



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102870264 A

(43) 申请公布日 2013.01.09

(21) 申请号 201180019077.8

(22) 申请日 2011.04.15

(30) 优先权数据

2010901603 2010.04.15 AU

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012.10.15

(86) PCT申请的申请数据

PCT/AU2011/000439 2011.04.15

(87) PCT申请的公布数据

W02011/127541 EN 2011.10.20

(71) 申请人 塞拉米克燃料电池有限公司

地址 澳大利亚维多利亚州

(72) 发明人 M·凯 R·博尔登

(74) 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262

代理人 周靖 郑霞

(51) Int. Cl.

H01M 8/04(2006.01)

H01M 8/12(2006.01)

H01M 8/24(2006.01)

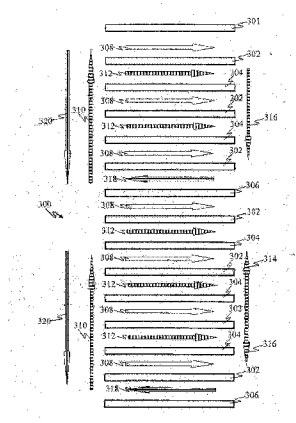
权利要求书 2 页 说明书 18 页 附图 11 页

(54) 发明名称

燃料电池堆中的热管理

(57) 摘要

一种燃料电池堆(300)包括一个或多个燃料电池(302)的多个阵列,每个燃料电池包括电解质层、阳极层和阴极层;在相邻燃料电池之间的气体分离板(304,306);以及在相邻燃料电池之间的助燃气分布通道(308)和燃料气体分布通道(312,318);以及分别对燃料电池的阴极层和阳极层开放的气体分离器。燃料电池阵列包括至少第一级燃料电池阵列和第二级燃料电池阵列,第一级燃料电池阵列具有从一个或多个燃料气体供应歧管(310)接收燃料气体的相关的第一燃料气体分布通道(312),而第二级燃料电池阵列具有从第一级燃料电池阵列的燃料电池接收燃料废气的第二燃料气体分布通道(318)。第二级燃料电池阵列在堆中交错在第一级燃料电池阵列之间以提高热梯度。其它交错布置是可能的。



CN 102870264 A

1. 一种燃料电池组件,其包括:

多个燃料电池阵列的堆,每个燃料电池阵列包括一个或多个燃料电池,且每个燃料电池包括电解质层、在所述电解质层的一侧上的阳极层以及在所述电解质层的相对侧上的阴极层,所述堆还包括对所述堆中的所述燃料电池的所述阳极层开放的燃料气体分布通道;

一个或多个燃料供应歧管,其用于将燃料气体供应到所述堆中的燃料气体分布通道;

燃料电池阵列,其包括至少第一级燃料电池阵列和第二级燃料电池阵列,所述第一级燃料电池阵列具有连接到所述一个或多个燃料气体供应歧管以直接从其接收燃料气体的相关的第一燃料气体分布通道,而所述第二级燃料电池阵列具有布置成从所述第一级燃料电池阵列的燃料电池接收燃料废气的相关的第二燃料气体分布通道,用于将所述燃料废气供应到所述堆中的所述第二级燃料电池阵列的燃料电池;以及

其中所述第一级燃料电池阵列和所述第二级燃料电池阵列中的至少一个包括在所述堆中布置在所述第一级燃料电池阵列和所述第二级燃料电池阵列中的另一个的燃料电池阵列之间的燃料电池阵列。

2. 如权利要求 1 所述的燃料电池组件,其中对所述第二级燃料电池阵列的每个燃料电池的阳极层开放的所述第二燃料气体分布通道的入口侧直接连接到对所述第一级燃料电池阵列的至少两个燃料电池的阳极层开放的所述第一燃料气体分布通道的排气侧。

3. 如权利要求 1 所述的燃料电池组件,其中至少一个燃料歧管设置在所述第二燃料气体分布通道的入口侧和所述第一燃料气体分布通道的排气侧之间以向多个第二燃料气体分布通道供应来自多个第一燃料气体分布通道的燃料废气。

4. 如权利要求 3 所述的燃料电池组件,其中所述至少一个燃料歧管包括连接到燃料废气入口歧管的燃料废气排放歧管,由此,来自所述第一燃料气体分布通道的燃料废气在一个方向上穿过所述燃料废气出口歧管而在相反的方向上沿着所述燃料废气入口歧管到达所述第二燃料气体分布通道。

5. 如前述权利要求中的任一项所述的燃料电池组件,其中所述第一级燃料电池阵列的燃料电池的阳极层和/或所述第一燃料气体分布通道包括用于蒸汽重整在接触所述阳极层的燃料气体中的和/或在所述第一燃料气体分布通道中的碳氢化合物的蒸汽重整催化剂。

6. 如前述权利要求中的任一项所述的燃料电池组件,其中所述第一级燃料电池阵列和第二级燃料电池阵列中的一个的每个燃料电池阵列布置成相邻于所述第一级燃料电池阵列和第二级燃料电池阵列中的另一个的至少一个燃料电池阵列。

7. 如权利要求 6 所述的燃料电池组件,其中每个第二级燃料电池阵列在所述堆中布置在相应的两个第一级燃料电池阵列之间。

8. 如前述权利要求中的任一项所述的燃料电池组件,其中在所述堆的至少部分中,有三个第一级燃料电池阵列和一个第二级燃料电池阵列的重复模式。

9. 如权利要求 1 到 7 中的任一项所述的燃料电池组件,其中在所述堆的至少部分中,有四个第一级燃料电池阵列和一个第二级燃料电池阵列的重复模式。

10. 如前述权利要求中的任一项所述的燃料电池组件,其中在整个堆中有第一级燃料电池阵列和第二级燃料电池阵列的布置的重复模式。

11. 如权利要求 1 到 9 中的任一项所述的燃料电池组件,其中在所述堆的第一半中比在

所述堆的第二半中有更大数量的第二级燃料电池阵列。

12. 如权利要求 1 到 9 中的任一项所述的燃料电池组件,其中在所述堆的中央半部分中比在所述堆的每端四分之一中有更小比例的第二级燃料电池阵列。

13. 如权利要求 12 所述的燃料电池组件,其中在所述堆的每端四分之一中的第二级燃料电池阵列的比例是在所述堆的中央半部分中的至少两倍大。

14. 如前述权利要求中的任一项所述的燃料电池组件,其中在所述堆中的第一级燃料电池阵列的数量在所述堆中的燃料电池阵列的总数的 64% 到 82% 的范围内。

15. 如前述权利要求中的任一项所述的燃料电池组件,其中所有所述第二燃料气体分布通道连接到至少一个燃料废气歧管用于将来自所述第二燃料气体分布通道的燃料废气引导到所述堆的外部或用于使所述堆再利用所述燃料废气。

16. 如权利要求 1 到 13 中的任一项所述的燃料电池组件,其中所述燃料电池阵列还包括具有相关的第三燃料气体分布通道的至少一个第三级燃料电池阵列,所述第三燃料气体分布通道布置成接收来自所述第二级燃料电池阵列的燃料电池的燃料废气用于将所述燃料废气供应到所述堆中的所述至少一个第三级燃料电池阵列的燃料电池。

17. 如权利要求 16 所述的燃料电池组件,其中至少一个燃料歧管设置在所述第三燃料气体分布通道的入口侧和所述第二燃料气体分布通道的出口侧之间以将来自所述第二燃料气体分布通道的燃料废气供应到所述第三燃料气体分布通道。

18. 如权利要求 16 或 17 所述的燃料电池组件,其中作为在所述堆中的第一级燃料电池阵列、第二级燃料电池阵列和第三级燃料电池阵列的总数的比例,所述第一级阵列包括 50% 到 70%,所述第二级阵列包括 31% 到 23%,以及所述第三级阵列包括 19% 到 7%。

19. 如权利要求 16 到 18 中的任一项所述的燃料电池组件,其中每个第三级燃料电池阵列在所述堆中布置成与至少一个第一级燃料电池阵列相邻。

20. 如权利要求 19 所述的燃料电池组件,其中每个第三级燃料电池阵列在所述堆中布置在两个第一级燃料电池阵列之间。

21. 如权利要求 19 或 20 所述的燃料电池组件,其中所有的所述第二级燃料电池阵列朝着所述堆的第一端而布置,以及所有的所述第三级燃料电池阵列朝着所述堆的第二端而布置。

22. 如前述权利要求中的任一项所述的燃料电池组件,还包括蒸汽提取器,所述蒸汽提取器连接在最后一级燃料电池阵列的燃料气体分布通道和倒数第二级燃料电池阵列的燃料气体分布通道之间,以在将燃料废气供应到所述倒数第二级燃料电池阵列的所述燃料气体分布通道之前冷凝来自所述倒数第二级燃料电池阵列的所述燃料气体分布通道接收的所述燃料废气的蒸汽。

燃料电池堆中的热管理

技术领域

[0001] 本发明通常涉及燃料电池,且具体地涉及提高燃料电池堆中的热梯度同时允许高燃料利用率。

背景技术

[0002] 燃料电池是包括电解质和在电解质的相对侧上的相应电极(阳极和阴极)的电化学设备。燃料电池可采用各种不同的配置,包括平面的和管状的。通过使燃料气体流横穿阳极并使助燃气流横穿阴极而在电极处产生电化学反应。在燃料是氢的最单纯的反应形式中,结果是电和水以及热,因为反应是放热的。

[0003] 为了产生有用数量的电,大量燃料电池成层地堆叠在一起,堆叠的燃料电池串联地电连接,且负载电连接到堆的端部。将层串联连接允许每层中的相同的电流/电流密度。多个这样的堆可电连接在一起,但本发明特别涉及单独的堆。可在堆的每层中设置多于一个燃料电池,一层(阵列)中的多个这样的燃料电池并联地电连接。堆中的相邻的燃料电池或燃料电池的阵列可通过气体分离器、隔板、集电器、密封物和可能的其它层部件而彼此分离。在平面燃料电池堆中,燃料电池和其它堆部件布置在端板之间,端板也可为燃料气体和助燃气的供应和排放提供歧管化功能。

[0004] 如上所述,燃料气体可被供应到燃料电池作为氢,所述氢可选地从碳氢化合物或在适当的高温燃料电池堆例如固体氧化物燃料电池(SOFC)堆或熔融碳酸盐燃料电池(MCFC)堆中预先重整(reform),燃料气体可以可选地被供应作为在堆中重整的碳氢化合物例如天然气。助燃气可以是纯氧,但更通常是空气。气体通常通过燃料和助燃剂供应和排放歧管被供应到堆叠的多个燃料电池或燃料电池阵列并从多个燃料电池或燃料电池阵列排放,燃料和助燃剂分布通道分别对阳极和阴极开放。

[0005] 碳氢化合物重整以提供氢作为燃料是吸热反应,该反应如果在堆中被执行则被高温($\geq 650^{\circ}\text{C}$)燃料电池的阳极上的燃料的放热氧化支持。需要小心避免来自吸热重整反应的过度冷却。

[0006] 在燃料电池堆中的电产生的高效率需要高燃料利用率——例如高达供应到阳极的在燃料电池反应中被氧化的燃料的80%到95%。100%燃料利用率或接近于其并不导致高效率,因为电池电压趋于崩溃。如果存在对任何一个燃料电池的不足的燃料供应,则该燃料电池可氧化并引起电池的故障和最终引起堆的故障。

[0007] 到每个单独的电池或阵列的燃料流由电池/阵列的燃料供应通道例如气体连接器中的通道两端的压力降控制,并因此由制造容差确定。制造成本随着制造过程的较高准确度明显增加。为了实现比如90%的燃料利用率,流变化需要充分低于10%,这将需要非常高的精度,且因此在一个实施方式中需要昂贵的气体分离器来避免电池和堆故障。只有流变化是已知的且在操作中被考虑了,才能避免由于单独的电池/阵列的过度利用而引起的故障。例如,如果流变化(由于制造容差和热效应)对于两层堆是 $\pm 20\%$ 且如果电池可在高达95%的燃料利用率下操作,则堆的总燃料利用率不能超过76%,以便避免归因于过度利用

的损坏。针对上述情况的单独的燃料利用率对于低燃料流层将是 95%，而对于高燃料流层将是 63%。由于性能变化引起的燃料电池堆的故障容差或一个燃料电池的其它故障可通过使用堆中的燃料电池的阵列来减轻，但额外的燃料气体总是必须被供应到燃料电池，以便最小化燃料电池氧化的风险。这个做法的结果是，在从燃料电池排放的燃料气体中存在未使用的燃料，也就是说，单独的燃料电池和燃料电池阵列以相对低的燃料利用率运行。在不同的电池 / 阵列中的燃料利用率的可变性也将导致变化的热分布——在具有较高的燃料利用率的电池 / 阵列中的较高的热梯度，反之亦然。这也可能是堆故障的原因之一或将至少限制最大燃料利用率以避免故障。

[0008] 为了提高总燃料利用率，且因此提高燃料电池堆的效率，提出了再利用燃料电池堆的燃料废气并将它与最新供应的燃料气体混合。这种方法的主要优点是，在每个电池 / 阵列内的实际燃料利用率减小了，而总利用率可以非常高，这取决于再利用率。这也有将作为燃料电池反应的产物的蒸汽引入到最新供应的燃料气体的优点。蒸汽对在内部将碳氢化合物重整为氢燃料是必要的，且再利用燃料废气意味着最新供应的燃料气体需要较少的添加的蒸汽。见例如 WO 2003/019707。

[0009] 还提出了通过使用来自一个或多个堆的燃料废气作为供应到另一堆的燃料气体来提高包括多堆燃料电池的燃料电池系统的总燃料利用率。一个这样的提议是在 EP 0263052 中，其中描述了两个实施方式：在第一实施方式中，来自第一级中的两个燃料电池堆的燃料气体废气被组合并用作对第二级中的第三堆的燃料气体供应；以及在第二实施方式中，来自一个堆（级 1）的燃料气体废气用作对第二堆（级 2）的燃料气体供应，且来自该堆的燃料气体废气用作对第三堆（级 3）的燃料气体供应。该提议在 US7108929 中被描述为“从一级到下一级的多个反应剂输送管线的使用，这可能变得复杂并需要复杂的输送管线组件”。

[0010] US 7108929 目的在于整体的歧管组件，其用于控制多个燃料电池堆之间的反应气流的流量，且特别是用于组合来自第一级中的多个燃料电池堆的燃料气体废气并将组合的来自第一级的燃料气体废气供应到第二级中的至少一个另外的燃料电池堆。

[0011] US 7482073 还公开了具有从一堆到另一堆的燃料废气利用率的多堆布置。在所述实施方式中，来自第一级中的三个并联堆的燃料废气被组合并用作对第二级中的第四堆的燃料供应气体。来自第四堆的燃料废气用作对第三级中的第五堆的燃料供应气体，以及来自该堆的燃料废气用作对第四级中的第六堆的燃料供应气体。在这个提议中不需要燃料气体的重整，因为它被密闭地密封并使用氢作为燃料和使用纯 O_2 作为助燃剂。水从每级之间的燃料废气冷凝。

[0012] 使用来自第一级中的一个或多个燃料电池堆的燃料废气作为对第二级中的另一堆的燃料供应气体等具有允许单独的燃料电池堆中的燃料利用率减小并因此允许制造容差降低和成本减小同时提供相对高的总燃料利用率的优点。然而，在不同级中的堆可能在不同的温度运行，除非它们被特别设计成这么做，否则这将影响它们的有用寿命和它们的性能。此外，将燃料废气从一堆转移到另一堆需要更复杂的歧管化。此外，需要针对每堆的单独的电流控制或额外的配线，在任一情况下有较高的相关成本，且在后面的情况下，有增加的堆的电短路风险和潜在的较高的热损耗。

[0013] US 6033794 还公开了在一般压力容器中示出的多级燃料电池系统，其中每级包括

一堆燃料电池,且来自任一堆的燃料废气用作对下一后续堆的燃料供应气体,但在这种情况下系统被设计成适应每级的不同操作温度。这通过由不同的材料制成的每个级来实现,明显增加了系统的复杂性。与正常堆比较,该提议确实允许更高的燃料利用率,但仅在以随后的级中且因此在随后的堆中的较低电流密度为代价的前提下实现。例如,级 1 和级 2 都以 50% 的燃料利用率运行,导致 75% 的总燃料利用率,但级 2 将以电流密度的一半运行,因为它只有可用燃料流的 25%。

[0014] 与前述已有提议(其中来自多堆布置中的一堆的燃料废气作为燃料供应到下一后续堆)相反,US 5478662(相应于在上面的 US 7482073 提到的 EP 0596366)描述了包括连续的多级的燃料电池块或堆。在该提议中的每个级包括聚集在一起的多个燃料电池(可选地,在最后一级中有单个燃料电池),来自任一级的一些燃料废气连同新鲜的燃料气体一起在沿着堆的下一后续级中用作燃料供应气体。来自任一级的燃料废气的其余部分被排出以移除沿着燃料气体流动路径逐渐积聚的水和惰性气体组分。这个布置导致提高的燃料利用率,但只作为惰性气体和额外的新鲜燃料气体排出的结果。因此,每个级中的燃料电池中的电化学反应可以采用的燃料的量可保持不变,或至少类似,但总燃料流量由于增加的反应产物数量而必须增加。

[0015] 由于遍及燃料电池的燃料流变化,温度梯度在燃料电池堆中和燃料电池堆之间产生,导致不同的电池电压。在高温 SOFC 或 MCFC 堆中,温度梯度也可能由于在该堆或每堆内的碳氢化合物燃料重整的不同水平以及由于热损耗中的差异而产生。

[0016] 在高温燃料电池系统特别是 SOFC 系统中,沿着和遍及燃料电池堆的这样的温度差异或梯度可导致沿着堆的变化的热膨胀引起的应力以及部件的因而引起的破裂和故障。

[0017] 提供能够以高燃料利用率操作同时减轻沿着堆的温度差异并因此减轻差异化的热膨胀引起的应力的燃料电池堆或燃料电池阵列将是合乎需要的。

[0018] 发明概述

[0019] 根据本发明,提供了燃料电池组件,其包括:

[0020] 多个燃料电池阵列的堆,每个燃料电池阵列包括一个或多个燃料电池,且每个燃料电池包括电解质层、在电解质层的一侧上的阳极层以及在电解质层的相对侧上的阴极层,所述堆还包括对堆中的燃料电池的阳极层开放的燃料气体分布通道;

[0021] 一个或多个燃料供应歧管,其用于将燃料气体供应到堆中的燃料气体分布通道;

[0022] 燃料电池阵列,其包括至少第一级燃料电池阵列和第二级燃料电池阵列,第一级燃料电池阵列具有连接到一个或多个燃料气体供应歧管以直接从其接收燃料气体的相关的第一燃料气体分布通道,而第二级燃料电池阵列具有布置成从第一级燃料电池阵列的燃料电池接收燃料废气的相关的第二燃料气体分布通道,用于将所述燃料废气供应到堆中的第二级燃料电池阵列的燃料电池;以及

[0023] 其中第一级和第二级燃料电池阵列中的至少一个包括在堆中布置在第一级和第二级燃料电池阵列中的另一个的燃料电池阵列之间的燃料电池阵列。

[0024] 通过本发明,通过使用来自第一级燃料电池阵列的燃料废气供应到至少第二级燃料电池阵列中,在总体堆中可实现高燃料利用率且因此实现高燃料电池效率。这可被实现,同时使用可容易获得的燃料例如预先重整的天然气来维持在级中的相同或相似的电流密度。因为在单独的燃料电池阵列中使用相对低的燃料利用率的情况下可实现高燃料利用

率,因此可减小燃料气体分布通道中的容差,从而减小制造成本。沿着堆的减小的温度梯度——与堆(其中所有第一级燃料电池阵列都在该堆的一端处以及所有第二级燃料电池阵列都在该堆的相对端处)比较——通过提供第一级和第二级燃料电池阵列中的至少一个以包括布置在第一级和第二级燃料电池阵列中的另一个的燃料电池阵列之间的堆中的燃料电池阵列来实现,从而提高沿着堆的热传递和热平衡。在这样的布置中,第一级和第二级燃料电池阵列中的每个的燃料电池阵列布置在堆中,以便不都彼此相邻。第一级和第二级燃料电池阵列中的一个的燃料电池阵列中的一个或多个在第一级和第二级燃料电池阵列中的另一个的两个燃料电池阵列之间交错的布置允许不同级的相邻的燃料电池阵列之间的热传递,并因此允许沿着堆的减小的热梯度。这样的交错可以在堆中重复以进一步减小热梯度,在这种情况下,第一级和第二级燃料电池阵列中的每个可包括在堆中布置在另一级的燃料电池阵列之间的燃料电池阵列。在一个实施方式中,第一级和第二级燃料电池阵列中的一个的每个燃料电池阵列布置成相邻于第一级和第二级燃料电池阵列中的另一个的至少一个燃料电池阵列。

[0025] 如在下文中所述的,也可在堆中提供第三级和甚至第四级燃料电池阵列,每个第三级燃料电池阵列接收来自第二级燃料电池阵列的燃料废气,且每个第四级燃料电池阵列接收来自第三级燃料电池阵列的燃料废气。所谓“相邻于第一和第二级燃料电池阵列中的另一个的至少一个燃料电池阵列”在前述实施方式中意指没有同一级的其它燃料电池阵列布置在所述燃料电池阵列之间的堆中。如也在下文中所述的,其它堆部件可布置在相邻的燃料电池阵列之间。

[0026] 在本发明中,优选地,每个燃料电池阵列包括并联连接的多个燃料电池,例如两个、三个或四个或更多个。与单个燃料电池相比,这有如果一个燃料电池具有降低的性能或出故障则降低堆出故障的风险或减小单独的燃料电池的成本以及减小热应力的优点。在阵列中的因而产生的更均匀的温度可导致提高的燃料电池性能和寿命。在这样的阵列中的单独的燃料电池的成本和热应力可能由于其较小的尺寸而减小。

[0027] 由于与另一级比较在一级中的燃料流成分变化和不同的电压水平,温度差异可能在不同级的燃料电池阵列之间产生。然而,在高温燃料电池系统的一个实施方式中,第一级燃料电池阵列中的至少一些具有阳极层和/或相关的第一燃料气体分布通道,其包括用于蒸汽重整为氢或在接触所述阳极层和/或第一燃料气体分布通道的燃料气体中的其它反应气体碳氢化合物的蒸汽重整催化剂。如上所述,蒸汽重整反应是吸热的,结果是,那些第一级燃料电池阵列可以在比任何相邻的后续级燃料电池阵列低的温度处。燃料气体的减小的蒸汽重整将在随后的燃料电池阵列中被执行,即使它们包括重整催化剂(它们可具有与第一级燃料电池阵列相同的结构和材料),因为碳氢化合物燃料气体对于在第一级燃料电池阵列中的燃料电池反应已经被蒸汽重整到至少较大的程度。通常,在第一级燃料电池阵列中的碳氢化合物燃料的蒸汽重整将至少完成 75%,但在有效的系统中可以至少完成 90%。更优选地,这个重整率是 99% 或更大,但它可能在燃料电池堆的使用期内随着时间而降低。

[0028] 在另一实施方式中,燃料电池堆还包括在一些相邻的燃料电池阵列之间的特定的蒸汽重整的非燃料电池层,用于使内部蒸汽重整反应除了在一些或所有第一级燃料电池阵列和/或第一燃料气体分布通道中发生以外还发生在那里。这样的非燃料电池重整层可基本上包括镍或其它重整催化剂。因为没有放热燃料电池反应将发生在这样的层中,它们将

不被直接加热,并将从相邻的燃料电池阵列吸收热。由于这个原因,不多于一个这样的层布置在相邻的燃料电池阵列之间。每个蒸汽重整的非燃料电池层可布置在两个第一级燃料电池阵列之间、一个第一级燃料电池阵列和一个后续级燃料电池阵列之间、或两个后续级燃料电池阵列(其可以是相同或不同的级)之间。

[0029] 允许一些内部蒸汽重整由非燃料电池层执行可允许第一级燃料电池阵列的数量相对于在没有这样的非燃料电池重整层的内部重整堆减小。

[0030] 在包括蒸汽重整的非燃料电池层的实施方式中,这样的层将从一个或多个燃料气体供应歧管接收燃料气体,并将蒸汽重整的燃料气体供应到第一级燃料电池阵列,且在本文使用的短语“直接从其接收燃料气体”应被相应地解释。因此,短语“具有连接到一个或多个燃料气体供应歧管以直接从其接收燃料气体的相关的第一燃料气体分布通道的第一级燃料电池阵列”意指第一燃料气体分布通道所接收的燃料气体不穿过与堆中的任何其它燃料电池阵列相关的燃料气体分布通道。

[0031] 对第二级燃料电池阵列的每个燃料电池的阳极层开放的第二燃料气体分布通道的入口侧可直接连接到对第一级燃料电池阵列的至少两个燃料电池的阳极层开放的第一燃料气体分布通道的排气侧。

[0032] 可选地且在更优选的实施方式中,至少一个燃料歧管设置在第二燃料气体分布通道的入口侧和第一燃料气体分布通道的排气侧之间以向一些或所有第二燃料气体分布通道供应来自一些或所有第一燃料气体分布通道的燃料废气。这个设置的优点包括来自第一燃料气体分布通道的燃料废气的较大混合,由于平衡流变化和在任何第一级燃料电池或燃料电池阵列中产生的故障的较大容差而为堆提供较大的可靠性。在这个实施方式中,所述至少一个燃料歧管可包括连接到燃料废气入口歧管的燃料废气排放歧管,由此,来自一些或所有第一燃料气体分布通道的燃料废气在一个方向上穿过燃料废气排放歧管而在相反的方向上穿过燃料废气入口歧管到达一些或所有第二燃料气体分布通道。燃料废气出口歧管和入口歧管可在堆的端板中被连接。在垂直堆中,优选地,所述一个方向是向上,而所述相反的方向是向下。这将具有每级内的单独层的燃料流分布方面的优点,并可具有沿着堆的热梯度优点。

[0033] 有利地,穿过一个或多个燃料供应歧管的燃料气体的流动方向也是所述一个方向,所以对第一燃料气体分布通道的燃料供应在与来自这些通道的废气相同的方向上。优选地,对每个后续级的燃料气体分布通道的歧管燃料气体供应在与来自这些通道的歧管燃料废气流相同的方向上,且对于至少第二燃料气体分布通道,与到前一级的燃料电池阵列的相应流相反。这个布置帮助向堆中的各种层提供均匀的燃料分布。到第二级和任何后续级的歧管燃料废气供应方便地在相同的方向上。

[0034] 第一级和第二级燃料电池阵列以及后续级阵列(其中它们存在于堆中)的特定布置将取决于堆中所需的热平衡,且因此取决于在每个阵列处的预期燃料利用率和将在每个阵列中执行的反应以及任何蒸汽重整的非燃料电池层的存在和位置。然而,在一个实施方式中,每个第二级燃料电池阵列在堆中布置在相应的两个第一级燃料电池阵列之间。在一个例子中,在堆的至少一部分中,存在三个第一级燃料电池阵列和一个第二级燃料电池阵列的重复模式。在另一例子中,在堆的至少一部分中,存在四个第一级燃料电池阵列和一个第二级燃料电池阵列的重复模式。这样的重复模式或任何其它重复模式可在整个堆中扩

展。可选地,在堆的第一半中比在堆的第二半中可能有更大数量的第二级燃料电池阵列。例如,第一半可以是在垂直堆中的底部半部分,其中蒸汽重整在第一级燃料电池阵列中执行。在这个布置中,在堆的顶部半部分中的相对较大数量的第一级燃料电池阵列将提供堆的顶部半部分的增加的冷却。此外在这个布置中或在另一布置中,朝着堆的端部比在堆之间可能有相对更少的重整的第一级燃料电池阵列,因为来自堆的热损耗将一般朝着端部更高。每个端部分可包括堆的长度的相应 25%,而堆之间的部分可包括堆的长度的中央 50%。在这个布置的实施方式中,在堆的每端四分之一中的第二级燃料电池阵列的比例是堆的中央半部分中的至少两倍大。在这个布置的一个例子中,与在中央部分中的 6:1 比较,在堆的端部分中的第一级与第二级燃料电池阵列之比可以是大约 2:1。按照第一级燃料电池阵列之间的第二级燃料电池阵列的间隔,相应端的堆的两半可以是彼此的镜像。在垂直堆中,在这个和其它实施方式中,在堆的高度的大约一半处或大约三分之二处或在堆的大约一半和大约三分之二之间第一级燃料电池阵列的密度可能最大。

[0035] 在一个实施方式中,所有第二燃料气体分布通道连接到至少一个燃料废气歧管用于,引导来自第二级燃料电池阵列的燃料废气,和因此将来自第二级燃料气体分布通道的排气侧的燃料废气引导到堆的外部,或用于使堆再利用该燃料废气。

[0036] 可选地,如上所述和在另一实施方式中,燃料电池阵列还包括具有相关的第三燃料气体分布通道的至少一个第三级燃料电池阵列,第三燃料气体分布通道布置成接收来自第二级燃料电池阵列的燃料电池的燃料废气用于将所述燃料废气供应到堆中的一个或多个第三级燃料电池阵列的燃料电池。

[0037] 在这个其它实施方式中,至少一个燃料歧管可设置在第三燃料气体分布通道的入口侧和第二燃料气体分布通道的出口侧之间以将来自第二燃料气体分布通道的燃料废气供应到第三燃料气体分布通道。

[0038] 在第二和第三燃料气体分布通道之间的至少一个燃料歧管可包括连接到燃料废气入口歧管的燃料废气出口歧管,由此,来自第二燃料气体分布通道的燃料废气优选地在垂直堆中向下的一个方向上穿过燃料废气出口歧管和相反的方向上或更方便地在同一方向上穿过燃料废气入口歧管到达第三气体分布通道。这些燃料废气出口歧管和入口歧管可连接在堆的端板中。

[0039] 在一个实施方式中,每个第三级燃料电池阵列可相邻于至少一个第一级燃料电池阵列例如在两个第一级燃料电池阵列之间布置在堆中。

[0040] 在这个其它实施方式的一个布置中,所有第二级燃料电池阵列朝着堆的第一端例如垂直堆中的顶端布置,而所有第三级燃料电池阵列朝着堆的第二相对端布置。在这个布置的一个例子中,在所述第二相对端处给堆提供燃料气体,燃料气体接着穿过所述一个或多个燃料供应歧管而被输送。

[0041] 在两级堆中的第一级燃料电池阵列的数量可以例如在堆中的燃料电池阵列的总数的 64% 到 82% 的范围内。

[0042] 在三级堆中的第一级燃料电池阵列的数量可以例如在堆中的燃料电池阵列的总数的 50% 到 70% 的范围内。在三级堆中的第二级燃料电池阵列的数量可以例如在堆中的燃料电池阵列的总数的 31% 到 23% 的范围内。在三级堆中的第三级燃料电池阵列的数量可以例如在堆中的燃料电池阵列的总数的 19% 到 7% 的范围内。

[0043] 堆还可包括至少一个第四级燃料电池阵列和可选地至少一个甚至更远的一级燃料电池阵列,其具有布置成接收来自前一级的一个或多个阵列的燃料电池的燃料废气的相关的燃料气体分布通道。最后一级的单个燃料电池阵列可充当除气级 (scavenging stage)。

[0044] 在一个实施方式中,蒸汽提取器连接在最后一级的一个或多个燃料电池阵列的燃料气体分布通道和倒数第二级燃料电池阵列的燃料气体分布通道之间以在将燃料废气供应到倒数第二级燃料电池阵列的燃料气体分布通道之前冷凝来自从倒数第二级燃料电池阵列的燃料气体分布通道接收的所述燃料废气的蒸汽。因此,在两级燃料电池堆中,蒸汽提取器连接在第一燃料气体分布通道和第二燃料气体分布通道之间以在将燃料废气供应到第二燃料气体分布通道之前冷凝来自从第一燃料气体分布通道接收的所述燃料废气的蒸汽。在三极燃料电池堆中,蒸汽提取器连接在第二燃料气体分布通道和第三燃料气体分布通道之间以在将燃料废气供应到第三燃料气体分布通道之前冷凝来自从第二燃料气体分布通道接收的所述燃料废气的蒸汽,依此类推。额外的蒸汽提取器可设置在多级堆中的另两个其它级的燃料电池阵列的燃料气体分布通道之间。从供应到第二级和 / 或后续级燃料电池阵列的燃料移除水增加了该燃料的能斯脱电压,并因此增加了堆电压以及堆效率。

[0045] 附图的简要说明

[0046] 现在将参考附图通过例子描述根据本发明的燃料电池组件的一个实施方式,在附图中:

[0047] 图 1 是包含平面固体氧化物燃料电池堆的基本燃料电池发电系统的示意图;

[0048] 图 2 是根据本发明的固体氧化物燃料电池堆的一部分的示意性分解图;

[0049] 图 3 是根据本发明的固体氧化物燃料电池堆的另一透视局部视图;

[0050] 图 4 是图 3 的堆的互连的助燃剂侧的透视图;

[0051] 图 5 (a) 是图 4 的一种类型的互连的燃料侧的局部平面图;

[0052] 图 5 (b) 是图 4 的另一类型的互连的燃料侧的局部平面图;

[0053] 图 6 是图 3 的堆的盖板的透视图;

[0054] 图 7 是根据本发明的燃料电池堆的和歧管化的各种板的一个布置的示意性正视视图;

[0055] 图 8 类似于图 7 但是另一布置的视图;

[0056] 图 9 示意性示出根据本发明的一种类型的燃料电池堆的燃料侧的歧管化;

[0057] 图 10 是根据本发明的类似于图 9 但是另一类型的燃料电池堆的视图;

[0058] 图 11 是根据本发明的表示燃料电池堆中的燃料利用率的曲线;以及

[0059] 图 12 和 13 是分别表示针对实例 1 和 4 的堆的沿着堆和从燃料气体入口到燃料废气出口横穿燃料电池的温度分布。

[0060] 附图的详细描述

[0061] 本发明涉及燃料电池堆,其中通过使用来自堆中的一些燃料电池的燃料废气作为供应到堆中的其它燃料电池的燃料来提高总燃料利用率。根据本发明,通过混合沿着堆的不同燃料电池层使得不是所有的向其它燃料电池供应燃料废气的燃料电池层和 / 或不是所有的从其它燃料电池接收燃料废气的燃料电池层都彼此相邻,来减小例如从堆的单独的燃料电池层中的不同电压和 / 或从堆中的层的不同功能产生的沿着堆的热梯度。

[0062] 本发明适用于燃料电池被分层设置的任何类型的燃料电池堆,但特别适合于高温燃料电池例如熔融碳酸盐燃料电池和固体氧化物燃料电池的堆,在所述燃料电池中热梯度可能较大。此外,在高温燃料电池堆中,可能在堆内将碳氢化合物源例如甲烷或天然气重整为氢。本发明对这样的燃料电池堆特别有利,其中发生重整,因为重整是吸热的,且因此从燃料电池移除热。为了方便,将在下文中参考设计成在出口处在从大约 750°C 起的工作温度处操作的平面固体氧化物燃料电池堆来描述本发明。在出口处的优选操作温度范围为从大约 750°C 到大约 830°C。

[0063] 现在参考图 1,示出了包括燃料电池堆 12 的燃料电池系统 10。燃料和助燃剂分别在 14 和 16 处供应到燃料电池堆 12。

[0064] 燃料源 18 是通过喷射泵文氏管设备 22 输送到蒸汽预重整器 24 的天然气。预重整器 24 的蒸汽通过导管 26 提供并与文氏管设备 22 中的天然气混合。蒸汽在热交换蒸汽发生器 28 中形成,来自蒸汽发生器的水从供水装置 30 得到。

[0065] 在预重整器 24 中的镍催化剂上的升高的温度处进行的蒸汽重整部分地将碳氢化合物燃料转换成氢和碳氧化物。在预重整器 24 中的重整程度是温度和蒸汽与碳之比的函数,但反应是吸热的,且从预重整器供应到堆 12 的燃料入口 14 的燃料在热交换器 28 中被预先加热。

[0066] 用作助燃剂 46 的空气也在热交换器 28 中被加热之后输送到燃料电池堆 12。

[0067] 燃料电池堆 12 的细节没有在图 1 中示出,但它包括燃料电池和气体分离器的交替层,端板在堆的端部处。燃料电池包括电解质材料的充分稠密的层,阴极材料的多孔层和阳极材料的多孔层在相对侧上。在固体氧化物燃料电池中,电解质材料可以是掺钇氧化锆,而阴极材料可以是锰酸镧锶以及阳极材料是锆镍金属陶瓷。这样的燃料电池堆在其它地方被很好地记载。

[0068] 气体分离板分离燃料电池,且特别是分离供应到一个燃料电池的阳极材料的燃料气体与供应到相邻的燃料电池的阴极材料的助燃气。气体分离板和端板方便地具有在其中形成的在相对面上的凹槽或通道用于分布分别穿过相邻燃料电池的阳极材料和阴极材料的燃料气体和助燃气,但可使用其它形式的气体分布。气体分离器可由各种不同的材料形成,但如果它们是导电的,则它们可充当输送端板之间的堆中的燃料电池所产生的电的互连件。在一个实施方式中,互连件由铁素体不锈钢例如来自 Hitachi Metals 公司的 ZMG232L 形成。

[0069] 可使用能够在从大约 750°C 起的燃料电池堆的升高的操作温度处维持密封功能的玻璃密封物在堆中将交替的燃料电池板和互连板以及端板密封在一起。

[0070] 在这个温度处,供应到堆 12 的燃料入口 14 的在蒸汽预重整器 24 中未被蒸汽重整的碳氢化合物可以通过与镍阳极材料和 / 或与布置在到燃料电池的阳极材料的燃料气体供应通道中的镍的催化反应在堆中被内部蒸汽重整,燃料气体供应通道包括在气体分离板和一个端板中形成的燃料供应凹槽或通道。

[0071] 在燃料中的氢和在助燃剂中的氧分别在燃料电池阳极和阴极处被氧化和还原,通过堆 12 中的燃料电池的电解质材料产生离子导电,其通过流经被转移的堆的电流来平衡。

[0072] 如在下文中描述的,在所示实施方式中,横穿每个燃料电池的相应侧的在堆中的燃料气流和助燃气流根据燃料电池阵列的级本质上都同向流动(即,都在同一方向上),或

同向流动和反向流动(即,在相反的方向上)的混合。然而,流可以同向流动、反向流动或横向流动(即,彼此成直角)。可选地,流动方向可以根据在堆中的位置来改变。例如,在一个实施方式中,在堆中的燃料电池阵列的从底部起的前 12 层可同向流动,而其余部分可反向流动以进一步提高热梯度。

[0073] 图 1 只示出一个堆 12,但燃料电池系统可包括串联或并联连接的多个堆 12。

[0074] 来自图示的燃料电池堆 12 的废气燃料气体和助燃气由导管 52 和 53 输送到燃料器 54 用于燃料气体的燃烧。来自燃烧器 54 的燃烧废气 62 由导管 64 输送到热交换器 28 以为蒸汽发生器提供热以及用于加热供应到燃料电池堆的预先重整的燃料和助燃剂。燃料电池废气且因此燃烧废气 62 包含蒸汽。

[0075] 现在参考图 2,以分解形式并只使用一些部件示意性示出了根据本发明的固体氧化物燃料电池堆 100 的上部分。为了清楚起见,附图仅示出堆的三个最上面的气体分离板 102、歧管端板 104 和顶板 106。为了清楚起见,在相邻的气体分离板 102 之间以及在歧管端板 104 和相邻的气体分离板 102 之间存在的燃料电池板从附图中省略,其它部件例如隔板和密封物以及到和横穿气体分离板 102 和歧管端板 104 的所示出的板的相对侧的气流也被省略。所有的燃料电池都是相同的,且在图 2 所示的实施方式中,每个燃料电池板只包括单个燃料电池,而不是多个燃料电池的阵列。

[0076] 如所示,存在两种类型的气体分离板——两个第一级板 102a (上面的第一级板与歧管端板 104 相邻)和在气体分离板 102a 之间交错的第二级气体分离板 102b。所示堆的燃料侧在内部歧管化,穿过气体分离板的对准的开口 108 用于燃料供应歧管,穿过气体分离板 102 的对准的开口 110 用于燃料废气出口歧管,穿过气体分离板 102 的对准的开口 112 用于燃料废气入口歧管,以及对准的开口 114 用于燃料废气歧管。这些开口也将延伸穿过堆中的其它气体分离板以及任何隔板或盖板,并可延伸穿过燃料电池板。

[0077] 每个气体分离板 102 具有横穿其的、将燃料供应腔 118 连接到燃料废气腔 120 的平行通道 116。通道 116 在肋 122 之间形成,但都被示意性地示出。通道 116 设计成充当燃料气体分布通道以将燃料分布在与每个气体分离板 102 的侧面相邻的相应的燃料电池的阳极中,将燃料气体传送到阳极并从阳极传送燃料气体。

[0078] 在气体分离板 102a 中,燃料供应腔 118 连接到形成燃料供应歧管的开口 108,而燃料废气腔 120 连接到形成燃料废气出口歧管的开口 110。另一方面,在气体分离板 102b 中,燃料供应腔 118 连接到形成燃料废气入口歧管的开口 112,而燃料废气腔 120 连接到形成燃料废气歧管的开口 114。

[0079] 如箭头 124 所示的,燃料供应在进入每个气体分离板 102a 的燃料供应腔 118 之前从堆的底部向上穿过开口 108。同样,如箭头 126 所示的,来自气体分离板 102a 的燃料废气从那些板的燃料废气腔 120 进入开口 110 中,并向上穿过由那些开口形成的燃料废气出口歧管。

[0080] 在堆的顶部处,来自气体分离板 102a 的燃料废气在通过歧管端板 104 中的对准的第二开口 132 进入由气体分离板中的开口 112 形成的燃料废气入口歧管之前穿过歧管端板 104 中的与气体分离板中的开口 110 对准的第一开口 128 并在通道 130 中横穿那块板。顶板 106 关闭通道 130。

[0081] 来自气体分离板 102a 的燃料废气接着向下穿过由开口 112 形成的燃料废气入口

歧管,并进入通过该板中的开口 112 进入气体分离板 102b 的燃料供应腔 118。穿过开口 112 的燃料废气的向下流动由箭头 134 表示。

[0082] 来自气体分离板 102b 的燃料废气通过开口 114 从腔 120 进入燃料废气歧管中,并继续向下到达堆的底部,如箭头 136 所示的。

[0083] 实际上,因此,可以是天然气或其它碳氢化合物并可以部分地被预先重整的燃料通过开口 108 和在气体分离板 102a 中的燃料供应腔 118 进入那些板中的第一燃料气体分布通道 116,其中它接触相应的相邻燃料电池板的阳极并在阳极上和阳极 / 电解质界面处起反应。在阳极上,燃料在内部重整为氢和碳氧化物,且氢接着在燃料电池的升高的操作温度在阳极 / 电解质界面处被氧化,而在燃料电池(未示出)的另一侧上的空气或其它助燃剂中的氧被还原,一起引起穿过电解质的离子电流。虽然燃料电池氧化 / 还原反应是放热的,但内部重整反应是吸热的,导致气体分离板 102a 和相邻的燃料电池的相对冷却。

[0084] 来自这些反应的燃料废气通过燃料废气腔 120 和开口 110 从第一燃料气体分布通道 116 的出口侧进入燃料废气出口歧管一直到堆的顶部,如箭头 126 所示的,在堆的顶部中,它在歧管端板 104 中反转方向并向下穿过由开口 112 形成的燃料废气入口歧管,如箭头 134 所示的。

[0085] 在气体分离板 102b 处,来自第一级气体分离板 102a 和相关燃料电池的燃料废气从相应的开口 112 进入燃料供应腔 118 和该板的第二燃料气体分布通道 116,其中它接触相应的相邻的燃料电池板的阳极并在阳极上和阳极 / 电解质界面处起反应。因为在来自第一燃料气体分布通道 116 的燃料废气中的至少大部分其余燃料已经被内部重整,在与气体分离板 102b 的第二燃料气体分布通道相关的阳极处的内部重整的量相对小,有相应的有限的冷却程度。另一方面,因为在来自第一燃料气体分布通道 116 的燃料废气中有足够的残留燃料,当氧气被供应到相关的燃料电池的阴极侧时,相同的燃料电池反应将发生。因此,在气体分离板 102b 的第二燃料气体分布通道 116 处的反应与在与气体分离板 102a 的燃料气体分布通道 116 相关的燃料电池处的反应相同,除了将有较少的内部重整且因此有较弱的冷却效果以外。因此在与气体分离板 102b 相关的燃料电池和与气体分离板 102a 相关的燃料电池之间有温度梯度。

[0086] 来自气体分离板 102b 中的第二燃料气体分布通道 116 的燃料废气通过气体分离板 102b 中的燃料废气腔 120 和开口 114 进入由对准的开口 114 形成的燃料废气歧管一直到堆的底部,如箭头 136 所示的,并从堆排出。

[0087] 通过使第二级气体分离板 102b 和相关的燃料电池交错在两个第一级冷却气体分离板 102a 和相关的燃料电池之间来减轻前述温度梯度。减轻温度梯度在第一级和第二级部件之间的热膨胀差异方面可能有明显的优点,从而增加燃料电池堆的寿命并提高其性能。

[0088] 这个交错的布置可在各种布置中在燃料电池板和相应的气体分离板的整个堆中重复,使得第一级气体分离板和相关燃料电池在堆中布置在两个第二级气体分离板和相关燃料电池之间,或第二级气体分离板和相关燃料电池在堆中布置在两个第一级气体分离板和相关燃料电池之间,或两者。

[0089] 这些布置的一些例子在表 1 中针对 51 层堆示出,其中 s1 表示气体分离板和相关燃料电池板的级 1 层,而 s2 表示包括第二级气体分离板和相关燃料电池板的级 2 层。实例

5 中的 s3 表示气体分离板和相关燃料电池板的级 3 层。在下文中描述表 1 中的每个实例。

[0090] 表 1

[0091]

	实例 1	实例 2	实例 3	实例 4	实例 5	实例 6
级比	39:12	39:12	39:12	39:12	42:9	33 : 13 : 5
层						
51	s1	s1	s1	s2	s1	s1
50	s1	s1	s1	s1	s1	s2
49	s1	s2	s1	s2	s1	s1
48	s2	s1	s2	s1	s1	s2
47	s1	s1	s1	s1	s2	s1
46	s1	s1	s1	s2	s1	s2
45	s1	s2	s1	s1	s1	s1
44	s2	s1	s1	s1	s1	s1
43	s1	s1	s2	s1	s1	s2
42	s1	s1	s1	s2	s2	s1
41	s1	s1	s1	s1	s1	s1
40	s2	s2	s1	s1	s1	s2
39	s1	s1	s1	s1	s1	s1
38	s1	s1	s2	s1	s1	s1
37	s1	s1	s1	s2	s1	s2
36	s2	s1	s1	s1	s2	s1
35	s1	s2	s1	s1	s1	s1
34	s1	s1	s1	s1	s1	s2
33	s1	s1	s2	s1	s1	s1
32	s2	s1	s1	s1	s1	s1
31	s1	s1	s1	s2	s1	s2

[0092]

30	s1	s2	s1	s1	s2	s1
29	s1	s1	s1	s1	s1	s1
28	s2	s1	s1	s1	s1	s2
27	s1	s1	s2	s1	s1	s1
26	s1	s1	s1	s1	s1	s1
25	s1	s2	s1	s1	s2	s2
24	s2	s1	s1	s1	s1	s1
23	s1	s1	s1	s1	s1	s1
22	s1	s1	s2	s1	s1	s2
21	s1	s2	s1	s2	s1	s1
20	s2	s1	s1	s1	s2	s1
19	s1	s1	s1	s1	s1	s2
18	s1	s1	s2	s1	s1	s1
17	s1	s2	s1	s1	s1	s1
16	s2	s1	s1	s1	s1	s2
15	s1	s1	s1	s2	s2	s1
14	s1	s1	s2	s1	s1	s1
13	s1	s2	s1	s1	s1	s3
12	s2	s1	s1	s1	s1	s1
11	s1	s1	s2	s1	s1	s1
10	s1	s1	s1	s2	s2	s3
9	s1	s2	s1	s1	s1	s1
8	s2	s1	s2	s1	s1	s1
7	s1	s1	s1	s1	s1	s3

6	s1	s2	s1	s2	s1	s1
5	s1	s1	s2	s1	s2	s1
4	s2	s1	s1	s1	s1	s3
3	s1	s2	s1	s2	s1	s1
2	s1	s1	s2	s1	s1	s3
1	s1	s1	s1	s2	s1	s1

[0093] 在实例 1 中,在从堆的底部起每 3 个级 1 层 1 个级 2 层的重复布置中有 39 个级 1 层和 12 个级 2 层。

[0094] 在实例 2 中,也有 39 个级 1 层和 12 个级 2 层,从堆的底部起,重复模式是每 2 个级 1 层 1 个级 2 层,后面是每 3 个级 1 层 1 个级 2 层向上一直到堆的中间位置,且接着是每 4 个级 1 层 1 个级 2 层一直到邻近堆的顶部。在堆的顶部处,有一个级 2 层在其下的 3 个级 1 层和其上的 2 个级 1 层之间的布置。这个布置使级 1 重整层的冷却效果偏向堆的顶部半部分。

[0095] 实例 3 也示出 39 个级 1 层和 12 个级 2 层,重复模式是从层 3 到层 14 的每 2 个级 1 层 1 个级 2 层,后面是每 3 个级 1 层 1 个级 2 层一直到层 22,后面是每 4 个级 1 层 1 个级 2 层的布置,接着是每 5 个级 1 层 1 个级 2 层,后面是从层 34 到层 48 的每 4 个级 1 层 1 个级 2 层。在堆的顶部处,有 3 个级 1 层。这个布置也使级 1 重整层的冷却效果偏向堆的顶部半部分。

[0096] 实例 4 示出 39 个级 1 层和 12 个级 2 层的另一布置。在这个布置中,堆的每端的两个半部分是彼此的镜像,每端的级 2 层的逐渐增加的间隔是一个级 1 层,接着是两个级 1 层,接着是三个级 1 层,接着四个级 1 层。在堆的中央,在两个相邻的级 2 层之间有 9 个级 1 层。因此,在堆的中央的半部分(层 13 到层 39)中级 2 层的比例比在堆的每端四分之一中更小。该比例小于一半,从在中央的半部分中的大约 1:6 到在每端的四分之一中的大约 1:2。这个布置的效果是使重整的级 1 层的冷却效果偏向堆的中心,帮助平衡来自堆的每端的热损耗。这个布置相对于实例 1 的布置的效果可在下文描述的图 12 和 13 中看到。

[0097] 在实例 5 中,有 42 个级 1 层和 9 个级 2 层,每 4 个级 1 层 1 个级 2 层一直到层 30,每 5 个级 1 层 1 个级 2 层一直到层 42,且然后在堆的顶部处在 1 个级 2 层的上面和下面各有 4 个级 1 层。这个布置在堆的高度的大约三分之二处集中最大数量的重整和冷却的级 1 层。改变级 1 与级 2 的层之比影响堆可操作的最大燃料利用率。

[0098] 表 1 中的实例 6 示出未在图 2 中示出的变化,其中除了级 1 层和级 2 层以外,还有级 3 层。级 3 层(气体分离板和相关燃料电池)接收来自级 2 层的燃料废气,如在图 10 中示意性示出的。在这个布置中,有 33 个级 1 层、13 个级 2 层和 5 个级 3 层,所有级 3 层朝着堆的底部,而所有级 2 层在它们之上。在从堆的底部起的前四个层中,级 1 层和级 3 层交替,后面是每 2 个级 1 层 1 个级 3 层一直到层 13,后面是从层 14 到层 46 每 2 个级 1 层 1 个级 2 层。在层 47 到 51 中,级 1 层和级 2 层交替。

[0099] 本领域技术人员将认识到,虽然图 2 示出燃料气体分布通道在气体分离板 102 中形成为通道 116,但这不是必须的。替代地,气体分布通道可由在燃料电池的阳极侧上的突出部界定或例如通过布置在气体分离板和相邻的燃料电池板之间的装置界定。燃料气体分布通道因此实际上设置在气体分离板和相邻燃料电池的阳极侧之间,并在它们将气体分布在整个燃料电池的意义上与燃料电池相关。

[0100] 现在转到图 3 到 6,示出了燃料电池堆的裸构架,其示出两级堆的歧管化布置,其中每个燃料电池层包括在下文所述的盖板 202 (图 6)中支撑的四个燃料电池的阵列。在图 3 到 6 中,气体分布通道设置在气体分离板 208 (图 4、5a、5b)中。如在图 2 中的,存在两种类型的气体分离板,在图 5a 中部分地示出的第一级板 208a 和在图 5b 中部分地示出的第二级气体分离板 208a。在这些图的每个中,只示出阳极侧 210 的一半,每半具有针对燃料电池阵列的两个燃料电池示出的燃料气体分布通道的两个阵列 212。每个气体分离板 208 将具有燃料气体分布通道的四个阵列 212,在每种情况中对于气体分离板 208a 和 208b,阳极侧 210 的未示出的左手侧分别是在图 5a 和 5b 中示出的右手侧的镜像。

[0101] 因为燃料电池堆的助燃剂侧是未分级的,每个气体分离板 208 的助燃剂侧 214 是相同的,且一个在图 4 中示出。因此,图 4 所示的气体分离板 208 的阳极侧 210 可以是第一级,使得气体分离板是如在图 5a 中部分地示出的板 208 (a),或如在图 5b 中部分地示出的第二级气体分离板 208 (b)。

[0102] 参考图 4,气体分离板 208 的助燃剂或阴极侧 214 也具有用于将空气或其它助燃剂分布在相邻阵列(未示出)中的四个相应的燃料电池的整个阴极中的助燃气分布通道的四个阵列 216。气体分离板 208 可由如上所述的铁素体不锈钢形成,并可如在 W0 1996/028855 中所述的,助燃气分布通道的每个阵列 216 由多个平行通道形成,平行通道具有在通道之间的接触燃料电池板的肋,在其顶表面上涂覆有尖晶石氧化物。

[0103] 对于助燃气分布通道的每个阵列 216,存在连接到助燃剂供应腔 218 的入口端和连接到助燃剂废气腔 220 的出口端。每个助燃剂供应腔 218 通过一对助燃剂供应歧管开口 222 接收助燃剂,而助燃剂废气腔 220 对助燃剂废气歧管开口 224 开放。开口 224 延伸穿过板的中心,且助燃气分布通道的每个左手对和右手(在附图中)对的阵列 216 共享相应的一对开口 224。

[0104] 气体分离板 208 具有穿过其的用于燃料气体的额外开口。在助燃剂供应歧管开口 222 之间是两个相对的燃料供应歧管开口 226。在助燃剂废气歧管开口 224 的中央阵列的外端处是两个相对的燃料废气出口歧管开口 228。在气体分离板 208 的四个角处是相应的燃料废气入口歧管开口 230,且在板的中央是单个燃料废气歧管开口 232。

[0105] 参考图 5a,燃料气体分布通道的每个阵列 212 包括在燃料供应腔 234 和燃料废气腔 236 之间的分离板中形成的一系列平行通道。在阵列 212 的通道之间是啮合每个阵列 212 的相应燃料电池(未示出)的阳极侧的剩余肋。为了确保导电接触,肋顶部可涂覆有镍。

[0106] 横穿阵列 212 的一系列横向通道 238 确保从供应腔 234 到废气腔 236 的平衡的燃料气体流,并因此确保燃料气体与阳极的平衡接触。

[0107] 每对相邻的阵列 212 共享公共燃料供应腔 234 和燃料废气腔 236,且燃料气体通过敞开到腔的中心的燃料供应歧管开口 226 而供应到燃料供应腔 234。相反,燃料废气通过在废气腔的端部处的燃料废气出口歧管开口 228 从燃料废气腔 236 排出。这些燃料废气出口

歧管开口 228 被左手对的阵列 212 共享,如上所述,左手对的阵列 212 是在图 5a 中示出的右手对的镜像。

[0108] 现在参考图 5b,气体分离板 208 (b) 的阳极侧 210 非常类似于上面描述的气体分离板 208 (a) 的阳极侧 210,所以只描述差异。此外,对图 5a 和 5b 中的相应部件给出相同的参考数字。

[0109] 在图 5b 中,由气体分离板 208 (b) 中的两个相邻的阵列 212 共享的燃料供应腔 234 经由燃料废气入口歧管开口 230 从由开口 228 所界定的燃料废气出口歧管接收燃料废气,燃料废气入口歧管开口 230 在其端部对腔 234 开放。来自板 208 (b) 的燃料废气从燃料废气腔 236 进入与镜像阵列 212 共享的单个燃料废气燃料歧管开口 232。

[0110] 现在转到图 3,示意性示出两个气体分离板 208a 和 208b 及其到歧管的连接,阴极侧 214 面向上。为了方便,只示出两个气体分离板,在它们之间或在它们之上和之下没有燃料电池阵列。如在图 4 中的,示出了具有助燃剂燃料分布通道的四个阵列 216 的整个气体分离板 208。

[0111] 由穿过气体分离板 208 的相应开口和盖板 202 中的相应开口形成的歧管在图 3 中示意性示出,并将由穿过气体分离板的相应开口的跟随有“'”的相应的参考数字表示。

[0112] 在堆 200 的使用中,燃料气体从堆的底端板(未示出)向上穿过燃料供应歧管 226' 并进入第一级气体分离板 208a 的腔 234,如图 5a 所示。反应的燃料气体接着向上穿过燃料废气出口歧管 228' 从第一级气体分离板 208a 的燃料废气腔 236 排出。相应地,助燃剂从堆的底端板向上穿过助燃剂供应歧管 222',并进入在气体分离板 208 的阴极侧 214 上的助燃剂供应腔 218。在相应的阴极处反应之后,助燃剂废气从助燃剂废气腔 220 进入助燃剂废气歧管 224',并向下传送到底端板。这对第一级气体分离板 208a 和第二级气体分离板 208b 发生。

[0113] 来自第一级气体分离板 208a 的燃料废气向上穿过燃料废气出口歧管 228',如在图 2 中的,直到它到达在堆的顶部处的歧管端板(未示出),并反转方向以向下穿过燃料废气入口歧管 230',它从燃料废气入口歧管 230' 进入第二级气体分离板 208b 的燃料供应腔 234。在相应的燃料电池的阳极处反应之后,第二级废气从气体分离板 208b 的燃料废气腔 236 进入公共燃料废气歧管 232'。在燃料废气歧管 232' 中,第二级燃料废气向下传送到底部歧管板,从底部歧管板,它和助燃剂废气从堆排出,如参考图 1 描述的。

[0114] 堆 200 中的第一级气体分离板 208a 和第二级气体分离板 208b 的布置可以如参考图 2 和例如表 1 中的实例 1 到 5 中的任一个所述的。

[0115] 现在转到图 6,盖板 202 具有与气体分离板 208 类似的总体形状,且相应的一个气体分离板 208 被接纳在两个相邻的气体分离板 208 之间以及端部气体分离板 208 和相邻的歧管端板(未示出)之间。

[0116] 盖板 202 具有与气体分离板 208 中的开口相应的歧管开口,其被给了相同的参考数字但跟随有“'”且将不被进一步描述。盖板也可由铁素体不锈钢例如来自 Hitachi Metals 公司的 ZMG232L 形成,并且还具有在相应于气体分离板 208 中的气体分布通道的阵列 212 和 216 的阵列中穿过其厚度的四个主开口 240。相应的燃料电池板(未示出)被接纳在主开口 240 中,所有燃料电池板都相同并且如上所述。使用防止助燃剂和燃料气体从一个端面传送到另一端面的玻璃密封物(未示出)来将燃料电池板密封在主开口 240 中。

[0117] 在堆中,每个盖板也被密封到相邻的气体分离板以确保气体从入口歧管适当地通到出口歧管而没有泄漏。这样的密封也可由玻璃密封物或例如通过将板 202 和 208 焊接在一起提供。

[0118] 图 7 以二维方式将图 2 的部分堆 100 的变形示为部分堆 300。示出了堆的顶部部分,各种板由块表示。该图示包括在每对其它板之间的燃料电池板 302,歧管端板 301 在顶部处。在燃料电池板之间是各种第一级气体分离板 304 和第二级气体分离板 306。附图示出每个第二级气体分离板有三个相邻的第一级气体分离板的重复单元,除了在堆的顶部处有两个第一级气体分离板以外。该布置因此反映表 1 的实例 2。

[0119] 图 7 还示出燃料气体流。为了清楚起见,省略了助燃剂歧管气流,但从上面的图 3 到 6 的描述中将认识到,它们在整个堆中是相同的,在助燃剂废气再次向下穿过助燃剂废气歧管(未示出)传送到底部歧管端板以从堆排出之前,助燃剂向上穿过堆并横穿燃料电池的阴极侧之间的层,如箭头 308 表示的。

[0120] 在燃料侧上,燃料气体向上从底部歧管端板(未示出)穿过燃料供应歧管传送,如箭头 310 表示的。燃料气体从第一级气体分离板 304 和相邻燃料电池板 302 的阳极侧之间的燃料供应歧管穿过如箭头 312 表示的第一级气体分布通道。

[0121] 反应的第一级废气燃料气体接着进入由箭头 314 表示的燃料废气出口歧管,它穿过燃料废气出口歧管向上传送到顶部歧管端板 301,在此它反转方向并向向下穿过由箭头 316 表示的燃料废气入口歧管传送到在第二级燃料电池板 306 和相邻的燃料电池板 302 的阳极侧之间的由箭头 318 表示的第二级燃料气体分布通道。第二级燃料气体废气接着进入由箭头 320 表示的燃料出口歧管,它穿过燃料出口歧管传送到底部歧管端板并从堆排出。

[0122] 在图 7 中,最下面的箭头 314 和 316 被组合,说明第一级燃料废气歧管 228 和第二级燃料入口歧管 230 可被组合,在这种情况下向上和向下穿过组合的歧管的流率可能较低。

[0123] 在图 7 的布置中,穿过第一燃料气体分布通道 312 和第二燃料气体分布通道 318 的燃料气体流在相反的方向上。如果希望提供逆流布置(相对于通道 312),穿过助燃气分布通道 308 的助燃气流也可被反转。

[0124] 图 8 是与图 7 类似的部分堆 330 的表示,其中为了方便,相同的参考数字用于与图 7 相同的部分。

[0125] 如在图 7 中的,图 8 表示每个第二级气体分离板有三个相邻的第一级气体分离板的重复单元,除了在堆的顶部处有两个第一级气体分离板以外。该布置因此反映表 1 的实例 2。与图 7 的差异是,如在图 2 中的,穿过第一级气体分布通道 312 和第二级气体分布通道 318 以及在助燃剂通道 308 中的所有气流在附图中从左到右的相同方向上。图 8 还示出在堆的顶部处的第一级燃料废气从燃料废气出口歧管 314 转移到在歧管端板 301 和顶板 332 之间的燃料废气入口歧管 316 中。这个转移穿过的通道由箭头 334 表示。

[0126] 图 9 示意性示出表 1 的实例 1 到 4 中的任一个的实施方式,但其中第一级和第二级气流为了方便而在两个串联连接的堆(第一级堆 402 和第二级堆 404)中示出。在过程的实践中,第一级和第二级气流将在单个堆中,第二级气体分离板交错在第一级气体分离板之间,如表 1 所示。

[0127] 在图 9 中,燃料气体供应歧管 406 被示为将燃料气体从底部歧管端板(未示出)向

上传送到第一级气体分离板,且第一级废气歧管 408 被示为将第一级燃料废气向上传送到顶部歧管端板。相应地,第二级燃料废气入口歧管 410 将第一级燃料废气向下传送到第二级气体分离板,且第二级燃料废气接着穿过废气歧管 412 向下传送到底部歧管端板(未示出),在底部歧管端板,它从堆排出。

[0128] 图 10 是与图 9 类似的表示但针对表 1 的实例 6 的三级堆。因此,代替从堆排出,第二级燃料废气在为了在相邻的燃料电池的阳极侧上的燃料气体的反应而穿过第三级燃料气体分布通道之后,向下传送到第三级气体分离板 414 并接着向下穿过第三级燃料废气歧管 416,以从堆排出。与图 9 相反,将看到,在第一级燃料气体供应歧管 406 和燃料废气歧管 408 中的流动方向都向上,以及在第二级燃料废气入口歧管 410 和废气歧管中的流动方向都向下。

[0129] 图 11 是示出两级堆中的总燃料利用率相对于单独的燃料电池阵列的燃料利用率的曲线。该曲线示出了级 1 层与级 2 层的三个不同比(1:2、2.5:1 和 3.25:1)的燃料利用率,并示出在较高的级 1 与级 2 之比,对这两个级可使用一致的燃料利用率来实现较高的总燃料利用率。

[0130] 特别是,目标总燃料利用率确定分级比。理想地,由于下面的原因,级 2 燃料利用率将总是比级 1 燃料利用率稍微低(或至少级 2 从不比级 1 高):

[0131] 1) 由于较低的 H_2 浓度(较低的能斯脱电势),级 2 条件可导致比级 1 更早地氧化相应燃料电池的部分——特别是当燃料电池由于长期使用而恶化时。

[0132] 2) 级 2 对燃料利用率变化更敏感——级 1 是线性的,而级 2 具有更高阶函数;

[0133] 3) 级 2 将从级 1 得到残留燃料——因此在例如流、电流和电势泄漏中的所有误差对级 2 将是负担。

[0134] 考虑到此,优选的分级比是 3.25:1,总目标燃料利用率为 85%,这将导致 66% 的级 1 燃料利用率和 58% 的级 2 燃料利用率,假定对每层/阵列有相同的电流/电流密度,而不考虑级。它也允许总燃料利用率(由于误差、泄漏等)可达到 89%,这两个级仍然以相同的利用率运行。

[0135] 本发明的另一优点是,通过提供在堆(其中相邻的阵列串联连接)中的两级或多级燃料电池阵列,对每个阵列确保相同的电流和电流密度。这与在相应的堆中提供第一级和后续级燃料电池阵列的布置相反,不需要单独的控制机构来确保在所有级的所有阵列中的相同的电流和电流密度。

[0136] 图 12 和 13 是分别示出运行实例 1 和 4 的重整的燃料电池堆的热分布的曲线。在每条曲线中的 x 轴表示堆中的层 1 到 51 的序号,而 y 轴示出燃料电池的从燃料入口(每种情况中的底部线)到燃料废气出口(每种情况中的顶部线)间隔开的每层上的多个传感器(由每条线表示)处的温度。一般地说,可看到,温度从燃料入口到燃料废气出口升高,以及温度在堆的顶部(层 51)处比在底部(层 1)处更高,但部分地由于端部处的热损耗,离堆的顶端和底端最远。每条曲线的底部线中的峰值反映级 2 层的位置以及其相对于重整的级 1 层的减小的冷却效果。

[0137] 图 12 示出在实例 1 的实施方式中,均匀间隔开的级 2 层的减小的冷却效果沿着堆的长度扩展,与级 1 层都较接近于堆的一端和级 2 层都接近于堆的另一端的布置比较,极大地提高了热梯度,但最大温度仍然在朝着堆的中心处。

[0138] 相反,图 13 示出如在实例 4 中的使级 2 层间隔开使温度分布变平,所以沿着堆的温度梯度减小了。

[0139] 在这两种情况下,在整个燃料电池中朝着堆的中心的温度梯度为大约 25°C,且这在实例 1 的堆的顶部处也成立。在实例 4 中,在整个燃料电池中在堆的顶部处的温度梯度仅仅为大约 15°C。

[0140] 本领域技术人员将认识到,本文所述的发明容许除了特别描述的实施方式以外的变化和修改。应理解,本发明包括落在其精神和范围内的所有这样的变化和修改。本发明还包括在本说明书中单独或共同地提到或指出的所有步骤和特征以及所述步骤或特征中的任两个或多个的任何和所有组合。

[0141] 在整个说明书和接下来的权利要求中,除非上下文另外要求,词“包括(comprise)”和变形例如“包括(comprises)”和“包括(comprising)”将被理解为暗示包括所陈述的整体或步骤、或者整体或步骤的组,而不排除任何其它整体或步骤、或者整体或步骤的组。

[0142] 在本说明书中对任何在先公布物(或从它得到的信息)或已知的任何事物的提及并不、且不应被理解为认可或承认或任何形式的建议:在先公布物(或从它得到的信息)或已知的事物形成在本说明书所涉及的主题的领域中的公知常识的一部分。

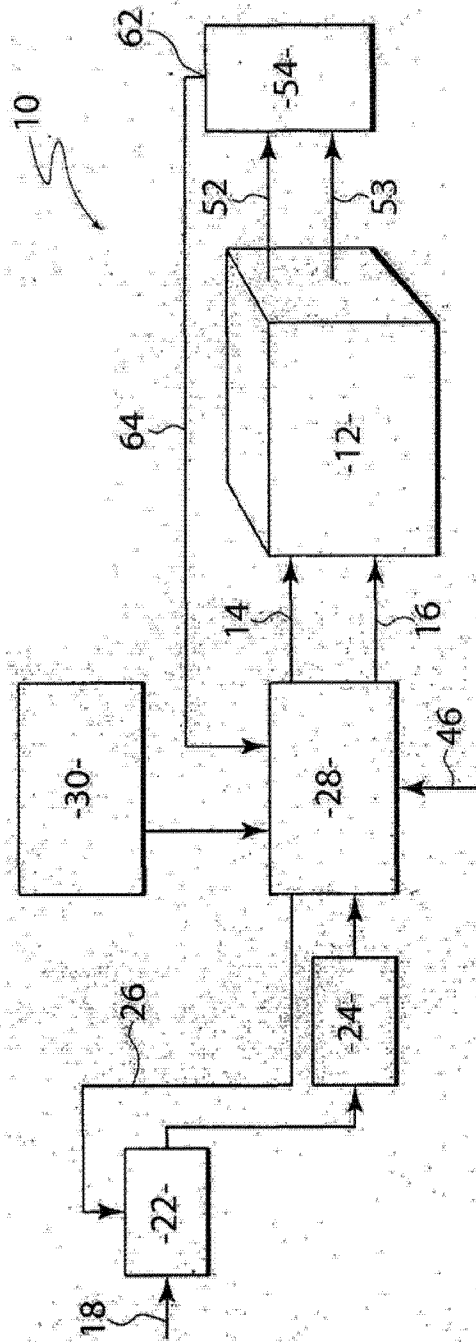


图 1

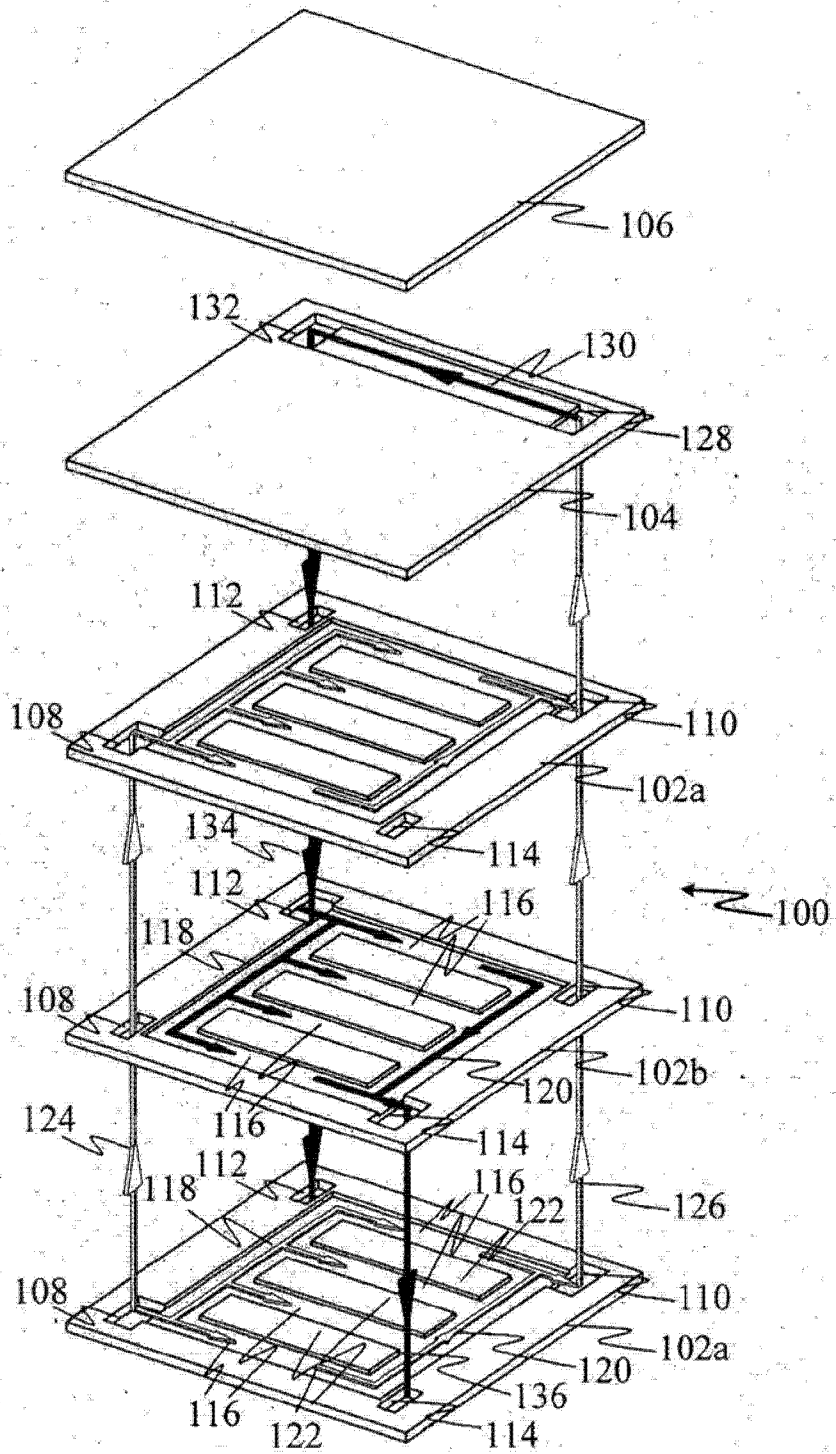


图 2

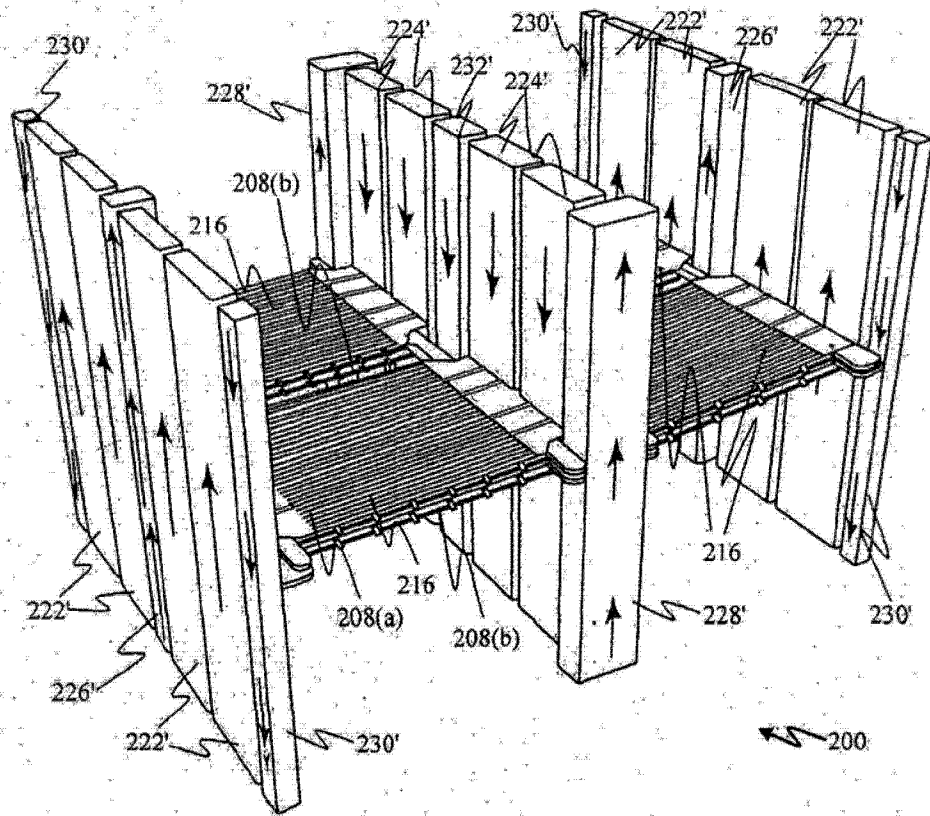


图 3

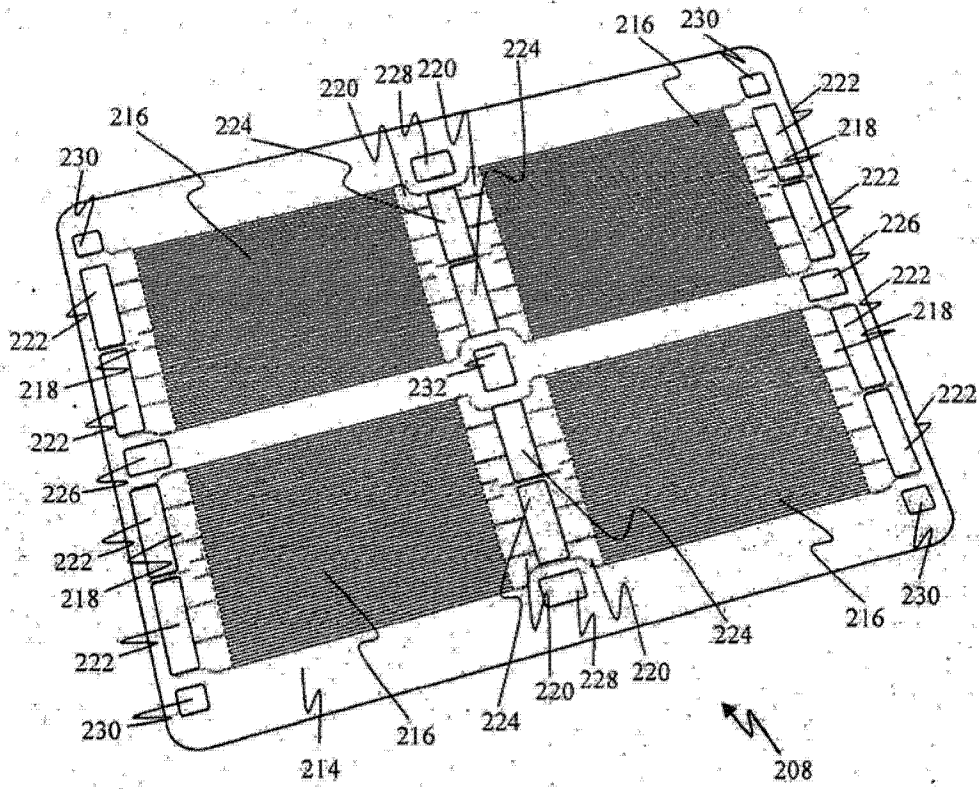


图 4

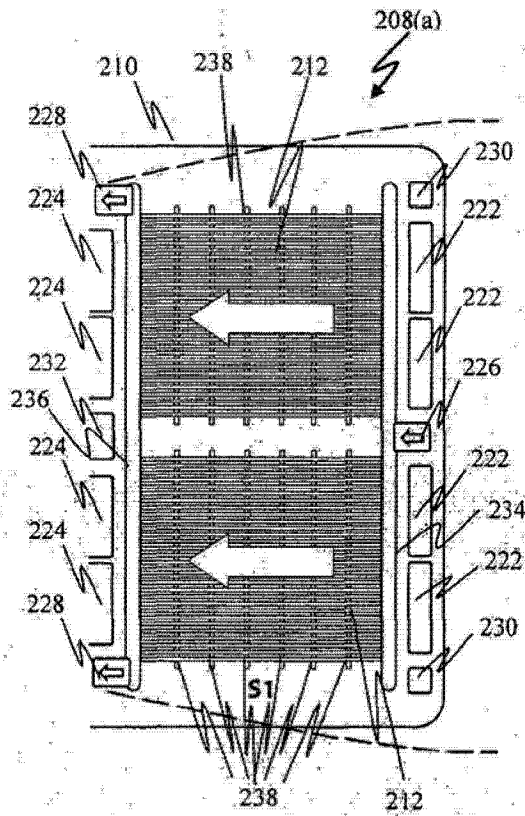


图 5A

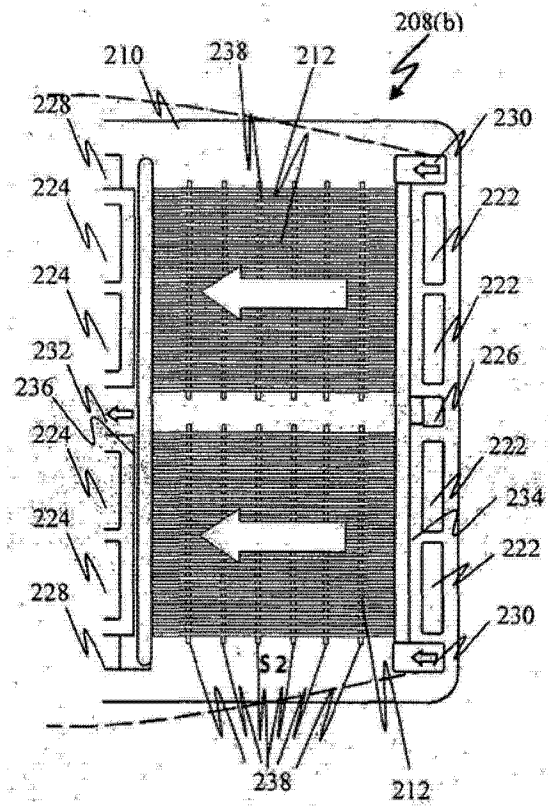


图 5B

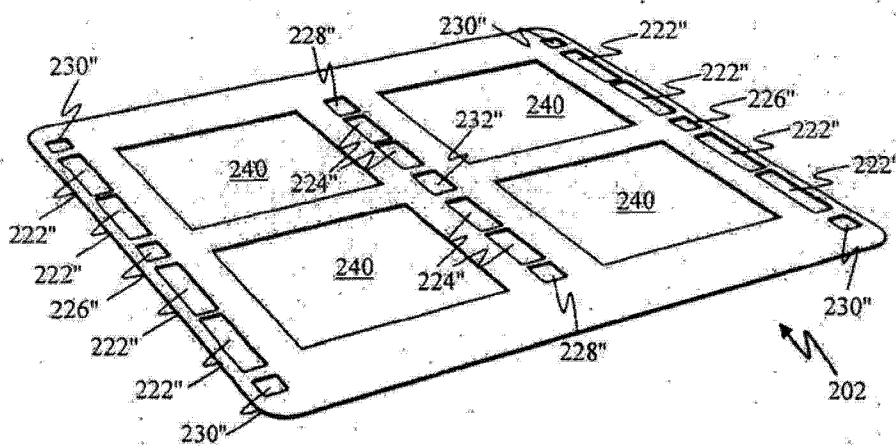


图 6

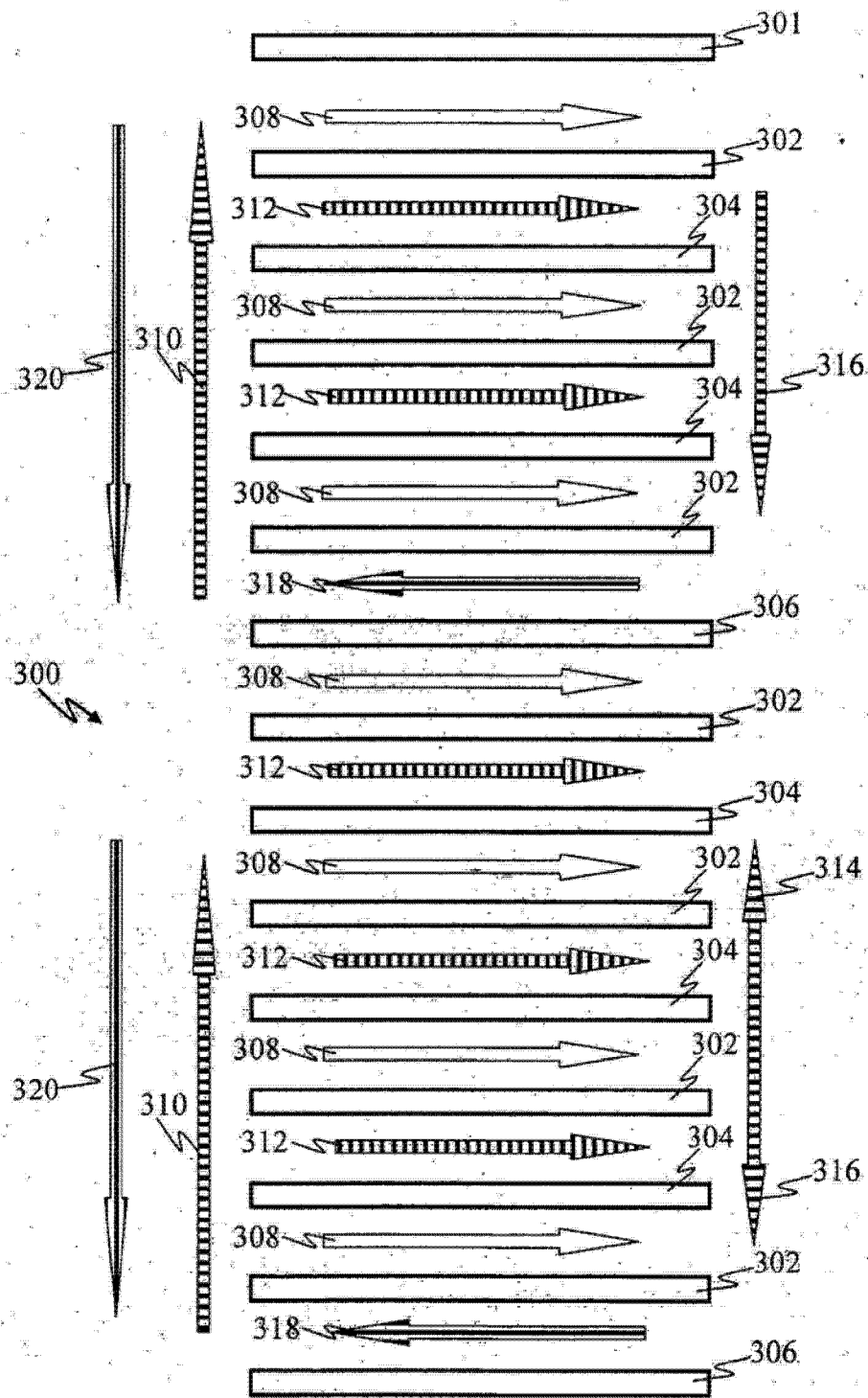


图 7

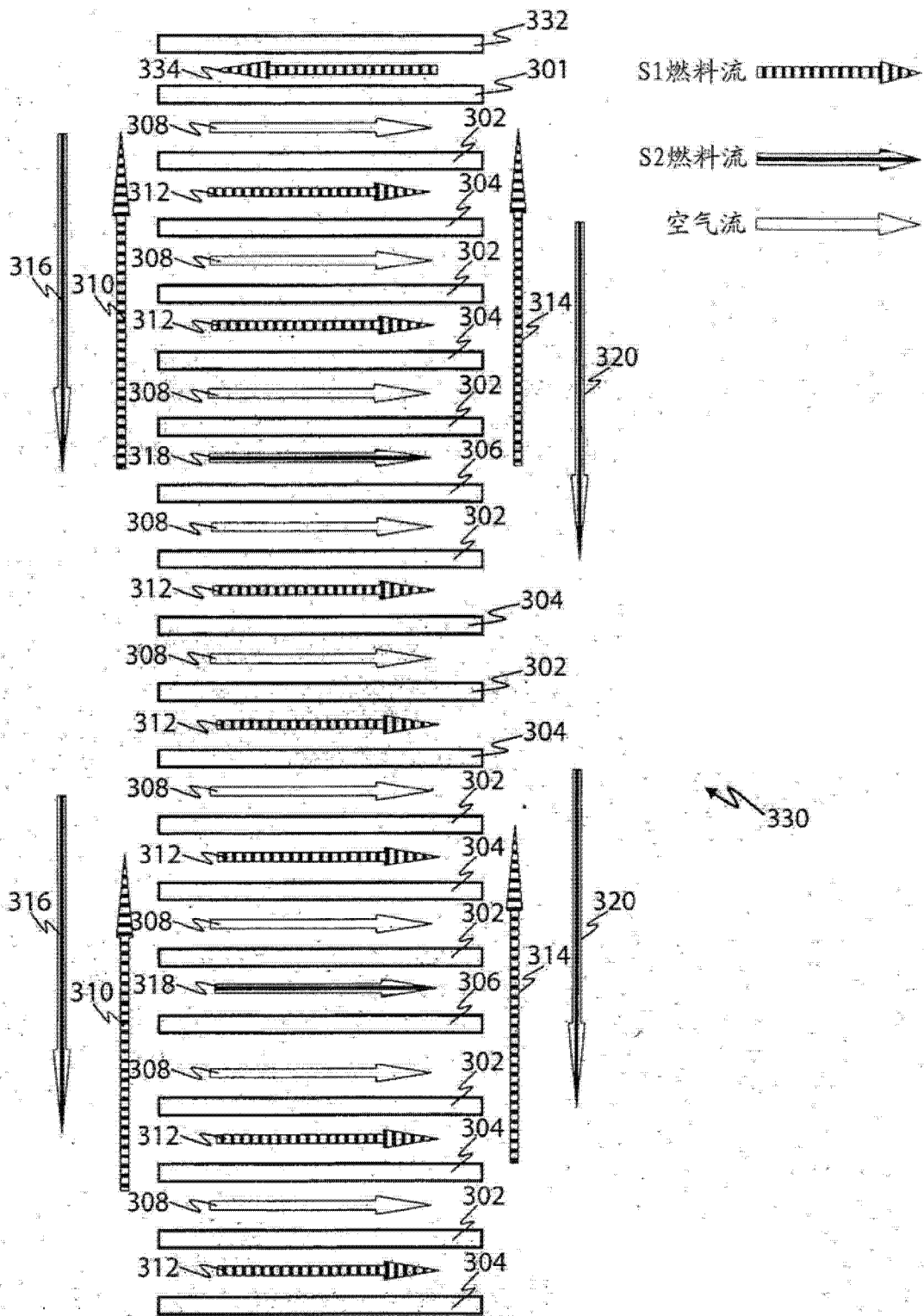


图 8

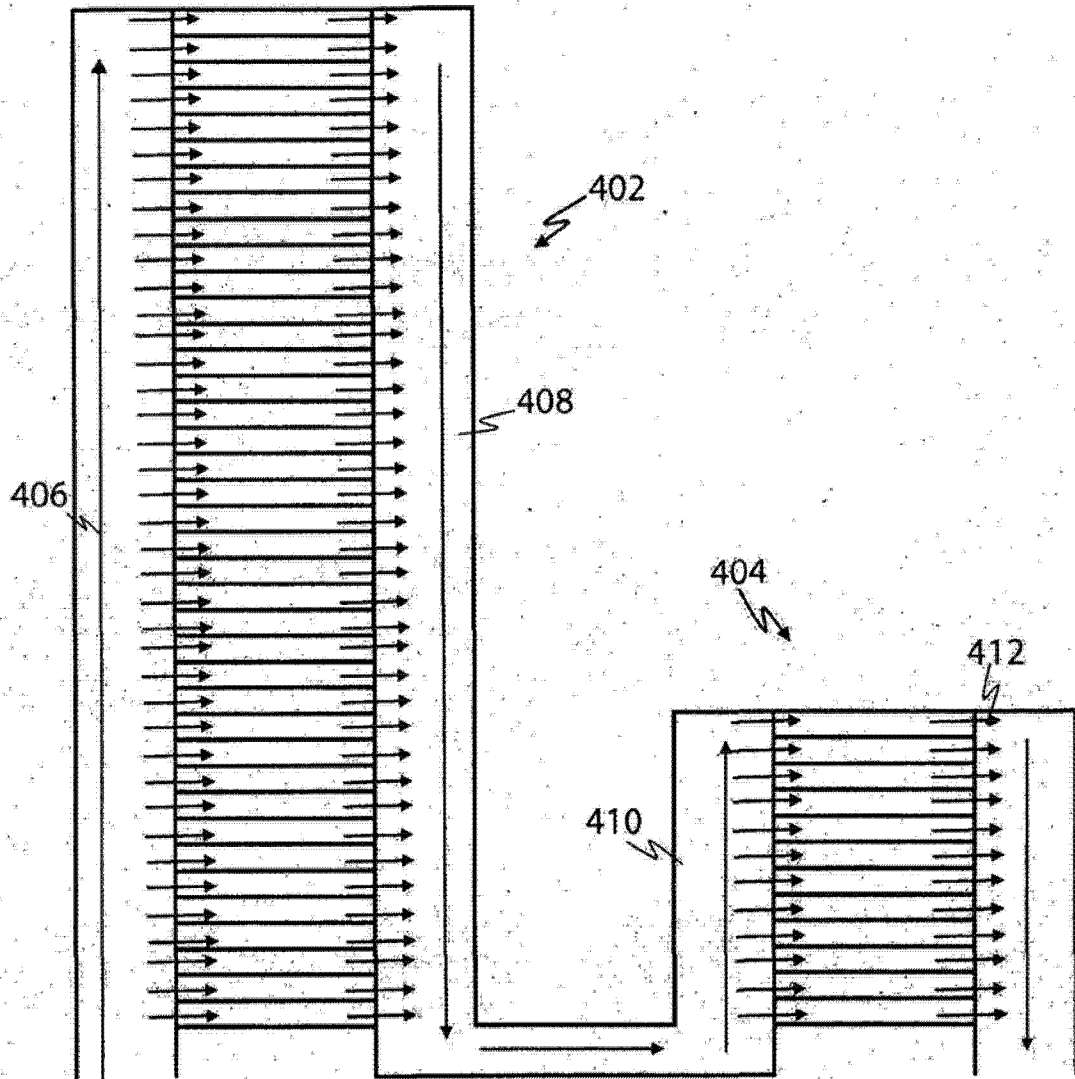


图 9

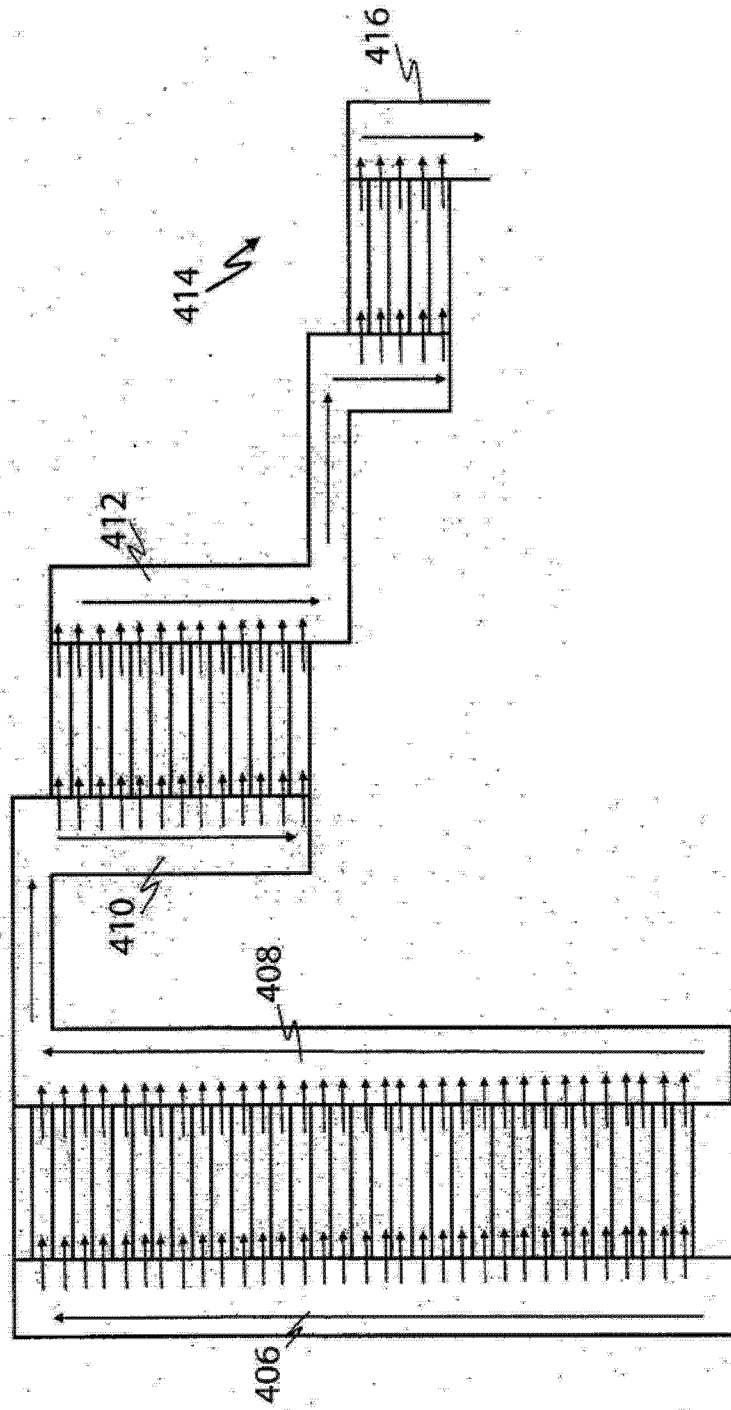


图 10

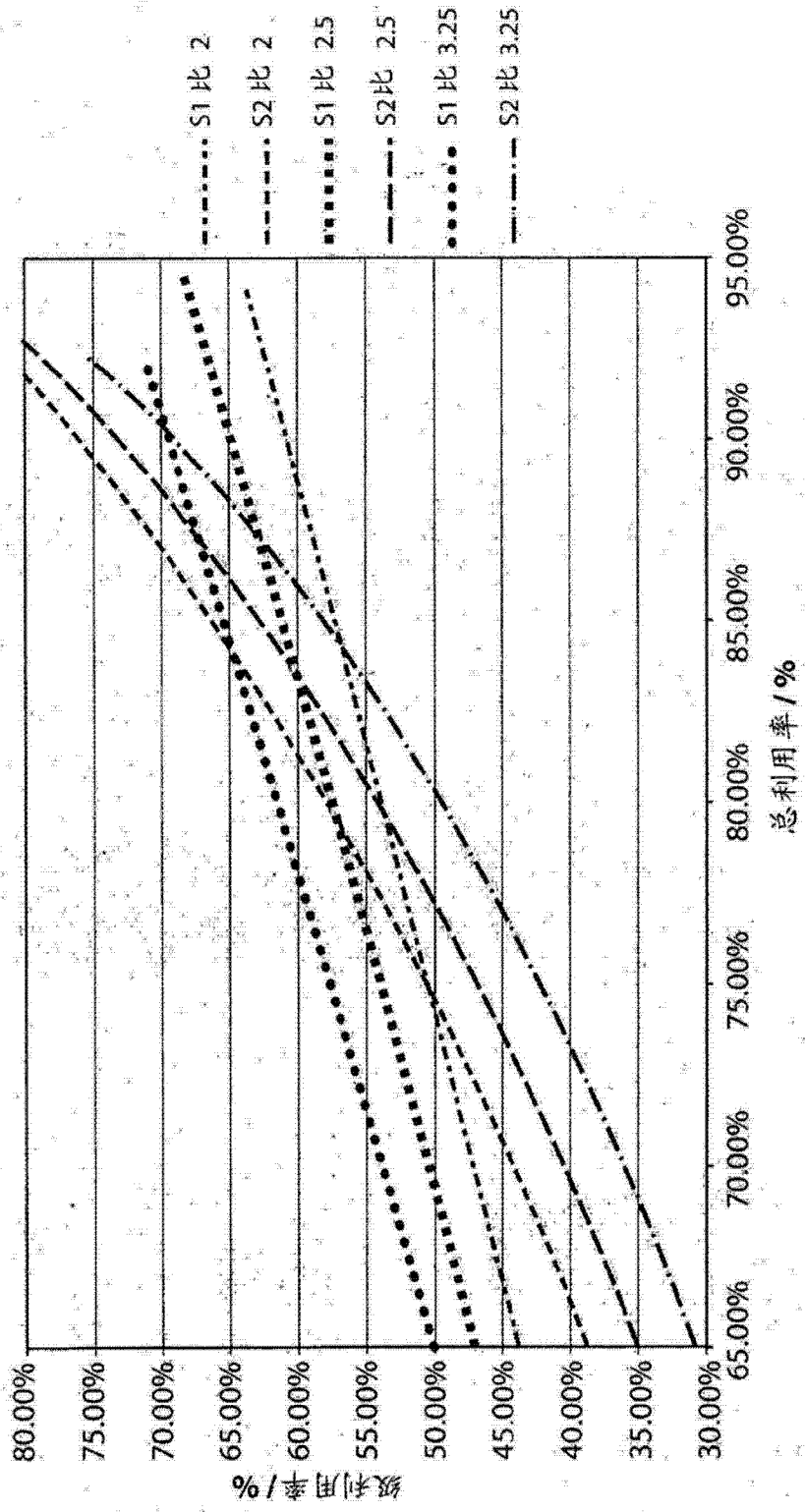


图 11

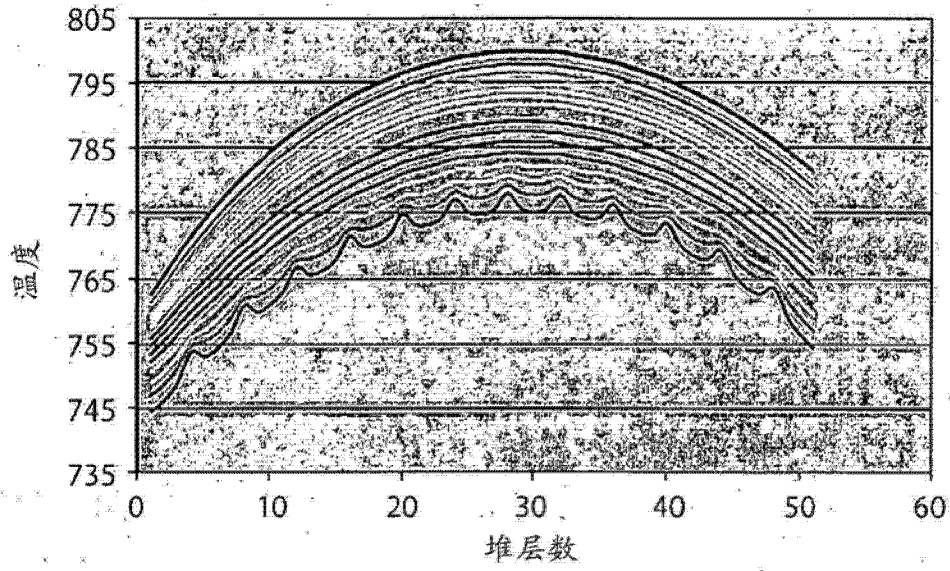


图 12

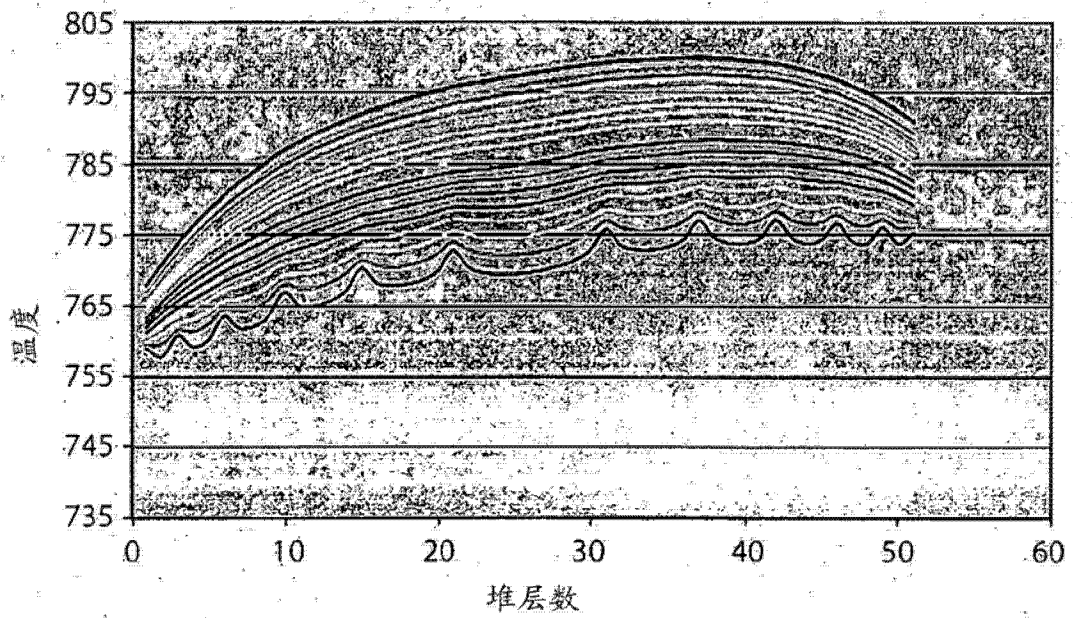


图 13