



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103988354 A

(43) 申请公布日 2014. 08. 13

(21) 申请号 201280059370. 1

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2012. 10. 26

H01M 8/04 (2006. 01)

(30) 优先权数据

H01M 8/12 (2006. 01)

1159843 2011. 10. 28 FR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 05. 30

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2012/071298 2012. 10. 26

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/060869 FR 2013. 05. 02

(71) 申请人 原子能和替代能源委员会

地址 法国巴黎

(72) 发明人 热罗姆·劳伦辛 杰拉德·蒂列特

马嘉利·瑞提尔

(74) 专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有

限公司 11270

代理人 王艳波 张颖玲

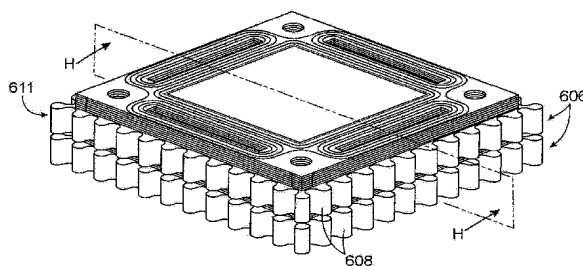
权利要求书2页 说明书9页 附图9页

(54) 发明名称

热管理改进的高温或燃料电池式电化学系统

(57) 摘要

本发明涉及一种包括在纵轴 (X) 上具有交替的陶瓷电池 (2) 和互连体 (4) 的堆叠体并且还包括并入堆叠体中的热管理元件的电化学系统, 所述热管理元件包括具有结构化横向表面的板 (6), 通过该结构化横向表面朝向堆叠体外部以辐射方式进行热传递。



1. 一种电化学系统,所述电化学系统包括在纵轴(X)上具有交替的陶瓷电池(2)和互连体(4)的堆叠体,并且还包括并入所述堆叠体中的热管理元件,其特征在于,所述热管理元件包括至少一个板(6,106,206,306),所述板被称为“辐射板”,安置在所述堆叠体中,具有至少一个横向边缘,所述横向边缘具有通过辐射与所述堆叠体外部发生热交换的表面,所述表面被至少部分结构化。

2. 根据权利要求1所述的电化学系统,其中,所述辐射板(6,106,206,306)比所述互连体厚,其中,所述互连体(4)为0.1mm~15mm厚,且至少一个辐射板(6,106,206,306)为5mm~50mm厚。

3. 根据权利要求1或2所述的电化学系统,其中,所述辐射板(106)具有比所述电池(2)和所述互连体(4)大的横截面,使得所述辐射板具有从所述堆叠体突出的外周脊(11)。

4. 根据权利要求3所述的电化学系统,其中,所述外周脊(11)包括横向边缘和两个纵面(10),所述横向边缘的表面被至少部分结构化,所述两个纵面中的至少一个纵面被至少部分结构化。

5. 根据权利要求4所述的电化学系统,其中,所述横向边缘的表面和/或至少一个纵面覆盖有辐射率接近1的材料,例如 $\text{Pr}_2\text{NiO}_{4.8}$ 。

6. 根据权利要求1~5中任意一项所述的电化学系统,所述电化学系统包括分布在所述堆叠体中的若干辐射板(6,106,206,306)。

7. 根据权利要求6所述的电化学系统,其中,所述辐射板(6,106,206,306)周期性地分布在所述堆叠体中,例如每隔4~12个基本单元分布在所述堆叠体中,所述基本单元由陶瓷电池(2)和两个互连体(4)形成。

8. 根据权利要求7所述的电化学系统,其中,至少一个所述辐射板(6,106,206,306)代替了互连体。

9. 根据权利要求1~8中任意一项所述的电化学系统,其中,所述横向边缘具有波浪形。

10. 根据权利要求3与权利要求1~9中任意一项的组合所述的电化学系统,其中,所述外周脊比所述辐射板的安置在所述堆叠体内部的部分厚。

11. 根据权利要求1~10中任意一项所述的电化学系统,其中,所述辐射板(206)包括以对流方式进行热传递的元件,所述以对流方式进行热传递的元件由在所述辐射板(206)内制成并且大致在所述辐射板的平面内延伸的通道(216)形成,流体在所述通道中流动。

12. 根据权利要求11所述的电化学系统,其中,所述流体不同于所述电化学系统的电解反应中使用的流体。

13. 根据权利要求11所述的电化学系统,其中,所述流体至少是所述电化学系统的电解反应中使用的电解气体,所述系统包括使所述通道(216)连接到电解气体供给回路的元件。

14. 根据权利要求1~13中任意一项所述的电化学系统,其中,所述辐射板(406)包括至少一个空腔(416),所述空腔包含在所述系统所需的操作温度下发生相变的材料(438)。

15. 根据权利要求14所述的电化学系统,其中,相变材料(438)是固相线温度接近 800°C 且液相线温度接近 850°C 的共晶材料。

16. 根据权利要求14所述的电化学系统,其中,所述相变材料是熔融盐,例如NaCl。

17. 根据权利要求 1 ~ 16 中任意一项与权利要求 6 或 7 的组合所述的电化学系统,其中,至少两个辐射板包括电连接件,以能够使位于所述两个辐射板之间的电池电绝缘。

热管理改进的高温或燃料电池式电化学系统

技术领域

[0001] 本发明涉及在高温下操作的热管理改进的电解器和燃料电池堆叠体。

背景技术

[0002] 高温电解器通常被称为 SOEC (固体氧化物电解池)。它们实现从电能和热能到化学能的电学转化。术语共电解是指蒸汽和二氧化碳的混合物 (H_2O/CO_2) 被供入电解器的操作。蒸汽转变成作为能量载体的氢气,而二氧化碳被转变成作为能量载体的一氧化碳。根据需求,这些 H_2/CO 可燃气体可随后例如通过 SOFC (固体氧化物燃料电池) 堆叠体而转化成热,并转化成电。

[0003] SOEC 电解器和 SOFC 燃料电池堆叠体代表相同电学系统的相反操作。应注意的是,这些系统具有较高的电效率。此外,在 SOFC 模式中可获得与燃料性质有关的很大灵活性。例如,该堆叠体可以直接供应天然气。在这种情况下,在该系统的电池内直接将甲烷重整为氢气。

[0004] 所讨论的 SOEC 电解器和 SOFC 燃料电池堆叠体由很多发生电化学反应的扁平陶瓷电池的堆叠体和通常插入在每对陶瓷电池之间的金属互连板形成。电池在其各面上具有构成电极 (阳极或阴极) 的陶瓷层,其中,给定电池的两个电极被用作电解质的陶瓷膜绝缘并隔开。

[0005] 互连板分配气体并收集电池的两个电极中的每一个电极中的电流。在堆叠体中,互连板被构造在两侧上,从而实现用于彼此面向安置的两个相邻电池的相反电极的收集和分配的功能。

[0006] 一个电池与两个围绕它的互连板之间的组件形成了所定义的基本单元。具体地,基本单元含有阴极室 (还原化学物类的位置) 和阳极室 (氧化反应的位置),它们是两个密封且电绝缘的空间。

[0007] 通过气体以及堆叠体的边缘与绝缘护套之间的热交换进行部分热传递。那么,应理解的是,尽可能厚的基本单元能够增加交换表面,并且促进系统的热管理。然而,为了增加电学转换器的密实度并限制成本,互连板通常由尽可能薄的压缩板制成。因此,找到强制小体积的密实度约束和需要大面积的热交换之间的折中似乎很重要。

[0008] 对于稳态操作,通过改变传送至阴极的空气的流动速率而部分进行 SOFC 堆叠体的热管理。此外,由于使甲烷转化成氢气的化学反应的吸热性趋于平衡氢气的电学氧化所引起的热量释放,内部重整促进堆叠体的热控制。然而,在负载瞬变期间或在系统接通 / 关闭时的阶段中,出现温度梯度并且可能对堆叠体造成机械损伤。

[0009] 至于 SOEC 的热管理,已表明,取决于操作电压,操作反向电池保护所释放的热量可以小于、等于或大于蒸汽电解所吸收的热量。在高蒸汽转化率的情况中,电解器的温度可以非常迅速地改变到对于系统的长期操作不可接受的水平。事实上,以放热模式操作时所产生的氢气含有极少的热量。因此,电解器所放出的氢气流不能够排空大量的热量。还应提到的是,在吸热操作的情况中,证明了难以为了最佳操作而向堆叠体提供热量。

发明内容

[0010] 因此,本发明的一个目的是提供一种电化学系统,诸如热管理改进的高温电解器或燃料电池,无论是稳态控制还是瞬态操作期间,该电化学系统对该系统的热管理提供了很大灵活性。

[0011] 通过将具有以相比互连体明显更大的辐射的方式进行热传递的表面的板插入到由陶瓷电池和互连体形成基本单元的堆叠体中以提供堆叠体和例如热化护套之间的辐射表面来实现上文所述的目的。

[0012] 这种明显更大的辐射表面通过辐射板或各板的横向表面的结构化来得到。这些板优选周期性地分布在堆叠体中。它们可以以(在提供电池的气体供应的方式进行生产的情况下)作为某些互连体的替代品的方式或者以邻近互连体的方式进行安置。

[0013] 术语“结构化”应理解为是指在板的表面上产生浮雕(relief),以增大它们的热交换表面,因而,该浮雕例如是形成翼片的凸缘形式。此外,本申请中的术语“热传递”应理解为是指热量从堆叠体传递到外部,但在吸热操作模式中,热量从堆叠体的外部传递到堆叠体中。

[0014] 由于辐射流与 T^4 成正比,根据本发明,以辐射流的方式进行的热交换越大,温度越高。因此,这种热传递方式在环境温度下是低的,并且在 SOEC 型或 SOFC 型的电解器的操作温度下变成主导。它特别适合于 SOEC 型的电解器和 SOFC 堆叠体。

[0015] 在特别有利的实施方式中,辐射板包括从堆叠体突出的横向脊;因而,除了横向表面之外,与堆叠体的轴垂直的脊表面可以被结构化。

[0016] 这些板优选比互连体厚,从而提供了甚至更大的辐射横向交换表面。

[0017] 然后,该堆叠体被分成由板围绕并隔开的电池子单元,上述板有效地引起辐射方式的传递。这些板用于以辐射作用进行的传递。在本领域的现有技术中的电解器和电池堆叠体中,在互连体的边缘处发生了辐射方式的传递,而且这些边缘非常薄。

[0018] 这些板对堆叠体的热管理特别有效,由于辐射方式的热传递是热传递的主要方法,且在电解器和燃料电池的电池堆叠体中是最有效的方法。

[0019] 此外,它们特别适用于例如在可逆性、瞬态操作、输入气体的可变性等方面要求更大灵活性的系统的热管理。

[0020] 因而,本发明的一个主题是一种包括在纵轴上具有交替的陶瓷电池和互连体的堆叠体并且还包含并入所述堆叠体中的热管理元件的电化学系统,其特征在于,所述热管理元件包括至少一个板,所述板安置在所述堆叠体中,具有至少一个横向边缘,被称为“辐射板”,所述横向边缘具有通过辐射与所述堆叠体外部发生热交换的表面,所述表面被至少部分结构化。

[0021] 辐射板有利地比互连体厚,所述互连体可以为 0.1mm ~ 15mm 厚,且至少一个辐射板为 5mm ~ 50mm 厚。

[0022] 在特别有利的示例性实施方式中,辐射板相比电池和互连体具有更大的横截面,使得它具有从堆叠体突出的外周脊,所述脊具有其表面被至少部分结构化的横向边缘。

[0023] 所述脊具有两个纵面,两个纵面的至少一个纵面被部分结构化。

[0024] 所述横向边缘的表面和 / 或至少一个纵面有利地覆盖有辐射率接近 1 的材料,例

如 $\text{Pr}_2\text{NiO}_{4+\delta}$ 。

[0025] 电化学系统可以包括遍及所述堆叠体分布的若干辐射板。辐射板优选周期性地分布在堆叠体中,例如每隔 4~12 个基本单元分布在堆叠体中,其中,基本单元由陶瓷电池和两个互连体形成。根据有利特征,周期性地分布在堆叠体中的辐射板代替位于被其隔开的基本单元的组件的端部处的互连体。

[0026] 电化学系统可以包括对陶瓷电池供给电解气体的回路。

[0027] 辐射板可以还包括以对流方式进行热传递的元件。以对流方式进行热传递的元件可以由在辐射板内制成并且大致在板的平面内延伸的通道形成,流体在通道内流动。流体可以是与电化学系统的电解反应中使用的流体不同的流体,或者是电化学系统的至少一种电解反应中使用的电解气体,其中,所述系统包括使所述通道连接到电解气体供给回路的元件。

[0028] 根据本发明的电化学系统可以通过重整天然气进行操作的燃料电池,其中,通道覆盖有蒸汽重整催化剂,其中,所述流体是天然气。

[0029] 辐射板也可以包括以传导方式进行热传递的元件。

[0030] 辐射板也可以包括在系统所需的操作温度下发生相变的材料。相变材料被放置在例如空腔中。

[0031] 相变材料可以是固相线温度接近 800°C 且液相线温度接近 850°C 的共晶材料。

[0032] 或者,相变材料可以是熔融盐,例如 NaCl 。

[0033] 在有利的实施例中,至少两个辐射板具有能够使位于所述两个辐射板之间的电池电绝缘的电连接件。

[0034] 根据本发明的电化学系统可以是高温电解器,例如用于产生氢气的高温电解器。

[0035] 根据本发明的电化学系统可以是燃料电池,在燃料电池中,消耗的氢气能够通过天然气的蒸汽重整来产生。

附图说明

[0036] 通过利用下面的描述和附图将会更好地理解本发明,其中:

[0037] 图 1A 是热管理板的第一示例性实施方式的透视俯视图,

[0038] 图 1B 是图 1A 的辐射板的横向边缘的详细视图,

[0039] 图 1C 是包括图 1A 的热管理板的堆叠体的示例性实施方式的正视图,

[0040] 图 2A 是热管理板的第一示例性实施方式的变型实施方式的透视侧视图,

[0041] 图 2B 是图 2A 的辐射板沿着面 A-A 的剖视图,

[0042] 图 2C 是包括图 2A 的热管理板的堆叠体的示例性实施方式的正视图,

[0043] 图 3A 是根据包括对流型传递的第二示例性实施方式的两个热管理板的透视俯视图,

[0044] 图 3B 是图 3A 的上板沿着面 B-B 的剖视图,

[0045] 图 4A 是根据第二示例性实施方式的变型的两个热管理板的透视俯视图,

[0046] 图 4B 是从位于图 4A 中的基底中的横向边缘看到的图 4A 的上板沿着面 C-C 的剖视图,

[0047] 图 5 是根据本发明包括根据第二示例性实施方式的另一变型的热管理板的高温

电解器的堆叠体的一部分的透视俯视图，

[0048] 图 6A 是根据第二示例性实施方式的另一变型的热管理板的透视俯视图，

[0049] 图 6B 是图 6A 的板沿着面 D-D 的剖视图，

[0050] 图 7A 是根据使用相变材料的第三示例性实施方式的热管理板的透视俯视图，

[0051] 图 7B 是图 7A 的板沿着面 E-E 的剖视图；

[0052] 图 8A 是包括根据变型实施方式的热管理板的堆叠体的透视图，

[0053] 图 8B 是图 8A 的堆叠体沿着面 F-F 的剖视图；

[0054] 图 9A 是包括根据变型实施方式的热管理板的堆叠体的透视图，

[0055] 图 9B 是图 9A 的堆叠体沿着面 H-H 的剖视图。

具体实施方式

[0056] 在图 1C 中，可以看到根据本发明用于诸如高温电解器或燃料电池的电化学系统的堆叠体的示例性实施方式。

[0057] 堆叠体沿着纵轴 X 延伸，并且包括由互连板 4 或互连体分开的陶瓷电池 2。由电池 2 和两个围绕它的互连体形成的组件 A 形成了基本单元。电池可以是例如包括两个电极围绕的电解质（通常生产为氧化钇掺杂的氧化锆，或氧化钇稳定的氧化锆（YSZ）），其中，一个电极由钙钛矿结构材料（镧锶锰氧化物，或 LSM）制成，而且另一个电极由陶瓷-金属复合材料（YSZ 和镍的共混物，或 Ni-YSZ）制成。互连体通常由 **Crofer® 22APU** 合金（铁素体钢）、**Haynes 230®** 或镍基合金制成。

[0058] 作为例子，**Crofer® 22APU** 和 **Haynes 230®** 的组成列于下表。

[0059]

合金	Mo	Ni	Fe	Mn	Cr	Al	W	Ti	La
Crofer®22APU	0.002	0.32	平衡量 (Bal)	0.45	22.33	0.13	<0.001	0.1	0.1
Haynes	1.32	平衡量	0.74	0.49	22.32	0.42	14.53	0.025	ND

[0060] 上述堆叠体一般还包括另外的板。板 6 是由导电材料（优选金属，例如 **Crofer22 APU®** 铁素体钢、F18TNb 等）制成。这些板 6 通过对电化学系统运行时所产生的热量以辐射方式进行热传递来提供电化学系统的热管理。板 6 将在下面定名为“辐射板”。

[0061] 板 6 优选周期性地分布在堆叠体中。例如，两个辐射板被 4 ~ 12 个基本单元所分开。选择使两个辐射板 6 分开的基本单元的数目以限制堆叠体方向上（即电流方向上）的温度梯度。

[0062] 根据本发明的堆叠体包括由陶瓷电池和互连体组成的基本单元和辐射板；正如我们将在下面看到的，辐射板也可以作为互连体；然而辐射板仅代替互连体的一部分。

[0063] 示例性板 6 示于图 1A，并且它的详细视图示于图 1B。

[0064] 在所示出的实例中，辐射板 6 的形状是正方形，从而具有形成交换或热传递表面的四个横向边缘 8。

[0065] 板 6 具有用于以辐射方式进行热传递的表面，该表面大于互连体的表面。板 6 具有至少部分地结构化的横向边缘 8，以增加辐射表面。在图 2A 中，可以看出具有此结构化的板 6 的实例。在图 1B 中，可以看到图 1A 的板的横向边缘 8 的放大图。在此实例中，边缘 8

具有与辐射板的纵面平行的肋 9, 并且肋具有 V 形截面。肋的取向不是限制性的。特别是, 肋相对于板的纵面垂直或倾斜地延伸的情况没有超出本发明的范围。此外, 结构化单元可以是任何类型, 并且一个边缘可以不同于另一个边缘。

[0066] 板的横向边缘可以在与堆叠体的横向边缘相同的竖直平面中, 而肋的顶部位于这些竖直平面内。作为变型, 结构化的横向边缘突出, 从而肋的顶部从堆叠体的边缘的竖直平面中突出。

[0067] 辐射板优选具有相比互连体的厚度更大或相等的厚度 (即沿纵轴 X 的尺寸)。然后, 在横向表面的结构化之前, 它们相比互连体具有更大的热交换表面。

[0068] 我们现在将给出互连板的有利厚度值和辐射板的有利厚度值。

[0069] 在 (例如由压缩板制成的) “薄的”互连板的情况下, 该板可以为 0.1mm ~ 1mm 厚; 辐射板有利地为 10mm ~ 50mm 厚, 并且优选为 40mm 厚。

[0070] 在“厚的”互连板的情况下, 它可以为 5mm ~ 10mm 厚; 辐射板有利地为 5mm ~ 20mm 厚, 并且优选为 10mm 厚。

[0071] 图 1A 的板 6 相比互连体 4 和电池 2 具有大致相等的表面, 即, 它的边缘大致对准互连体的边缘和电池的边缘。

[0072] 在所示出的实例中, 辐射板 6 代替了位于基本单元的连续堆叠体的末端的互连体; 而辐射板的纵面 10 中的一个纵面具有供给可燃气体和氧化性气体到电池的通道。这种配置使得堆叠体得以简化, 并且减少了电阻和密封问题。

[0073] 或者, 板 6 可以安置在电池 2 和互连体之间, 然后进行钻探以使流体连接件通过堆叠体。

[0074] 在图 2A 和图 2B 中, 可以看到根据本发明辐射板 106 的特别有利的变型实施方式, 其中, 板 206 在其横向边缘 8 上和在其纵面 10 的外周上具有结构化体。

[0075] 板 106 相比电池和互连体具有更大的横截面, 使得它具有从堆叠体的中间横向表面中突出的外周脊 111。在图 2C 中, 可以看到包括板 106 的堆叠体; 辐射板 106 的突出脊 111 形成了热交换翼片。

[0076] 以与板 6 类似的方式, 脊 111 的纵面具有其横向边缘 108 的结构化体, 并且有利地具有其纵面的外边缘 112 的结构化体 113。如在图 2B 中可以看出的, 这种结构化体 113 (在剖视图中可见) 具有锯齿形剖面。齿的最大面 113.1 有利地面对堆叠体外侧, 而最大表面对外侧并且热辐射主要向外。

[0077] 或者, 可确定, 只有纵面具有结构化体, 并且横向边缘是平滑的; 或者相反地, 只有横向边缘被结构化, 并且纵面是平滑的。也可想到部分结构化的横向边缘和 / 或纵面。

[0078] 此外, 板以及更普遍的堆叠体的元件的正方形形状不是限制性的, 而例如圆盘形状也没有超出本发明的范围。

[0079] 作为例子, 我们将给出板的尺寸。

[0080] 在假设 1.5 伏 / 电池的施加电压下, 电池的活性表面为 77.44cm^2 , 辐射板以每隔五个电池的方式进行安置, 互连体为 1mm 厚, 气体入口温度和围绕堆叠体的护套的热化温度为 800°C , 结构化的辐射板 6 为 44mm 厚。在互连体为 10mm 厚的情况下, 结构化的辐射板为 11mm 厚。

[0081] 辐射板的厚度取决于其横向边缘的结构化水平, 并可能取决于纵面的结构化水

平。

[0082] 辐射板的纵面的横向边缘和 / 或外边缘可以有利地涂覆有辐射率接近 1 的材料。例如,涂层可以通过高温溶胶法得到的 $\text{Pr}_2\text{NiO}_{4+\delta}$ 。

[0083] 还可想到增加辐射损耗,并且通过这种方式,通过控制堆叠体外部(例如,围绕堆叠体的护套)的环境温度来冷却堆叠体。在这些情况下,可以得到电解器或燃料电池的温度的动态控制。类似地,在吸热模式中,通过控制外部护套的温度将促进辐射方式的热传递。

[0084] 在示出中间平面的实施例中,横向边缘与堆叠体的纵轴 X 大致平行;然而,这些平面可以相对于纵轴 X 倾斜。

[0085] 作为变型,可确定,使辐射板的外横向脊比中心部分厚,从而通过这种方式也能增加辐射损耗;这种增厚的脊也可以被结构化。

[0086] 在图 8A 和图 8B 中,可以看到辐射板 506 的变型实施方式。在该变型中,辐射板包括突出的外周脊 511,外周脊的横向边缘 508 具有波浪形 509。在所示出的实施例中,这些波浪形 509 具有与堆叠体的轴平行的轴。通过这种方式增大辐射表面。

[0087] 在图 9A 和图 9B 中,可以看到辐射板 606 的另一种变型实施方式,其中,这些辐射板不同于图 8A 和图 8B 的辐射板,它们的外周脊 611 比位于堆叠体中的辐射板的部分的横截面更厚。如在图 9B 中可以看到,辐射板的外周脊 611 具有大致 T 形的剖面。横向边缘 608 也具有波浪形 609。辐射表面被进一步增大。可想到其它产生增大辐射表面的剖面,例如 L 形的剖面。

[0088] 在图 3A 和图 3B 中,可以看到根据本发明的辐射板的第二示例性实施方式,其中,除以辐射传递方式进行的冷却之外,它结合了以对流方式进行的冷却。相反地,在吸热模式中,通过对流进行的这些交换将能够将热量传递到堆叠体。

[0089] 在图 3A 和图 3B 中所示的板 206 也用于形成互连体。在图 3A 中,电池和互连体已被省略。

[0090] 在图 3B 中,可以看到沿板 206 的剖面 C-C 的剖视图。辐射板 206 与板 6 和 106 一样,具有其横向边缘 208 的至少一部分的结构化体,以通过辐射传递提供冷却;和引起热传递流体在其内流动的元件 214,以通过对流进行排热。在所示出的实施例中,通过在板 206 的两个平行边缘 208 之间延伸的彼此平行的通道 216 形成引流元件。通道 216 在第一端部连接到供给连接器 218,并且在第二端部连接到真空连接器 220。在此示例性实施方式中,通道 216 以平行的方式提供,并且所有板 206 通过连接到供给所有板 206 的连接器 218 的管 222 以平行的方式得到供给,并且通过连接到用于对所有板 206 进行排空的连接器 220 的管 224 以平行的方式进行排空。热传递流通道可以以任何方式进行布置。

[0091] 在此实施例中,热传递流体是与电池堆叠体或电解器运行时电解中使用的气体不同的气体。这种气体是例如在辐射板 206 中流动的回收所产生的任何余热的中性气体。

[0092] 辐射板 206 之间电绝缘。例如,电绝缘例如通过使用云母密封件而形成在管 222 与供给连接器 218 的接合处。

[0093] 在图 4A 和图 4B 中,可以看到图 3A 和图 3B 的系统的变型,其中,热传递流通道 216 以串联方式连接。热传递流体供给管 222 对堆叠体的第一板 206.1 的供给连接器 218.1 进行供给,第一板 206.1 的排空连接器(看不到)连接到下面的板 206.2 的供给连接器 218.2

等等,使得热传递流体流经所有板。

[0094] 在所示出的实施例中,板 206 用于代替互连体;因此,它们在它们的中心部中也具有用于供给氧化性气体和燃料气体的通道 226。通道 226 通过在板的边缘上安置的分支连接件 230 和在板 206 内部形成的通道而自供给。

[0095] 在施加电压为 1.5 伏/电池(电池的活性表面为 77.44cm^2 ;辐射板 206 以每隔五个电池的方式进行安置;堆叠体温度不超过 840°C ;蒸汽在 800°C 下以 21/分钟的流速引入;并且互连体为 1mm 厚)的系统中,确定辐射板 206 的厚度为约 42mm。然后,在堆叠体中消散的热量的分布如下所示:约 70.5%的热量通过辐射损耗而排空;27%的热量通过阴极流体和阳极流体而排空;并且 2.5%的热量通过热传递流体而排空。因此,对流冷却使得堆叠体的热管理通过额外的辐射传递冷却而得以提高。例如通过提高流体的流速或者通过选择更有效的热传递流体能够提高对流方式的排热量。

[0096] 在图 5 中,可以看到图 3A 至图 4B 的板的变型实施方式,其中,对流冷却元件使用了阳极或阴极电解气体。

[0097] 在图 5 中,示出了辐射板 206.1'、206.2'、206.3' 和电池 2 的堆叠体。辐射板 206.1',206.2',206.3' 类似于图 3A 至 4B 的辐射板 206;在以串联方式示出的实施例中,管 222 将电解气体供给到辐射板 206.1',206.2',206.3'。在板 206.3' 的出口处,所收集的电解气体由管 234 通过第一板 206.1 的横向分支连接件而注入到电池 2 中。箭头表示气体的流动。电解气体例如是蒸汽。连接两个辐射板的流体连接件具有例如通过云母密封件所实现的电绝缘。

[0098] 在通过直接使用接近电池处中所产生的热量预热电解气体的同时,堆叠体由于这种布置而通过对流进行冷却。

[0099] 根据另一个变型,可想到使气体在也位于其护套中的堆叠体的周围以促进对流交换。

[0100] 在图 6A 和图 6B 所示出的另一个变型中,在甲烷以重整模式进行操作的 SOFC 电池堆叠体的情况下,辐射板 306 的通道 316 覆盖有例如 Ru-、Rh-(或其它金属)掺杂的钨土类型的蒸汽重整催化剂 336。通过这种方式,在天然气被引入燃料电池的电池中之前,天然气进行预重整。由于该反应是吸热的,它通过对流冷却堆叠体。

[0101] 在操作期间,电化学系统可能会经历电压和温度循环。这些转换会引起不利于电池的机械完整性的温度梯度。此外,超过 850°C 的非常高的温度,即使是暂时的,也可能会损坏堆叠体的金属材料。

[0102] 图 7A 和图 7B 中所示的示例性辐射板实施方式有利地允许堆叠体内温度的突然变化并限制温度超过 850°C 。

[0103] 如在第二示例性实施方式中,辐射板 406 包括彼此平行的、在板 406 的两个平行边缘之间延伸的通道 416。然而,这些通道含有在电解器和高温燃料电池堆叠体的操作温度范围中的 800°C 和 850°C 之间发生相变的相变材料 438。通过电解器所产生的热量来供给转化相变材料 438 所需的潜热;因此,通过相变材料 438 来吸收该热量,从而限制了温度上升至高于对堆叠体有危险的阈值。

[0104] 相变材料 438 可以是共晶体 (eutectic),使得它在恒定的温度下熔化,从而使得堆叠体在该相变期间保持在恒定的温度下。例如,它可以是固相线温度接近 800°C 且液相

线温度接近 850°C 的合金。例如,这种共晶体材料可以是熔点为 835°C 的 Ag(96.9%)–Si 合金。或者,它可以是熔点为 802°C 的 Cu–Si(85%),或者是熔点为 848°C 的 LiF,以及对于较低温度应用的熔融点为 780°C 的 Ag–Cu(28%)。可以期望其它合金,诸如 Ag58–Cu32–Pd10(853°C~824°C)、Au60–Cu20–Ag20(845°C~835°C),或者,在较低温度下,Ag95–Al5(830°C~780°C)或 Ag68–Cu27–Pd5(814°C~794°C)。在括号之间分别给出固相线温度和液相线温度。

[0105] 相变材料 438 也可以是成本较低的熔融盐。如果使用了熔融盐,那么必须用例如氮化硼保护辐射板免受腐蚀。例如,可以使用熔点为 800°C 的 NaCl 或备选的熔点为 850°C 的 Na₂CO₃ 作为熔融盐。通过每隔五个组合部件(module)的根据本发明的辐射板中使用 NaCl 作为相变材料,通过填充测量为直径 10mm、长度 200mm 的 10 个通道可以在 1.5V 下保证 800°C 的温度 30 分钟。为了计算排空 100W 的功率,472kJ/kg 的 NaCl 潜热和 2160kg/m³ 的 NaCl 密度被考虑在内。

[0106] 由于相变材料的使用,上阈值和下阈值可以被引入到堆叠体温度中以便限制被称为瞬态的较大瞬间温度变化。

[0107] 根据电力的成本寻求最佳氢气产生中,可确定,当电的价格低时,该系统在高电势(1.5V)下运行并且利用所释放的热量熔化该合金。而当电的价格高时,电解器在 1.3V 的较低电压下以吸热模式运行。然后,当相变材料凝固时,相变材料所存储的热量返回到堆叠体中,并形成提高电解效率的可用热源。

[0108] 在图 3A 至图 7B 中所示的实施例,通道是线性的,并且彼此平行的,但是这种配置绝非限制性的,并且是在若干层中分布和/或在板中以非均匀方式分布的弯曲通道或任何其它形状的通道都没有超出本发明的范围。

[0109] 具有通道的辐射板可以通过使用热等静压(HIP)工艺的粉末冶金法来生产。

[0110] 在这种情况下,通过由最初以粉末形式引入的形成板的材料所围绕的弯曲金属管来获得形成分配通道的组件。在高温下压缩该组件以得到致密部件,通过机械加工可以使致密部件的外表面良好以获得最终尺寸。作为变型,可确定,通过制造第一系列的平行钻孔来形成通道,然后制造与第一系列的钻孔垂直的第二系列的两个钻孔,使得第一系列的钻孔处于彼此连通。然后,通过焊接塞(例如具有钻孔尺寸的圆筒形焊接塞)来封闭出口区域。该变型相比 HIP 法具有低成本价格的优势。

[0111] 根据另一个未示出的示例性实施方式,传导方式的冷却与辐射传递方式的冷却相结合。例如,堆叠体被容纳在导热护套中,并且辐射板相比电池和互连体具有更大的横截面,以使得它们与护套进行接触;然后它们与护套热连接。堆叠体中产生的一部分热量以传导方式通过辐射板和护套而被排空,可以控制辐射板和护套的温度。在该示例性实施方式中,在辐射板和护套之间提供电绝缘以防止辐射板之间短路。

[0112] 上述变型实施方式的组合没有超出本发明的范围。例如,包括中性气体流动的通道从而提供额外的对流冷却的辐射板、加热电解气从而也提供额外的对流冷却的通道以及含有相变材料的通道没有超出本发明的范围。可想到任何其它组合。

[0113] 除了简化堆叠体的热管理之外,如果电池的部分失效,则辐射板还能够使该堆叠体的其余部分隔离。要做到这一点,辐射板可以配备有单独的电连接。然后,能够在任何时间通过连接位于该部分的各端部处的两块板来建立电桥。这种简单的操作使得其中一个电

池损坏的堆叠体的该区域得以电绝缘。然后,该堆叠体可以在防止电流免于穿过受损电池的同时继续运行。

[0114] 最后,即使不存在相变材料,辐射板在堆叠体中也引起一定的热惰性,通过这种方式限制高瞬态温度梯度的出现。

[0115] 在高温电解器的情况中,本发明使电解器免于经受很大的热量,从而以高蒸汽转化率运行。

[0116] 根据本发明,可以相对简单地有效管理高温电解器和燃料电池堆叠体的热性能。所使用的元件,即辐射板,也具有很大的操作安全性,且在可以实施的冷却模式方面上具有很大灵活性。同样地,这些板可以被用来提供吸热操作模式所需的热量。

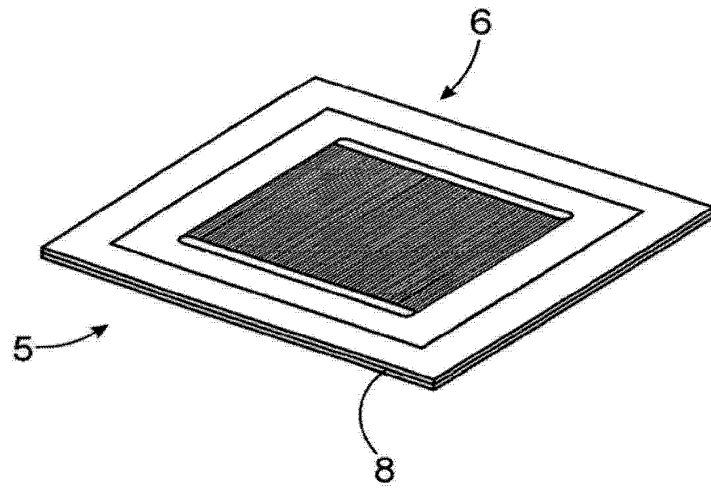


图 1A

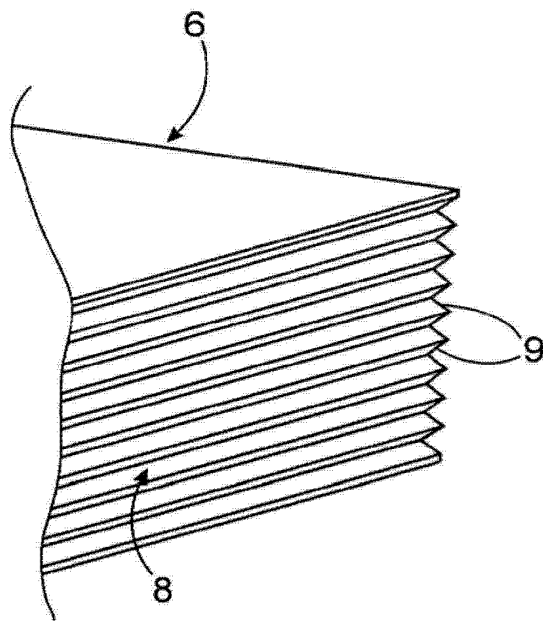


图 1B

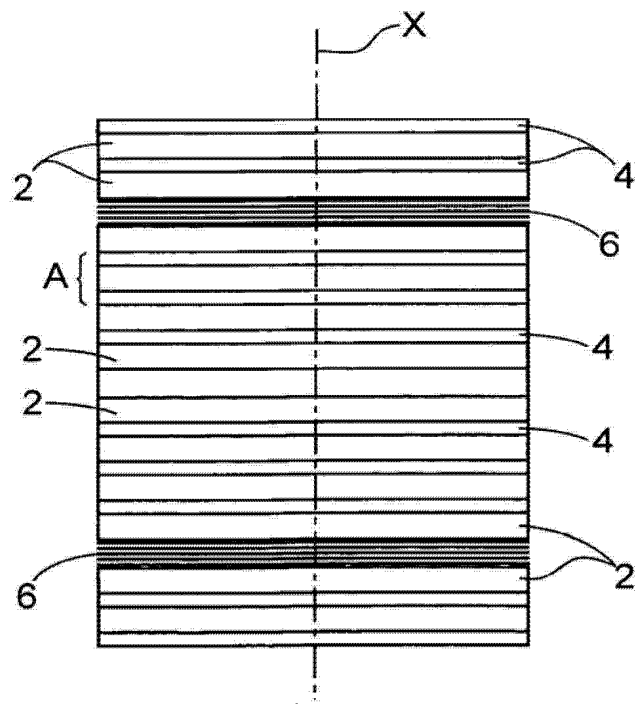


图 1C

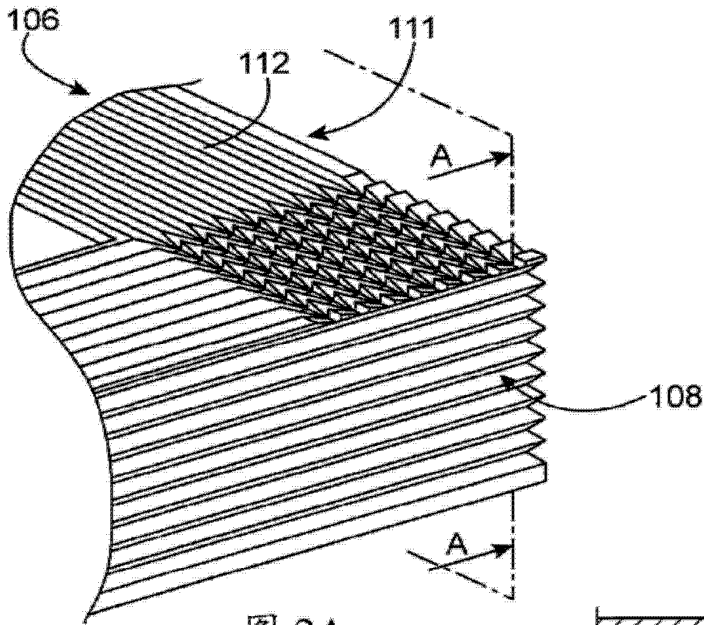


图 2A

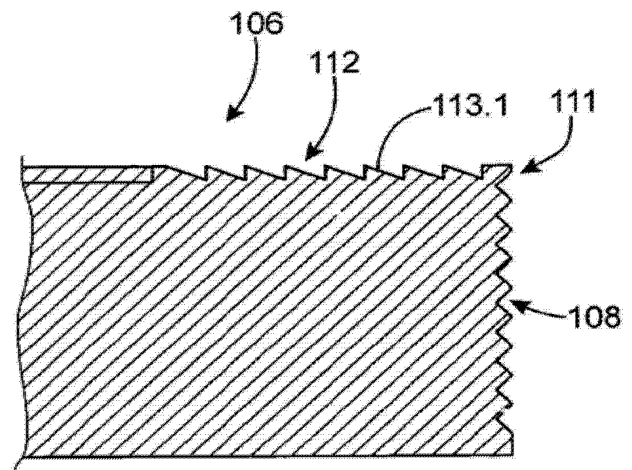


图 2B

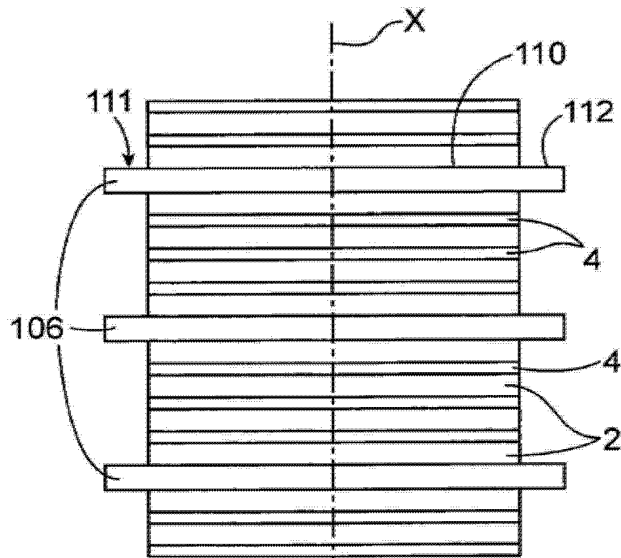


图 2C

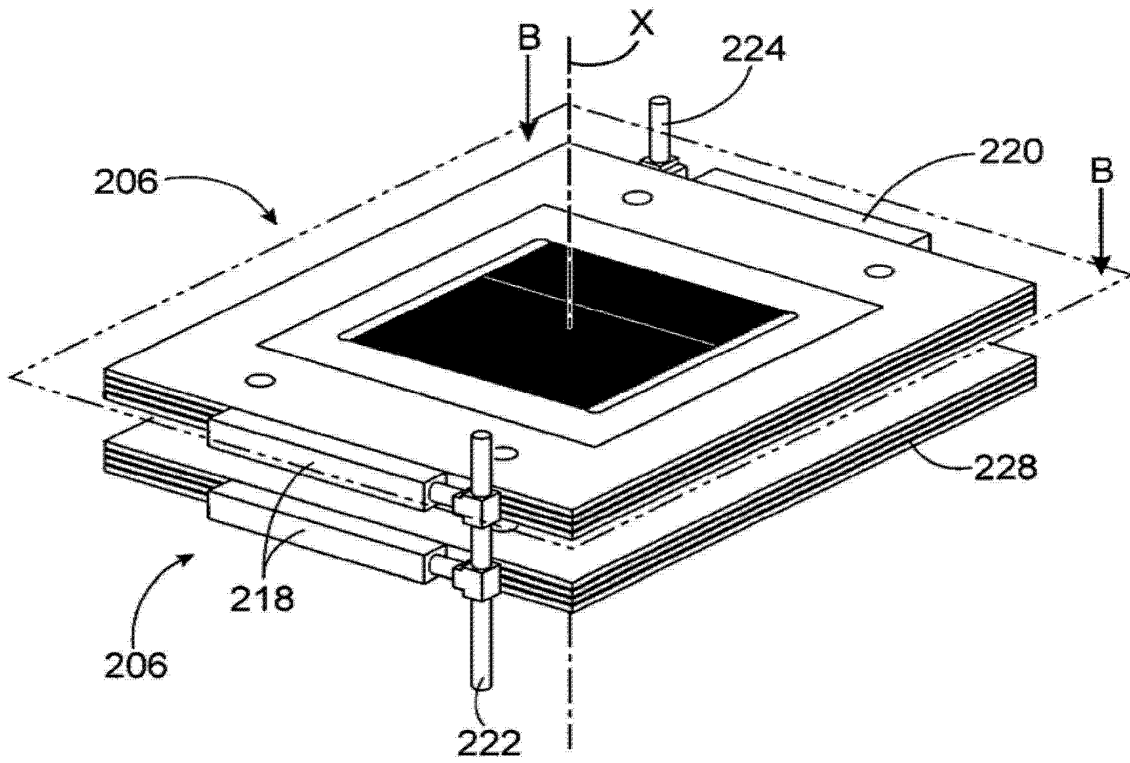


图 3A

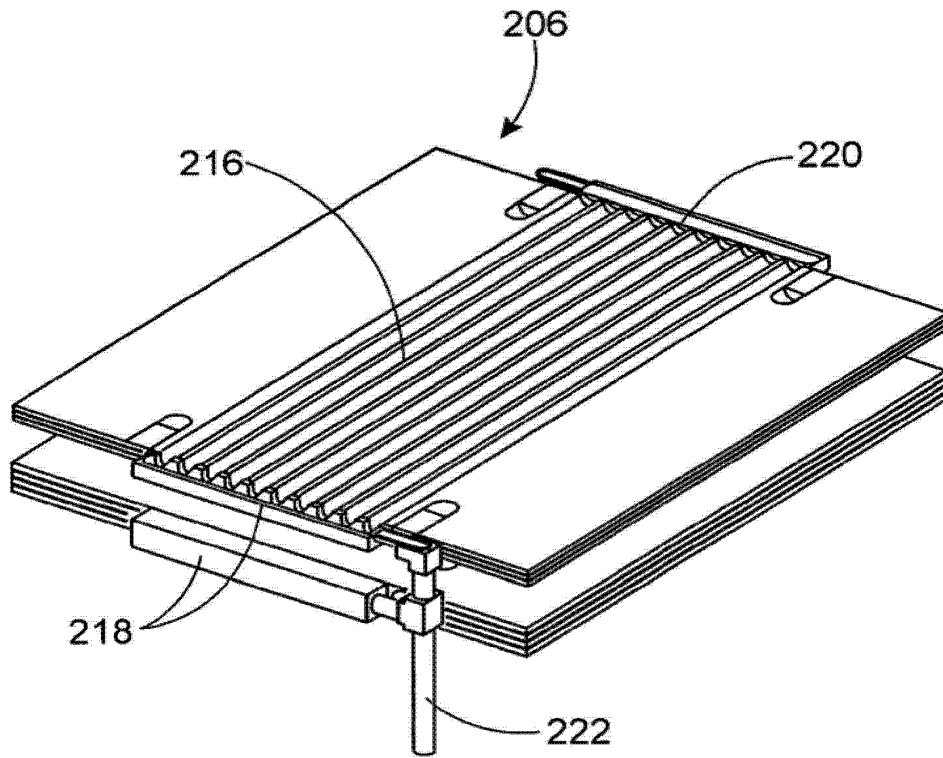


图 3B

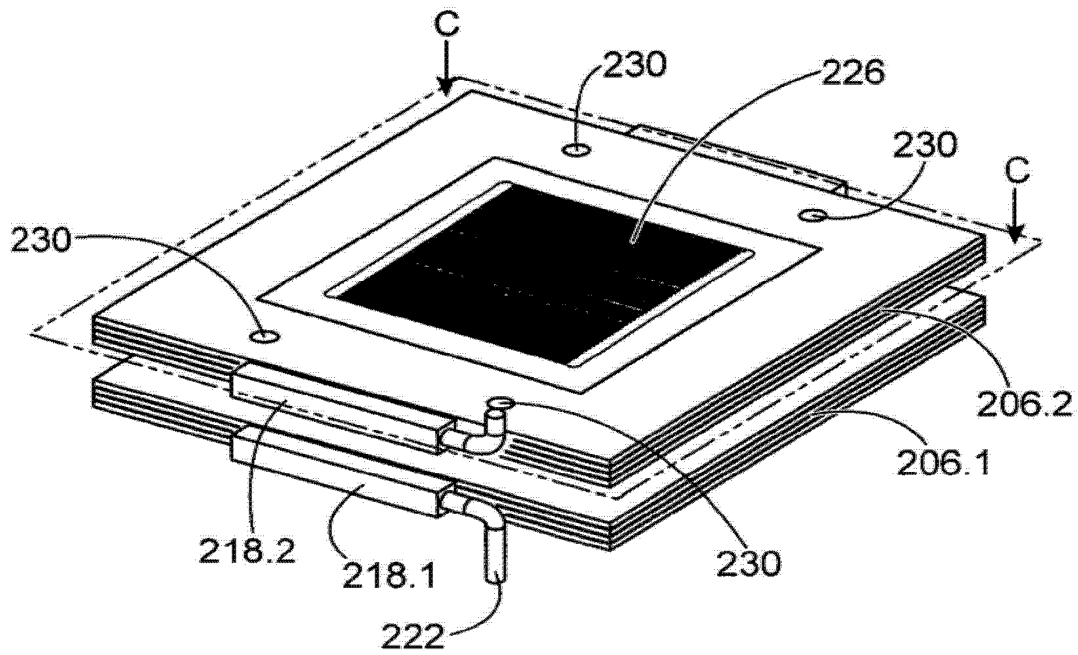


图 4A

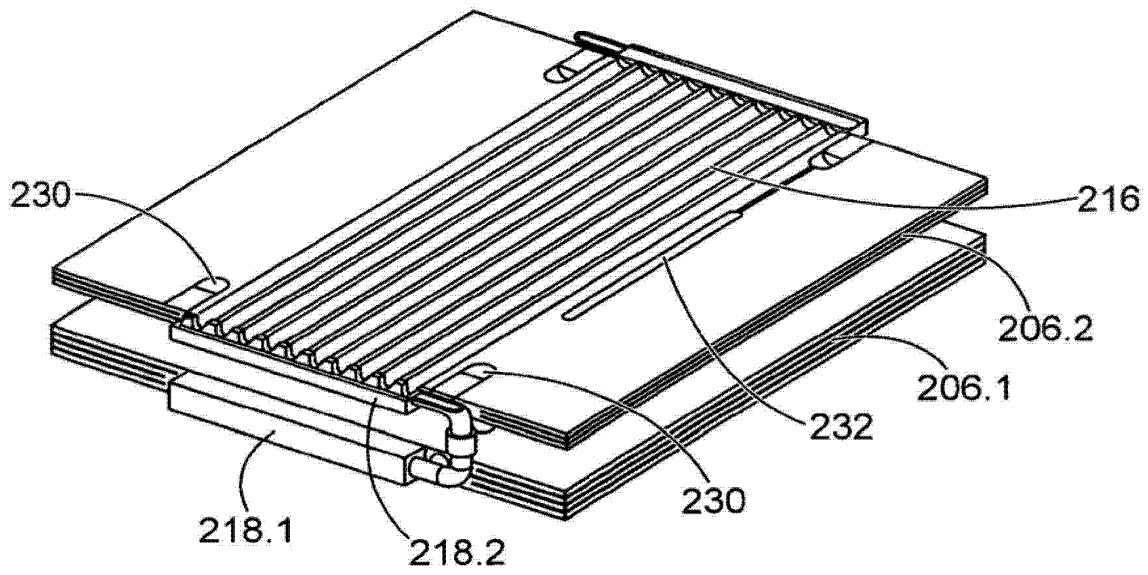


图 4B

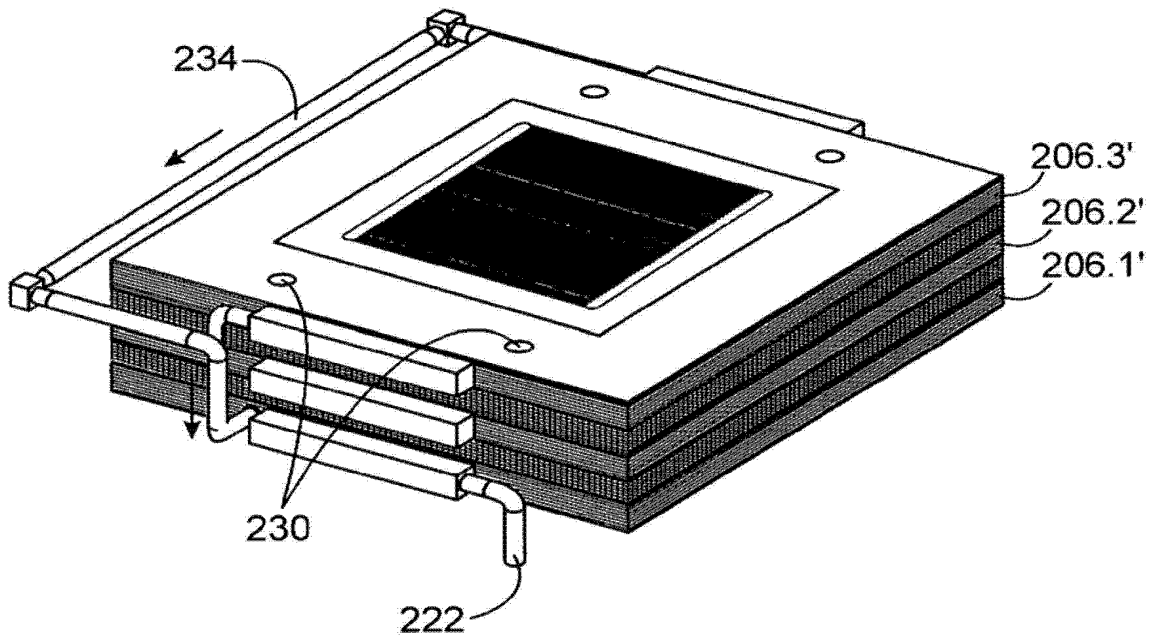


图 5

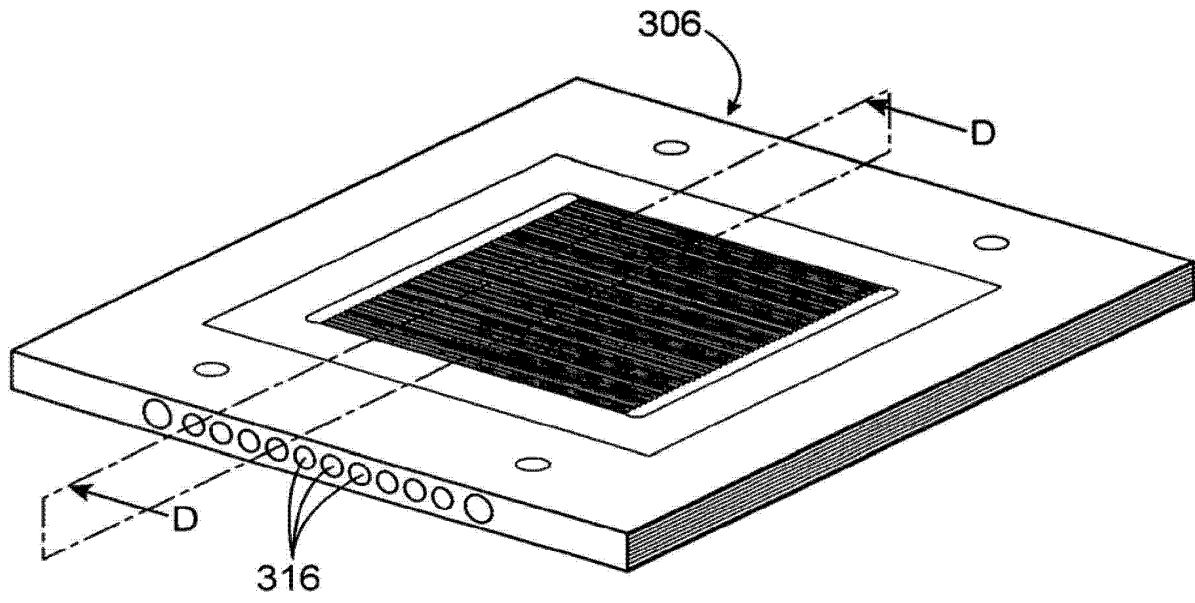


图 6A

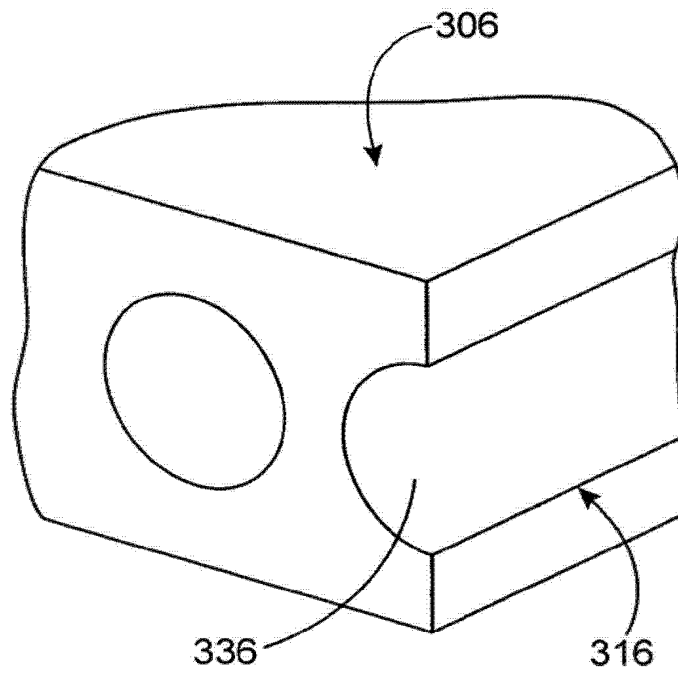


图 6B

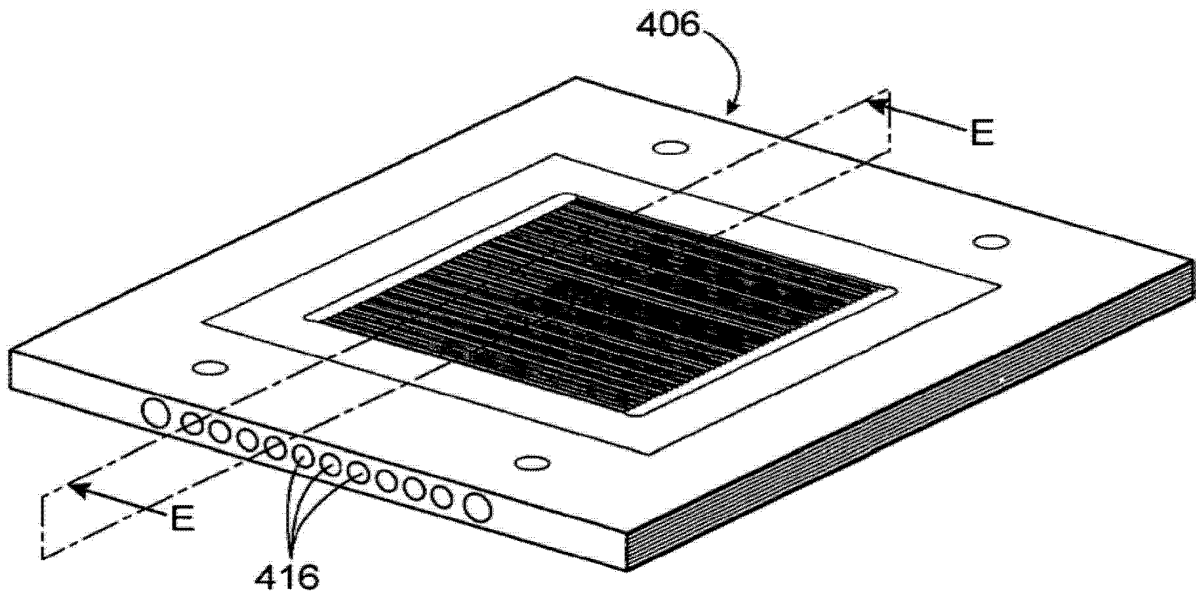


图 7A

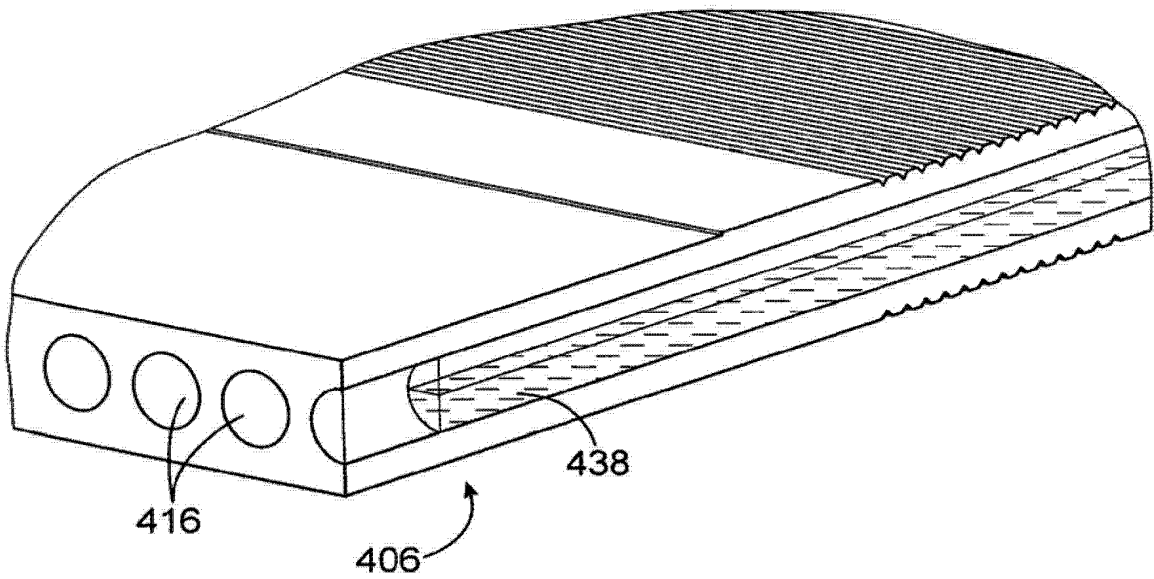


图 7B

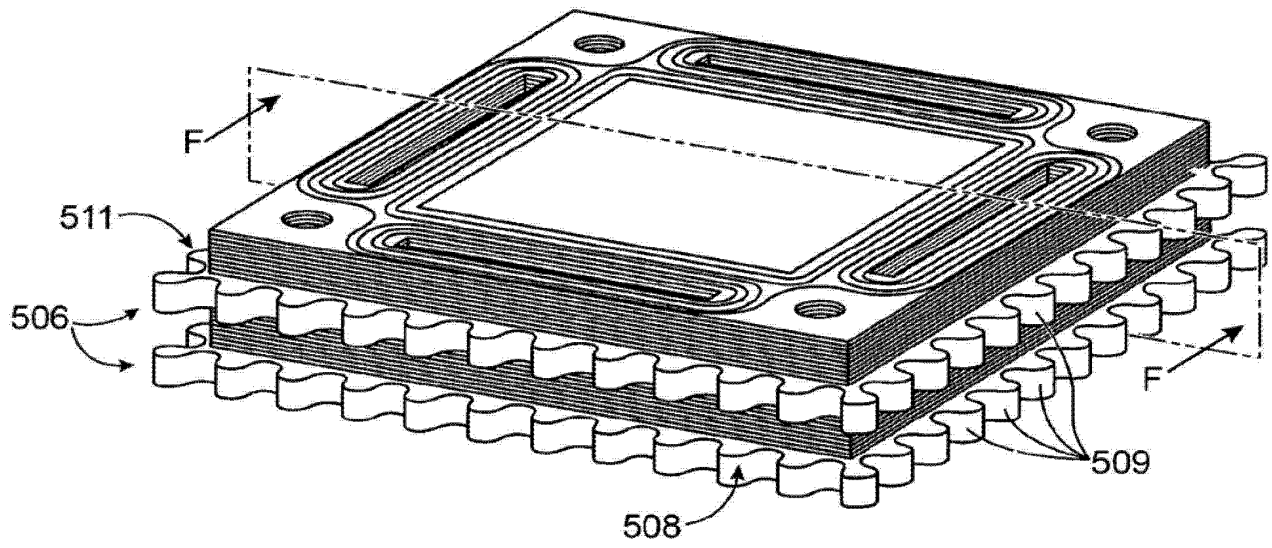


图 8A

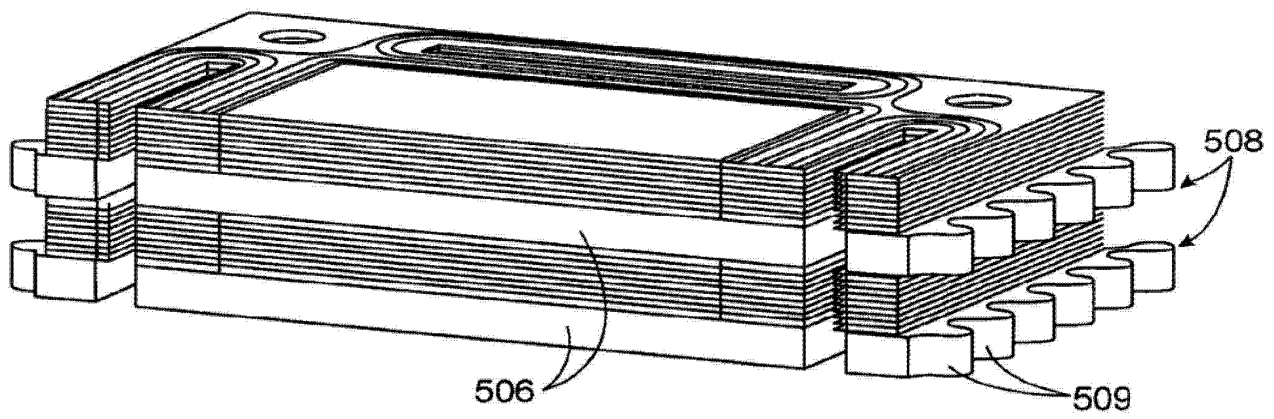


图 8B

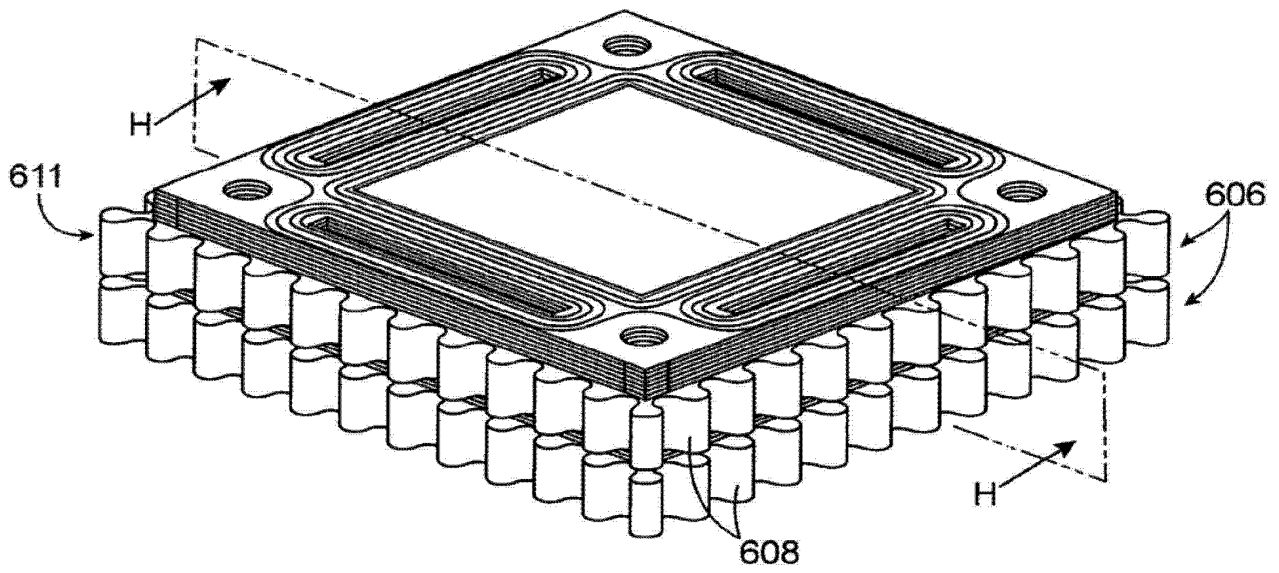


图 9A

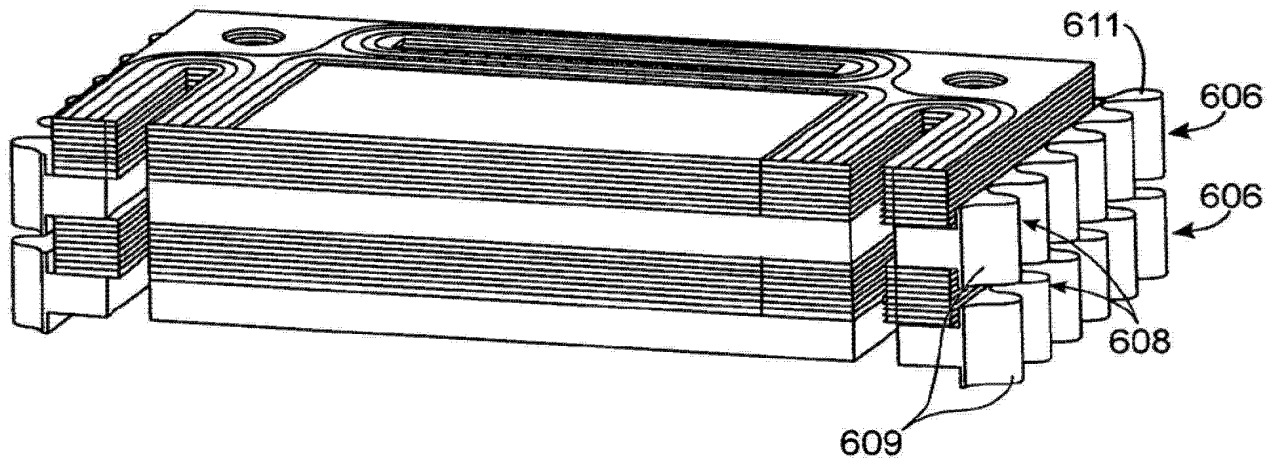


图 9B