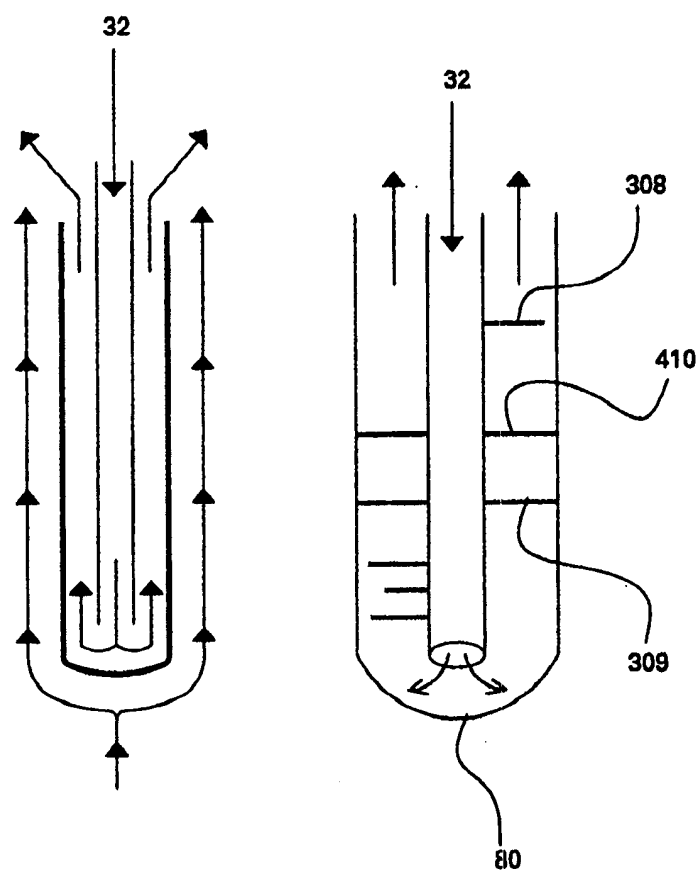


图 6

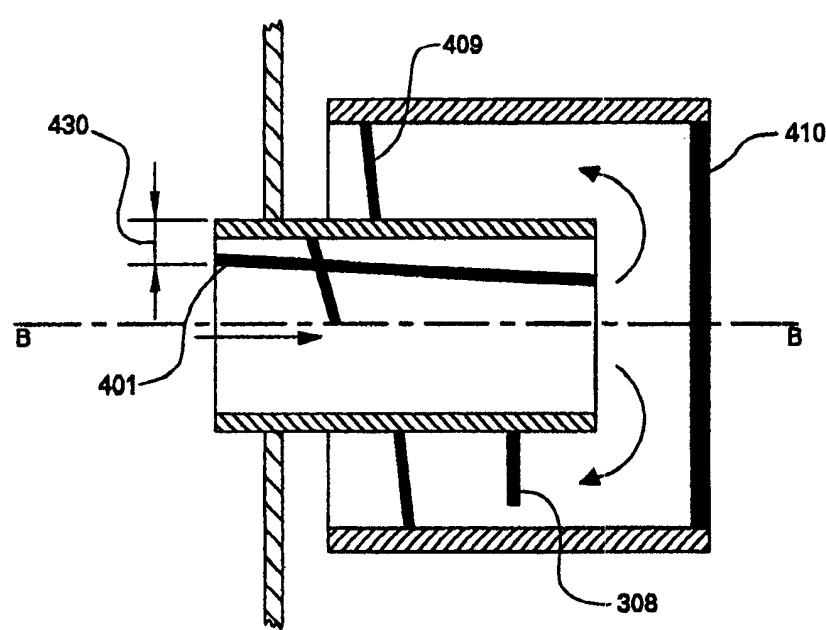


图 7

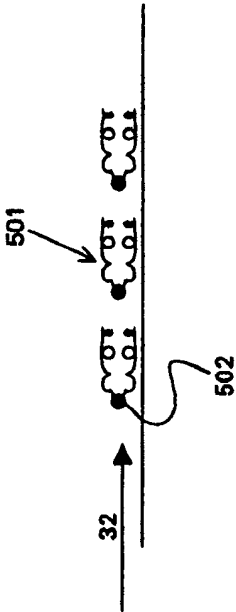


图 8

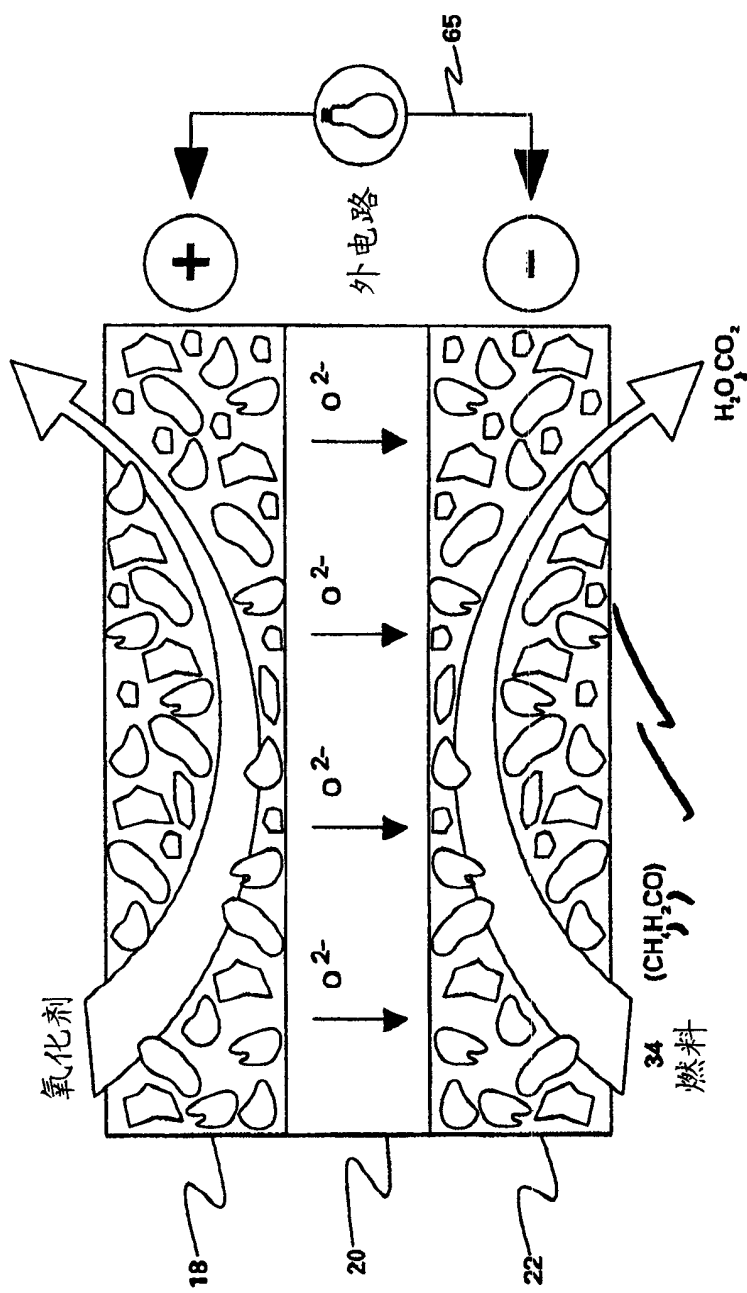


图 9

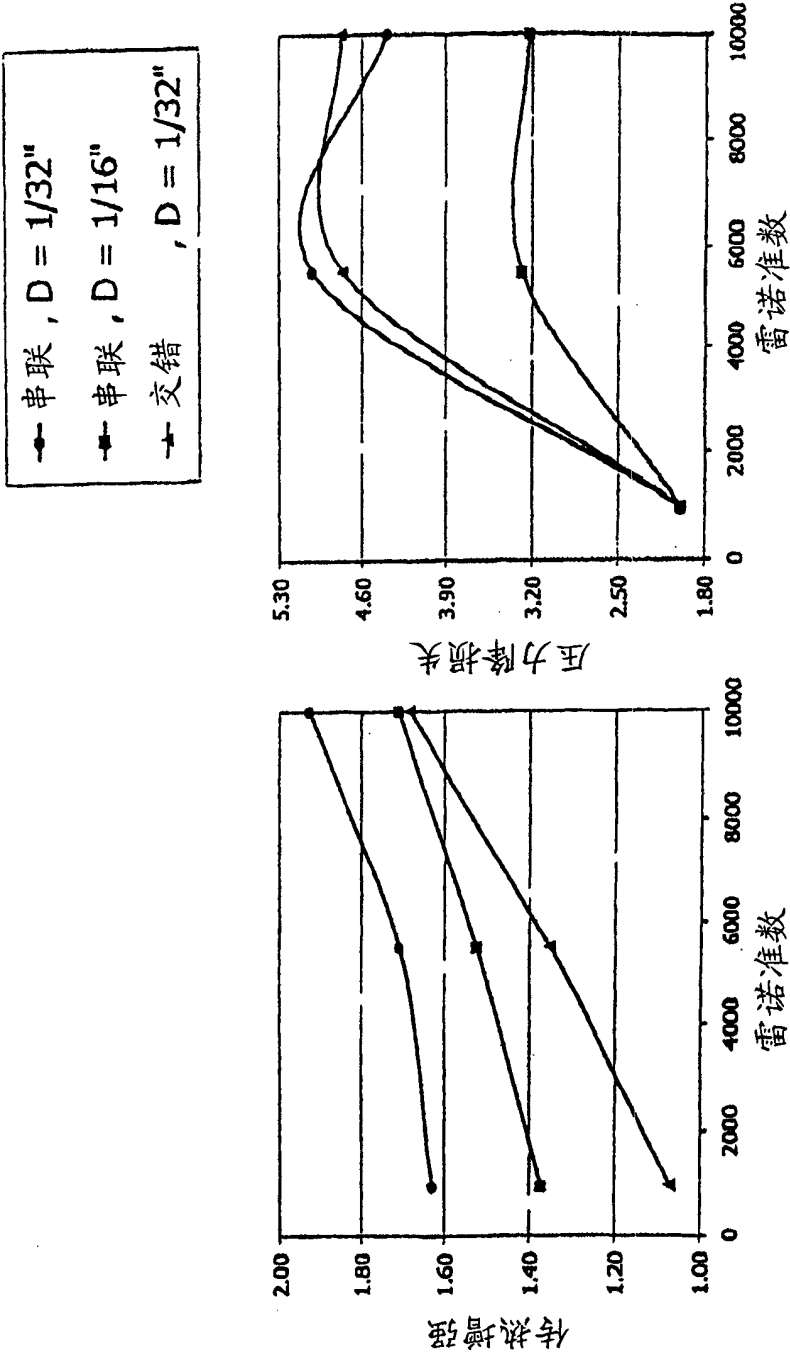


图 10