



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114824350 A

(43) 申请公布日 2022. 07. 29

(21) 申请号 202210027107.X

H01M 8/2465 (2016.01)

(22) 申请日 2022.01.11

(30) 优先权数据

17/151,373 2021.01.18 US

(71) 申请人 博隆能源股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 D·帕朗 A·德尔卡尼尼亚

K·卢伊 T·埃金

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限

责任公司 11287

专利代理师 张世俊

(51) Int. Cl.

H01M 8/0271 (2016.01)

H01M 8/0276 (2016.01)

H01M 8/0286 (2016.01)

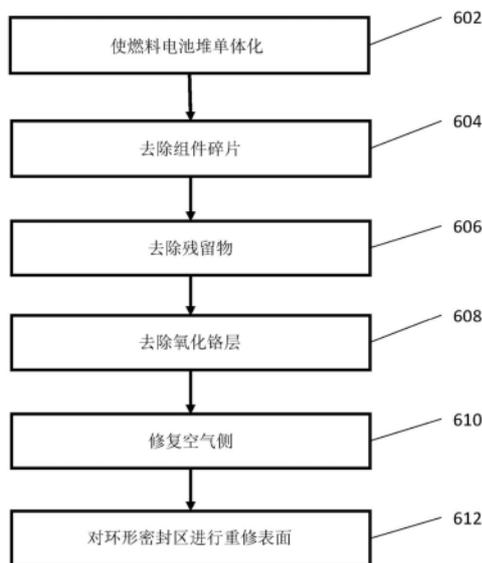
权利要求书2页 说明书9页 附图9页

(54) 发明名称

用于翻新燃料电池堆组件的系统和方法

(57) 摘要

本申请涉及用于翻新燃料电池堆组件的系统和方法。翻新单体化燃料电池堆互连件的方法包含使第一脉冲激光束在所述互连件的空气侧上进行扫描以使密封件和腐蚀阻隔层残留物汽化而不会使在所述腐蚀阻隔层残留物下方位于所述互连件的所述空气侧上的金属氧化物层汽化,以及使与所述第一脉冲激光束不同的第二脉冲激光束在所述互连件的所述空气侧上的所述暴露金属氧化物层上进行扫描以回焊所述金属氧化物层而不会去除所述金属氧化物层。



1. 一种翻新单体化燃料电池堆互连件的方法,其包括:

使第一脉冲激光束在所述互连件的空气侧上进行扫描以使密封件和腐蚀阻隔层残留物汽化而不会使在所述腐蚀阻隔层残留物下方位于所述互连件的所述空气侧上的金属氧化物层汽化;以及

使与所述第一脉冲激光束不同的第二脉冲激光束在所述互连件的所述空气侧上的所述暴露金属氧化物层上进行扫描以回焊所述金属氧化物层而不会去除所述金属氧化物层。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述第二脉冲激光束与所述第一脉冲激光束相比具有较低峰值功率、较短脉冲宽度、较高扫描速度、较小束斑大小或较高脉冲频率中的至少一者。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中所述第二脉冲激光束与所述第一脉冲激光束相比具有所述较低峰值功率、所述较短脉冲宽度、所述较高扫描速度、所述较小束斑大小或所述较高脉冲频率中的至少两者。

4. 根据权利要求2所述的方法,其中所述第二脉冲激光束与所述第一脉冲激光束相比具有所述较小束斑大小和较高功率密度。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中所述第二脉冲激光束具有小于1.5mm的束斑大小,且所述第一脉冲激光束具有小于0.5mm的束斑大小。

6. 根据权利要求2所述的方法,其中:

所述第一脉冲激光束具有:

在约800W至约1250W范围内的峰值功率;

在约5kHz至约15kHz范围内的频率;

在约2500mm/s至约3500mm/s范围内的扫描速度;

在约0.5mm至约1mm范围内的束斑大小;以及

在约50ns至约150ns范围内的脉冲宽度;并且

所述第二脉冲激光束具有:

在约250W至约750W范围内的峰值功率;

在约20kHz至约40kHz范围内的频率;

在约4500mm/s至约5500mm/s范围内的扫描速度;

在约0.05mm至约0.15mm范围内的束斑大小;以及

在约15ns至约35ns范围内的脉冲宽度。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中所述互连件包括:

延伸穿过所述互连件的燃料孔;

空气通道、安置于所述空气通道的相对侧上的条带密封区以及围绕位于所述互连件的所述空气侧上的所述燃料孔的环形密封区;以及

燃料通道和围绕位于所述互连件的燃料侧上的所述燃料通道的框架密封区,所述燃料侧与所述互连件的空气大小相对。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中:

使所述第一脉冲激光束进行扫描的步骤包括使所述第一脉冲激光束在所述环形密封区和所述条带密封区中的至少一者中进行扫描;并且

使所述第二脉冲激光束进行扫描的步骤包括使所述第二脉冲激光束在所述空气通道

中且在所述环形密封区和所述条带密封区中的至少一者中进行扫描,从而所述金属氧化物层在所述空气通道中且在所述环形密封区和所述条带密封区中的至少一者中变得更光滑且更致密。

9. 根据权利要求7所述的方法,其中:

所述金属氧化物层包括锰酸镧锶或锰钴氧化物尖晶石中的至少一者;

所述互连件包括铬铁合金;并且

所述腐蚀阻隔层残留物包括玻璃陶瓷材料。

10. 根据权利要求9所述的方法,其进一步包括从所述互连件去除固体氧化物燃料电池陶瓷电解质碎片。

11. 根据权利要求10所述的方法,其进一步包括使包括互连件和固体氧化物燃料电池的固体氧化物燃料电池堆单体化以获得所述单体化燃料电池堆互连件。

12. 根据权利要求11所述的方法,其进一步包括通过使第三脉冲激光束在所述框架密封区上进行扫描、随后使第四脉冲激光束在所述框架密封区上进行扫描来从所述互连件的燃料大小使堆叠残留物汽化。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中所述第三脉冲激光束与所述第四激光束相比具有较慢扫描速度和较高峰值功率中的至少一者。

14. 根据权利要求12所述的方法,其进一步包括使第五脉冲激光束在所述互连件的所述燃料侧上的所述燃料通道和所述框架密封区上进行扫描以使氧化铬层汽化。

15. 根据权利要求14所述的方法,其中所述第五脉冲激光束与所述第四脉冲激光束相比具有较快扫描速度、较低峰值功率、较高频率和较短脉冲宽度中的至少一者。

16. 根据权利要求14所述的方法,其进一步包括在使所述第二脉冲激光束进行扫描的所述步骤之后通过激光钻孔形成穿过密封环区中的所述金属氧化物层的微腔。

17. 根据权利要求16所述的方法,其中所述微腔具有约25 $\mu\text{m}$ 至约200 $\mu\text{m}$ 的直径,且通过所述金属氧化物层延伸到所述互连件的所述空气侧中。

18. 根据权利要求16所述的方法,其进一步包括:

将腐蚀阻隔层沉积在所述金属氧化物层上且至少在所述密封环区中沉积到所述微腔中;以及

在所述密封环区中将密封材料沉积在所述腐蚀阻隔层上。

19. 根据权利要求1所述的方法,其中所述第一脉冲激光束和所述第二脉冲激光束由波长大于800nm且小于5,000nm的红外脉冲光纤激光产生。

20. 一种涂布燃料电池堆互连件的方法,所述燃料电池堆互连件包括延伸穿过所述互连件的燃料孔、位于所述互连件的空气侧上的空气通道、围绕位于所述互连件的所述空气侧上的所述燃料孔的环形密封区以及位于所述互连件的所述空气侧上的金属氧化物层,所述方法包括:

通过激光钻孔形成穿过密封环区中的所述金属氧化物层的微腔;

将腐蚀阻隔层沉积在所述金属氧化物层上且至少在所述密封环区上沉积到所述微腔中;以及

在所述密封环区中将密封材料沉积在所述腐蚀阻隔层上。

## 用于翻新燃料电池堆组件的系统和方法

### 技术领域

[0001] 本公开大体上涉及用于翻新燃料电池堆组件的系统和方法,且涉及使用激光来从燃料电池互连件移除密封件和陶瓷阻隔材料。

### 背景技术

[0002] 典型的固体氧化物燃料电池(SOFC)堆叠包含由互连件(IC)间隔开的多个SOFC,所述互连件提供堆叠中邻近电池之间的电连接与通道两者以用于递送和去除燃料和氧化剂。当烃用于燃料时,一些烃可在互连件的表面上以催化方式分解或裂解,从而留下焦炭的沉积物。这些焦炭沉积物可堵塞通道,从而不利地影响燃料电池堆的性能。

[0003] 可通过翻新IC来修复燃料电池堆。典型的IC翻新过程可包含以下步骤:(1)单体化(将堆叠中的互连件和个别燃料电池彼此分离), (2)从互连件去除电解质碎片, (3)从互连件去除任何其它剩余内部堆叠组件(如果存在的话)以及(4)去除密封件和防护涂层。

[0004] 先前的单体化方法包含使用手持式工具将所述堆叠机械地撬开。此过程费时并且易于通过剥落、开裂或诱发弯曲度(曲度)而损坏互连件。

[0005] 在单体化之后,大部分电解质可被刮掉,但在密封区周围留下的材料通常极好地粘附到IC且难以去除。实现清洁部分的最后一个步骤通常是去除在铬合金互连件和残余密封材料的燃料侧上生长的金属氧化物(例如,氧化铬)。通常在去除这些氧化物时使用的喷砂处理工艺成本较高、费时、难以控制,且可通过诱发零件的弯曲度和过度冲蚀而对零件造成损坏。

### 发明内容

[0006] 根据各种实施例,一种翻新单体化的燃料电池堆互连件的方法包含使第一脉冲激光束在所述互连件的空气侧上进行扫描以使密封件和腐蚀阻隔层残留物汽化而不会使在所述腐蚀阻隔层残留物下方位于所述互连件的所述空气侧上的金属氧化物层汽化,以及使与所述第一脉冲激光束不同的第二脉冲激光束在所述互连件的所述空气侧上的所述暴露金属氧化物层上进行扫描以回焊所述金属氧化物层而不会去除所述金属氧化物层。

[0007] 根据各种实施例,一种涂布燃料电池堆互连件的方法,所述燃料电池堆互连件包括延伸穿过所述互连件的燃料孔、位于所述互连件的空气侧上的空气通道、围绕位于所述互连件的所述空气侧上的所述燃料孔的环形密封区以及位于所述互连件的所述空气侧上的金属氧化物层,所述方法包括:通过激光钻孔形成穿过密封环区中的所述金属氧化物层的微腔;将腐蚀阻隔层沉积在所述金属氧化物层上且至少在所述密封环区上沉积到所述微腔中;以及在所述密封环区中将密封材料沉积在所述腐蚀阻隔层上。

### 附图说明

[0008] 图1A为根据本公开的各种实施例的SOFC堆叠的透视图。

[0009] 图1B为图1A的堆叠的部分的横截面视图。

- [0010] 图2A为根据本公开的各种实施例的互连件的空气侧的平面视图。
- [0011] 图2B为图2A的互连件的燃料侧的平面视图。
- [0012] 图3A为根据本公开的各种实施例的燃料电池的空气侧的平面视图。
- [0013] 图3B为图3A的燃料电池的燃料侧的平面视图。
- [0014] 图4为根据本公开的各种实施例的包含了包含金属氧化物涂层和腐蚀阻隔层的互连件的燃料电池堆的横截面视图。
- [0015] 图5为根据本公开的各种实施例示出翻新燃料电池互连件的方法的过程流程图。
- [0016] 图6A至6B为展示在图5的翻新方法期间可应用于互连件的相应空气和燃料侧的激光辐照图案的平面视图。
- [0017] 图6C为展示根据图5的方法在重修表面之后的互连件的空气侧的平面视图。

### 具体实施方式

[0018] 将参考附图详细描述各种实施例。在可能的情况下,将在整个图式中使用相同参考编号来指代相同或相似部分。对特定实例及实施方案作出的参考是出于说明性目的,且无意限制本发明或权利要求书的范围。

[0019] 应理解,当元件或层被称为安置于另一元件或层“上”或“连接至”另一元件或层时,其可直接在另一元件或层上或直接连接至另一元件或层,或可存在中间元件或层。相比之下,当元件被称为“直接”安置于另一元件或层“上”或“直接连接至”另一元件或层时,不存在中间元件或层。应理解,出于本公开的目的,“X、Y以及Z中的至少一个”可被理解为仅X、仅Y、仅Z或两个或更多个项目X、Y以及Z的任何组合(例如,XYZ、XY、YZ、ZZ)。

[0020] 当提供值的范围时,应理解,在所述范围的上限与下限之间的每一中间值(除非上下文另外明确指示,否则为下限单位的十分之一)与所陈述范围中的任何其它所陈述值或中间值均涵盖在本发明内。这些较小范围的上限及下限可独立地包含在较小范围中,亦涵盖在本发明内,受所陈述范围中任何具体排除的限值约束。在所陈述的范围包含限值中的一者或两者的情况下,排除那些包含的限值中的任一者或两者的范围也包含于本发明中。还将理解,术语“约”可指例如5%至10%的微小测量误差。此外,如本文所使用,重量百分比(wt%)和原子百分比(at%)分别指对应组合物的总重量或原子数目。

[0021] 例如“之后”、“随后”、“接下来”等词语未必意图限制步骤的次序;这些词语可用于引导读者浏览对方法的描述。此外,举例来说,使用冠词“一(a/an)”或“所述(the)”对单数形式的权利要求要素的任何参考不应解释为将所述要素限制为单数。

[0022] 如本文中所使用的术语“燃料电池堆”意味着可任选地共享共同燃料入口和排气通路或立管的多个堆叠的燃料电池。如本文中所使用的“燃料电池堆”包含不同的电气实体,所述电气实体含有直接连接至功率调节设备和所述堆叠的功率(即,电)输出的两个端板,或包括燃料电池柱的部分,所述燃料电池柱含有提供电输出的端板。

[0023] 各种实施例包含用于翻新例如固体氧化物燃料电池(SOFC)堆叠之类的燃料电池堆的例如互连件(IC)之类的组件的方法。实施例包含单体化、电解质去除、密封件和陶瓷阻隔物去除以及互连件涂层复原的方法。单体化、电解质去除、密封件和陶瓷阻隔物去除以及互连件涂层复原的各种方法可单独使用或组合使用或与常规技术组合使用。

[0024] 根据本公开的各种实施例,图1A为燃料电池堆100的透视图,且图1B为堆叠100的

部分的截面视图。参考图1A和1B,堆叠100可为包含通过互连件10间隔开的燃料电池1的固体氧化物燃料电池(SOFC)堆叠。参考图1B,每一燃料电池1包括阴极3、固体氧化物电解质5和阳极7。

[0025] 各种材料可用于阴极3、电解质5和阳极7。举例来说,阳极7可包括金属陶瓷层,所述金属陶瓷层包括含金属相和陶瓷相。含金属相可包含金属催化剂,例如镍(Ni)、钴(Co)、铜(Cu)、其合金等等,所述金属催化剂用作电子导体。金属催化剂可处于金属状态或可处于氧化物状态。举例来说,当金属催化剂处于氧化状态时,其形成金属氧化物。因此,阳极7可在燃料电池1的操作之前在还原气氛中退火,以将金属催化剂还原为金属状态。

[0026] 含金属相可包含处于还原状态的镍。此含镍相可在其处于氧化状态时形成氧化镍。因此,阳极7优选地在操作之前于还原气氛中退火以将氧化镍还原成镍。

[0027] 根据一些实施例,金属相可包含金属催化剂和掺杂剂。举例来说,金属相可由式1表示: $[D_xM_{1-x}]_yO$ 。在式1中,D为选自以下各者的掺杂剂(处于任何氧化状态):镁(Mg)、钙(Ca)、钛(Ti)、铝(Al)、锰(Mn)、钨(W)、铌(Nb)、铬(Cr)、铁(Fe)、钒(V)、镨(Pr)、铈(Ce)、锆(Zr)等或其任何组合。在一些实施例中,D可为Ca、Mg和/或Ti。M为选自镍(Ni)、钴(Co)、铜(Cu)或其合金的金属催化剂。X可在约0.01至约0.1的范围内,且y可在约1至约2的范围内。在其它实施例中,x可在约0.01至约0.04的范围内。举例来说,x可为约0.02且y可为1或2。

[0028] 因此,金属相可包括约1至约10原子百分比(“at%”)的金属氧化物掺杂剂和约99至约90at%的金属催化剂。举例来说,如在还原之前所制造,金属相可包括约2至约4at%的金属氧化物掺杂剂和约98至约96at%的金属催化剂。

[0029] 阳极7的陶瓷相可包含但不限于掺杂氧化钪的二氧化锆(GDC)、掺杂氧化钇的二氧化锆(SDC)、掺杂氧化镱的二氧化锆(YDC)、经氧化钪稳定的氧化锆(SSZ)、经氧化镱-二氧化锆-氧化钪稳定的氧化锆(YCSSZ)等。在YCSSZ中,氧化钪可以等于9至11mol%(例如10mol%)的量存在,二氧化锆可以大于0(例如至少0.5mol%)并且等于或小于2.5mol%(例如1mol%)的量存在,并且氧化钇和氧化镱中的至少一者可以大于0并且等于或小于2.5mol%(例如1mol%)的量存在,如在美国专利第8,580,456号中所公开,所述美国专利以引用方式并入本文中。经氧化钇稳定的氧化锆(YSZ)可被阳极7的陶瓷相排除在外。

[0030] 电解质5可包括稳定氧化锆,例如氧化钪稳定的氧化锆(SSZ)、氧化钇稳定的氧化锆(YSZ)、氧化钪-二氧化锆稳定的氧化锆(SCSZ)、氧化钪-二氧化锆-氧化钇稳定的氧化锆(SCYSZ)等等。替代地,电解质5可包括另一离子导电材料,例如氧化钇掺杂的二氧化锆(SDC)、钪掺杂的二氧化锆(GDC)或氧化钇掺杂的二氧化锆(YDC)。

[0031] 阴极3可包括导电材料层,例如导电钙钛矿材料,例如亚锰酸镧锶(LSM)。还可使用其它导电钙钛矿,例如镧锶辉钴矿(LSC)、亚锰酸镧锶钴(LSCM)、镧锶钴铁氧体(LSCF)、镧锶铁氧体(LSF)、 $La_{0.85}Sr_{0.15}Cr_{0.9}Ni_{0.1}O_3$ (LSCN)等,或者金属,例如Pt。阴极3还可含有类似于阳极7的陶瓷相。电极和电解质可各自包括上文所描述材料中的一或多者的一或多个子层。

[0032] 此外,必要时,额外接触或集电器层可放置在阴极3和阳极7上方,而额外界面层,例如掺杂二氧化锆界面层可位于电极3、7与电解质5之间。举例来说,Ni或氧化镍阳极接触层和LSM或LSCo阴极接触层可分别形成于阳极7和阴极3电极上。

[0033] 燃料电池堆通常由呈平面元件、套管或其它几何结构形式的多个燃料电池1构建。尽管图1A中的燃料电池堆100是竖直定向的,但燃料电池堆可水平定向或在任何其它方向

上定向。可将燃料和空气提供到可为较大的电化学反应活性表面。例如,可通过形成于每一互连件10和燃料电池1中的燃料孔22(例如,燃料立管开口)提供燃料,同时可从互连件10的空气侧肋部之间的堆叠侧提供空气。

[0034] 每一互连件10电连接堆叠100中的邻近燃料电池1。确切地说,互连件10可将一个燃料电池1的阳极7电连接到邻近燃料电池1的阴极3。图1B展示下部燃料电池1位于两个互连件10之间。Ni网状物(未图示)可用于将互连件10电连接到邻近燃料电池1的阳极7。

[0035] 每一互连件10包含至少部分地界定对氧化剂(例如,空气)通道8B进行至少部分地界定的燃料通道8A和空气侧肋部12B的燃料侧肋部12A。互连件10可用作气体-燃料分隔件,其将流动到堆叠中的一个电池的燃料电极(即阳极7)的例如烃燃料之类的燃料与流动到堆叠中的邻近电池的空气电极(即阴极3)的例如空气之类的氧化剂分离。在堆叠100的任一端处,可存在用于分别将空气或燃料提供到端电极的空气端板或燃料端板(未图示)。

[0036] 每一互连件10可由导电材料制成或可含有导电材料,例如具有与电池中的固体氧化物电解质的热膨胀系数类似的热膨胀系数(例如,相差0至10%)的金属合金(例如,铬铁合金)。举例来说,互连件10可包括金属(例如,铬铁合金,例如4至6重量百分比的铁,任选地1wt%或更少的钇和平衡铬合金),且可将一个燃料电池1的阳极或燃料侧电连接到邻近燃料电池1的阴极或空气侧。例如镍接触层之类的导电接触层可设置于阳极7与每一互连件10之间。另一任选的导电接触层可设置于阴极3与每一互连件10之间。

[0037] 根据本公开的各种实施例,图2A为互连件10的空气侧的俯视图,且图2B为互连件10的燃料侧的俯视图。参考图1B和2A,空气侧包含从互连件10的相对第一和第二边缘延伸的空气通道8B。空气流动穿过空气通道8B到达邻近燃料电池1的阴极3。

[0038] 互连件10可包含围绕燃料孔22的环形密封区20R。环形密封件20可安置于围绕燃料孔22的环形密封区20R中以防止燃料接触互连件10的空气侧。互连件10的空气侧可包含安置于互连件10的相对边缘上的条带密封区24R。细长矩形密封件24(例如,条带密封件)可安置于条带密封区24R上。环形和条带密封件20、24可由玻璃或玻璃陶瓷材料形成。环形密封区22R和条带密封区24R可为不包含肋部或通道的平面升高区。环形密封区22R和条带密封区24R的表面可与肋部12B的顶部共面。

[0039] 参考图1B和2B,互连件10的燃料侧可包含包含燃料通道8A和燃料歧管28的燃料流动区30R。燃料从燃料孔22中的一者(例如,形成燃料入口立管的部分的入口燃料孔)流动到邻近歧管28中、穿过燃料通道8A并且流动到邻近燃料电池1的阳极7。过量燃料可流动到另一燃料歧管28中,且接着流动到另一燃料孔22中。框架密封件26安置于互连件10的燃料侧的框架密封区26R上。框架密封区26R可为不包含肋部或通道的升高平台区。框架密封区26R的表面可与肋部12A的顶部共面。

[0040] 根据本公开的各种实施例,图3A为燃料电池1的阴极侧(例如,空气侧)的平面视图,且图3B为燃料电池1的阳极侧(例如,燃料侧)的平面视图。参考图1A、1B、3A和3B,燃料电池1可包含燃料孔22、电解质5、阴极3和阳极7。阴极3可安置在电解质5的第一侧上。阳极7可安置在电解质5的相对第二侧上。

[0041] 当燃料孔22组装在燃料电池堆100中时,所述燃料孔可延伸穿过电解质5并且可被布置成与互连件10的燃料孔22重叠。当阴极3组装在燃料电池堆100中时,所述阴极可印在电解质5上以便不与环形密封件20和条带密封件24重叠。阳极7可具有与阴极3类似的形状。

当阳极7组装在堆叠100中时,所述阳极可安置成不与框架密封件26重叠。换句话说,阴极3和阳极7可从电解质5的边缘凹入,以使得电解质5的对应边缘区可直接接触对应密封件20、24、26。

[0042] 图4为根据本公开的各种实施例的燃料电池堆100的燃料电池1和邻近互连件10的横截面视图。详细地展示了图4的下部互连件10的特征。然而,两个互连件10可具有相同特征。金属氧化物涂层或层32可安置于互连件10的空气侧上,且腐蚀阻隔层34可安置于金属氧化物层32上。金属氧化物层32可由例如亚锰酸镧锶(“LSM”)和/或锰钴氧化物(“MCO”)尖晶石涂层材料形成,且可安置于空气侧肋部12B上和/或互连件10的空气通道8B中。

[0043] 腐蚀阻隔层34可至少在环形密封件20下方安置于金属氧化物层32上。在一些实施例中,腐蚀阻隔层34还可任选地安置于条带密封件24下方,或可覆盖整个金属氧化物层32。腐蚀阻隔层34可用作对锰或钴中的至少一者从金属氧化物层32扩散到环形密封件20中的阻隔物。具体地说,腐蚀阻隔层34优选地不具有任何Mn和/或Co(或至少含有小于5at%的Mn和/或Co)并且防止Mn和/或Co从金属氧化物层扩散到环形密封件20中,以便防止Mn和/或Co从环形密封件20扩散到邻近电解质5。

[0044] 腐蚀阻隔层34可包括在2017年2月28日颁布且以全文引用的方式并入本文中的美国专利第9,583,771B2号中描述的玻璃陶瓷材料。腐蚀阻隔层34可包括由大体上玻璃阻隔物前体层形成的玻璃陶瓷层,所述玻璃阻隔物前体层含有应用到SOFC堆叠中的互连件表面的至少90wt.%的玻璃(例如,90至100wt.%的玻璃,例如约99至100wt.%的非晶形玻璃和0至1wt.%的结晶相)。在一个实施例中,玻璃阻隔物前体层含有至少90wt.%的玻璃且包括:

[0045] 45至55wt.%的二氧化硅( $\text{SiO}_2$ );

[0046] 5至10wt.%的氧化钾( $\text{K}_2\text{O}$ );

[0047] 2至5wt.%的氧化钙( $\text{CaO}$ );

[0048] 2至5wt.%的氧化钡( $\text{BaO}$ );

[0049] 0至1wt.%的三氧化二硼( $\text{B}_2\text{O}_3$ );

[0050] 15至25wt.%的氧化铝( $\text{Al}_2\text{O}_3$ );以及

[0051] 按氧化物重量计的20至30wt.%的氧化锆( $\text{ZrO}_2$ )。

[0052] 在一个优选实施例中,玻璃阻隔物前体层包括:

[0053] 44.6wt.%的二氧化硅;

[0054] 6.3wt.%的氧化钾;

[0055] 2.4wt.%的氧化钙;

[0056] 2.4wt.%的氧化钡;

[0057] 19.1wt.%的氧化铝;

[0058] 0.1wt.%的三氧化二硼;以及

[0059] 按氧化物重量计的25.1wt.%的氧化锆。

[0060] 在一些实施例中,氧化铬层36可形成于互连件10的燃料侧上。确切地说,铬铁合金互连件10材料的铬可形成在互连件10的燃料侧上累积的氧化铬层36。

[0061] 燃料电池组件翻新

[0062] 根据本公开的各种实施例,提供翻新燃料电池堆组件的系统和方法。举例来说,在燃料电池堆的操作寿命结束时,可拆卸所述堆叠,并且其组件可在完成翻新之后再回收(即

在新的燃料电池堆中再使用)。

[0063] 图5为根据本公开的各种实施例示出回收燃料电池互连件的方法的过程流程图。参考图1A、4和5,在步骤602中,燃料电池堆100可从燃料电池系统中去除,并且被单体化以将互连件10彼此分离。

[0064] 可使用任何合适的单体化方法。举例来说,堆叠可通过机械、液压或热方式被单体化,并且可从其中去除燃料电池组件,如2013年9月17日颁布的美国专利第8,535,841号和2020年8月25日颁布的美国专利第10,756,355B2号中所公开,所述美国专利以全文引用方式并入本文中。

[0065] 在步骤604中,可从每一互连件10去除堆叠组件碎片。举例来说,可去除保持附接到互连件10的燃料电池电解质、密封件、墨水和/或导电层(例如镍网状物层)。举例来说,电线刷或压缩空气可用于去除此类碎片。在一些实施例中,可使用模具使燃料电池电解质开裂以促进燃料电池组件碎片去除。

[0066] 在去除碎片之后,堆叠组件残留物可保留在互连件10上。举例来说,残留物可包含玻璃、陶瓷和/或玻璃/陶瓷材料残留物,例如来自陶瓷电解质、玻璃密封件和/或陶瓷阻隔层等的残留物可保留在互连件10上。确切地说,残留物可包含密封件20和/或24残留物、安置于互连件10的燃料侧上的环形密封区20R上的腐蚀阻隔层34以及安置于互连件10的燃料侧上的氧化铬层36。

[0067] 在步骤606中,互连件10的空气侧和燃料侧可经激光辐照以去除残留物。互连件10的空气和燃料侧可以任何次序或同时经激光辐照。确切地说,步骤606可包含用一或多个脉冲激光束扫描互连件10的燃料和空气侧的至少一部分,以便将残留物加热到足以使残留物汽化和/或移走的温度。

[0068] 已确定,对互连件10的辐照的精确控制可去除残留物而不会损坏互连件10的空气侧上的相对昂贵的金属氧化物层32。举例来说,互连件10的过度局部加热可导致裂缝形成和/或可损坏互连件上的金属氧化物层32。因此,可控制激光束的特性(例如功率、脉冲频率、扫描速度和/或束斑直径),以使得可使残留物汽化而不会损坏金属氧化物层32和/或互连件10。

[0069] 根据一些实施例,单个激光束可用于辐射互连件10的燃料和空气侧中的一者或两者。在其它实施例中,可由一或多个激光源产生的一或多个激光束可用于辐射互连件10的每一侧。可用被配置成控制激光束跨互连件10的扫描的扫描器来控制每一激光束。举例来说,可选择性地使激光束以光栅图案、向量图案、蛇形图案等等进行扫描,以便将互连件10的表面加热到足以使残留物汽化的温度。替代地,互连件10可在支撑台中相对于激光束移动以使射束跨互连件进行扫描。

[0070] 因此,可以快速方式从互连件10去除残留物。在一些实施例中,激光线速度可超过24英寸/秒(例如,25至500英寸/秒)。用于残留物的激光暴露时间可小于1秒(例如,0.05至0.9秒)。然而,本公开不限于任何特定类型的激光、行进时间或暴露时间。激光束可被配置成使燃料电池碎片从互连件10汽化和/或脱层。举例来说,激光可使将其它燃料电池碎片粘合到互连件10的密封件汽化,从而去除此类材料。

[0071] 在一些实施例中,激光束可由激光源产生,例如被配置成产生波长大于800nm且小于5,000nm的激光束的脉冲式红外线光纤激光源,所述波长例如为范围在约1060nm至约

1075nm,例如约1062nm至约1066nm,或约1064nm的波长。光纤激光包含掺杂有稀土元素的光纤有源增益介质。稀土元素可包含钇、镱、钕、镨、镱、铒和/或钬。激光源可具有在100W至3000W范围内,例如在500W至1000W范围内的峰值功率输出。激光源可产生具有1.5mm或更小,例如1mm或更小,例如约0.5mm至约1mm,例如约0.6mm至0.8mm的束斑大小(例如,直径)的激光束斑。本发明人确定使用具有相对较小的束斑大小(例如,1.5mm或更小)的脉冲激光束而非具有相对较大的束斑大小(例如,2mm或更大)的连续激光束会在较短持续时间内产生较高峰值功率,这能够去除残留物而不会使金属氧化物层32汽化或损坏互连件10。因此,翻新的互连件10不必用相对昂贵的金属氧化物层32来重新涂布。

[0072] 根据本公开的各种实施例,图6A示出可应用于单体化互连件10的空气侧的激光辐照图案,且图6B示出可应用于互连件10的燃料侧的激光辐照图案。图6C为根据本公开的各种实施例在重修表面之后的互连件10的空气侧的俯视图。

[0073] 参考图5和6A,在步骤606中,所述方法可包含通过使激光束和互连件相对于彼此移动而使用一或多遍扫描来使一或多个激光束跨互连件10的空气侧的条带密封区24R和环形密封区20R进行扫描。激光束和/或互连件10可移动以产生激光束跨互连件10的扫描。

[0074] 举例来说,步骤606可包含执行第一遍扫描,在此扫描期间可用第一激光束扫描条带密封区。第一激光束可为具有在约800W至约1250W,例如约900W至约1100W、约950W至约1050W,或约1000W范围内的峰值功率的脉冲激光束。第一激光束可具有在约5kHz至约15kHz,例如约8kHz至约13kHz,或约10kHz至11kHz范围内的脉冲频率。第一激光束可具有在约2500mm/s至约3500mm/s,例如约2750mm/s至约3250mm/s,或约3000mm/s范围内的扫描速度。第一激光束可具有1.5mm或更小,例如1mm或更小,例如约0.5mm至约1mm,例如约0.6mm至0.8mm的束斑大小(例如,直径)。第一激光束可具有在约50ns至约150ns,例如约75ns至约125ns,或约100ns范围内的脉冲宽度。频率和/或停留时间可在第一遍扫描期间改变以依序去除不同残留物(例如,以去除密封件滞留,接着去除腐蚀阻隔层残留物)。

[0075] 步骤606可包含执行第二遍扫描,在此扫描期间可用第二激光束第二次扫描条带密封区24R。第二激光束可为与在第一遍扫描期间使用的第一激光束不同的脉冲激光束。第二激光束与第一遍扫描期间使用的第一激光束相比可具有较低的峰值功率、较短的脉冲宽度、较快的扫描速度、较小的束斑大小和/或较高的脉冲频率中的至少一者。第二激光束的较小束斑大小产生比第一激光束的功率密度高的功率密度。第二激光束可具有在约250W至约750W,例如约400W至约600W、约450W至约550W,或约500W范围内的峰值功率。第二激光束可具有在约20kHz至约40kHz,例如约25kHz至约35kHz,或约30kHz范围内的脉冲频率。第二激光束可具有在约4500mm/s至约5500mm/s,例如约4750mm/s至约5250mm/s,或约5000mm/s范围内的扫描速度。第二激光束可具有小于0.5mm的束斑大小(例如,直径),例如在约0.05mm至约0.15mm,例如约0.075mm至约0.125mm,或约0.1mm范围内的束斑大小。第二激光束可具有在约15ns至约35ns,例如约20ns至约30ns,或约25ns范围内的脉冲宽度。第二激光束可在条带密封区24R中回焊金属氧化物层32而不会去除(例如,汽化)金属氧化物层32。因此,金属氧化物层可比在第一遍扫描之后更光滑且更致密(例如,其中去除了粗糙斑点和/或填充了孔隙)。

[0076] 步骤606可包含执行第三遍扫描,在此扫描期间使用第三激光束第一次扫描环形密封区20R。第三激光束可具有与第一激光束类似的特性。

[0077] 步骤606可包含执行第四遍扫描,在此扫描期间可使用第四激光束第二次扫描环形密封区20R。第四激光束可具有与第二激光束类似的特性。第四激光束可在环形密封区20R中回焊金属氧化物层32而不会使金属氧化物层32汽化。因此,金属氧化物层可比在第三遍扫描之后更光滑且更致密(例如,其中去除了粗糙斑点和/或填充了孔隙)。

[0078] 然而,在一些实施例中,可在扫描条带密封区24R之前或在同一时间扫描环形密封区20R。因而,本公开不限于任何特定扫描序列。因此,在一些实施例中,可修改步骤606以使得可仅使用两遍扫描来扫描环形密封区20R和条带密封区24R。举例来说,可修改步骤606以使得在第一遍扫描期间使用第一激光束扫描环形密封区20R和条带密封区24R两者,且接着在第二扫描路径期间使用第二激光束针对所述环形密封区和所述条带密封区进行扫描。

[0079] 参考图5和6B,步骤606可包含执行第五遍扫描,在此扫描期间使用第五激光束扫描互连件10的燃料侧的框架密封区26R。第五激光束可具有与第一激光束大体上相同的特性。

[0080] 步骤606可包含执行第六遍扫描,在此扫描期间可用第六激光束第二次扫描框架密封区26R。第六激光束与第五激光束相比可具有较低的功率和/或较快的扫描速度。第六激光束可为具有在约250W至约750W,例如约400W至约600W、约450W至约550W,或约500W范围内的峰值功率的脉冲激光束。第六激光束可具有在5kHz至约15kHz,例如约8kHz至约13kHz,或约10kHz至11kHz范围内的脉冲频率。第六激光束可具有在约4500mm/s至约5500mm/s,例如约4750mm/s至约5250mm/s,或约5000mm/s范围内的扫描速度。第六激光束可具有在约0.15mm至约0.35mm,例如约0.20mm至约0.30mm,或约0.25mm范围内的束斑直径。第六激光束可具有在约50ns至约150ns,例如约75ns至约125ns,或约100ns范围内的脉冲宽度。

[0081] 参考图4、5和6C,在步骤608中,所述方法可包含从互连件10的燃料侧去除氧化铬层36。确切地说,步骤608可包含执行第七遍扫描,在此扫描期间可在一或多遍中使第七激光束跨互连件10的燃料侧的全部或大体上全部进行扫描,以便使氧化铬层36汽化。第七激光束的特性可经设定为使得在不损坏互连件10的底层燃料侧的情况下去除氧化铬层36。

[0082] 第七激光束与第六激光束相比可具有较低的功率、较高的频率、较快的扫描速度和/或较短的脉冲宽度中的至少一者。举例来说,第七激光束可为具有在约200W至约600W,例如约300W至约500W、约350W至约450W,或约400W范围内的峰值功率的脉冲激光束。第七激光束可具有在约20kHz至约40kHz,例如约25kHz至约35kHz,或约30kHz范围内的脉冲频率。第七激光束可具有在约7500mm/s至约8500mm/s,例如约7750mm/s至约8250mm/s,或约8000mm/s范围内的扫描速度。第七激光束可具有在约0.6mm至约1.0mm,例如约0.7mm至约0.9mm,或约0.8mm范围内的束斑直径。第七激光束可具有在约15ns至约35ns,例如约20ns至约30ns,或约25ns范围内的脉冲宽度。

[0083] 再次参考图4和5,在步骤610中,所述方法可包含修复互连件10的空气侧。确切地说,步骤610可包含在第八遍扫描期间使第八激光束跨互连件10的空气侧的全部或大体上全部进行扫描,以便修复金属氧化物层32。第八激光束可具有与第一激光束大体上相同的特性。

[0084] 第八激光束的特性可经设定为使得可部分地熔融金属氧化物层32以使金属氧化物层32的表面光滑且致密和/或以从其中去除污染物。确切地说,可将金属氧化物层32加热到足以至少部分地液化金属氧化物层32的表面的温度,从而将液化的金属氧化物回焊到剩

余金属氧化物层32的孔隙中。所述过程可增加金属氧化物层32的密度且可去除金属氧化物层32的任何相对粗糙表面区。

[0085] 扫描图案可包含如图6A中所展示的水平扫描线。然而,本公开不限于任何特定扫描图案或扫描线定向。举例来说,扫描图案可包含竖直扫描线、非竖直扫描线、水平扫描线、蛇形扫描线或其任何组合。

[0086] 参考图5和6C,在步骤612中,所述方法可包含对互连件10的空气侧的环形密封区20R进行重修表面。确切地说,环形密封区20R中的金属氧化物层32的表面积可通过粗糙化或钻孔而增加,以便增加金属氧化物层32与随后沉积的阻隔层之间的粘附性。

[0087] 确切地说,步骤612可包含对环形密封区20R进行激光钻孔以在金属氧化物层32中或在金属氧化物层32与互连件10两者中形成微腔80。微腔80可具有约25 $\mu\text{m}$ 至约200 $\mu\text{m}$ ,例如约50 $\mu\text{m}$ 至约100 $\mu\text{m}$ ,或约75 $\mu\text{m}$ 的直径。可在每一环形密封区20R中形成至少一千(例如,1,000至10,000,例如5,000至6,000)个微腔80。与第四激光束相同的脉冲激光束可用于激光钻孔,不同之处在于束斑大小减小到200微米或更小,例如直径为25 $\mu\text{m}$ 至约200 $\mu\text{m}$ ,例如约50 $\mu\text{m}$ 至约100 $\mu\text{m}$ ,或约75 $\mu\text{m}$ 。

[0088] 在一些实施例中,步骤612可包含在对环形密封区20R进行重修表面之后在环形密封区20R上沉积腐蚀阻隔层34,如图4中所展示。微腔80改进腐蚀阻隔层34到金属氧化物层32的粘附性。

[0089] 翻新过程可能不会留下燃料电池碎片的可见迹线。另外,互连件不会出现在回收过程期间可能由于过度加热而出现的开裂和/或其它损坏。此外,可从燃料侧去除氧化铬层36,且可在不去除相对昂贵的金属氧化物层32的情况下从互连件10的空气侧去除腐蚀阻隔层34。

[0090] 虽然前文涉及特定优选实施例,但应了解本发明不限于此。所属领域的技术人员将想到可对公开的实施例作出各种修改并且此类修改旨在处于本发明的范围内。所有本文中提出的公开案、专利申请以及专利都以全文引用的方式并入本文中。

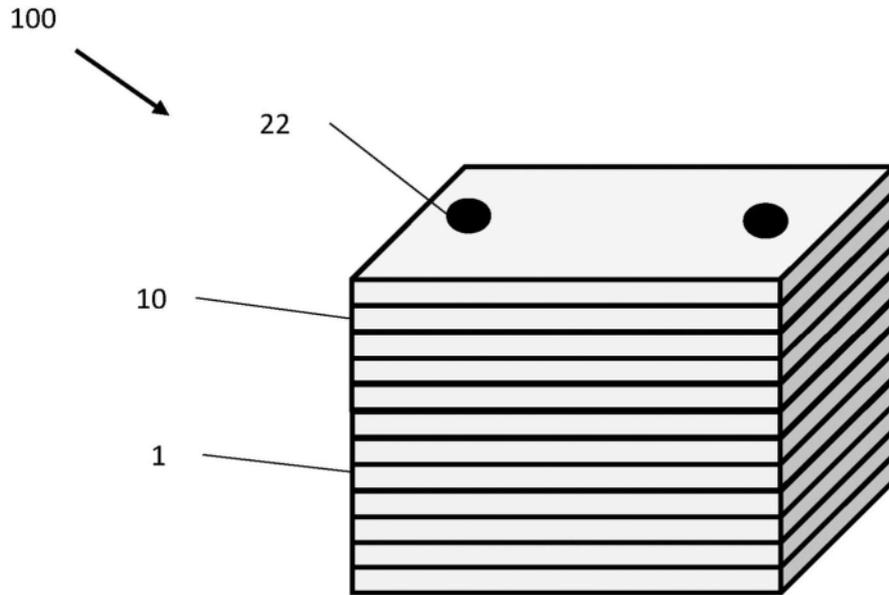


图1A

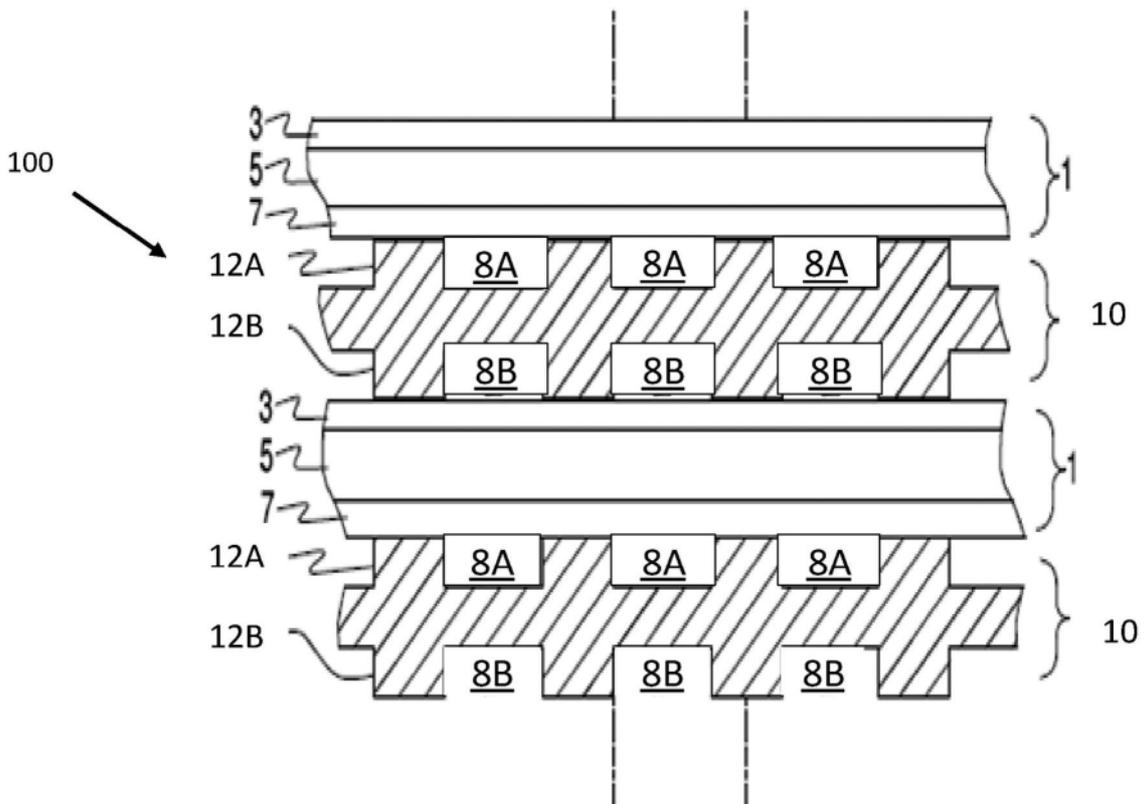


图1B

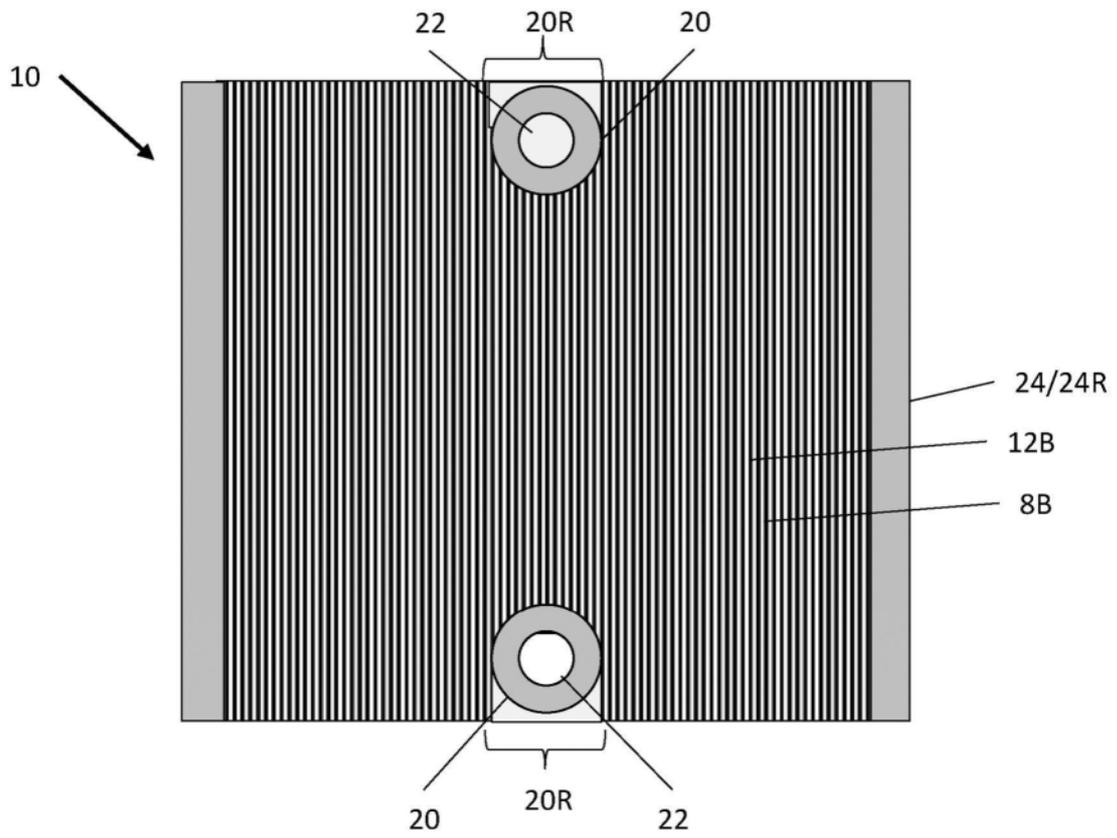


图2A

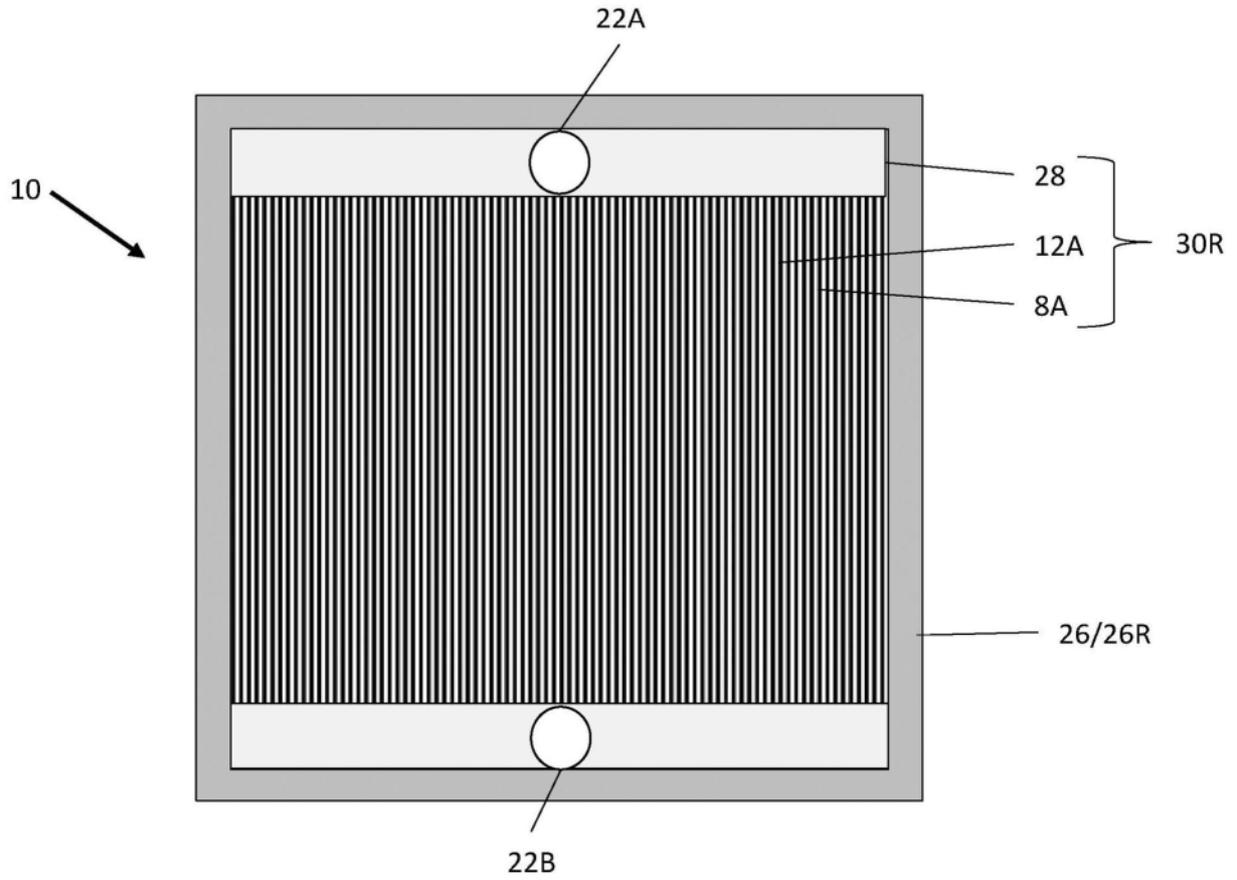


图2B

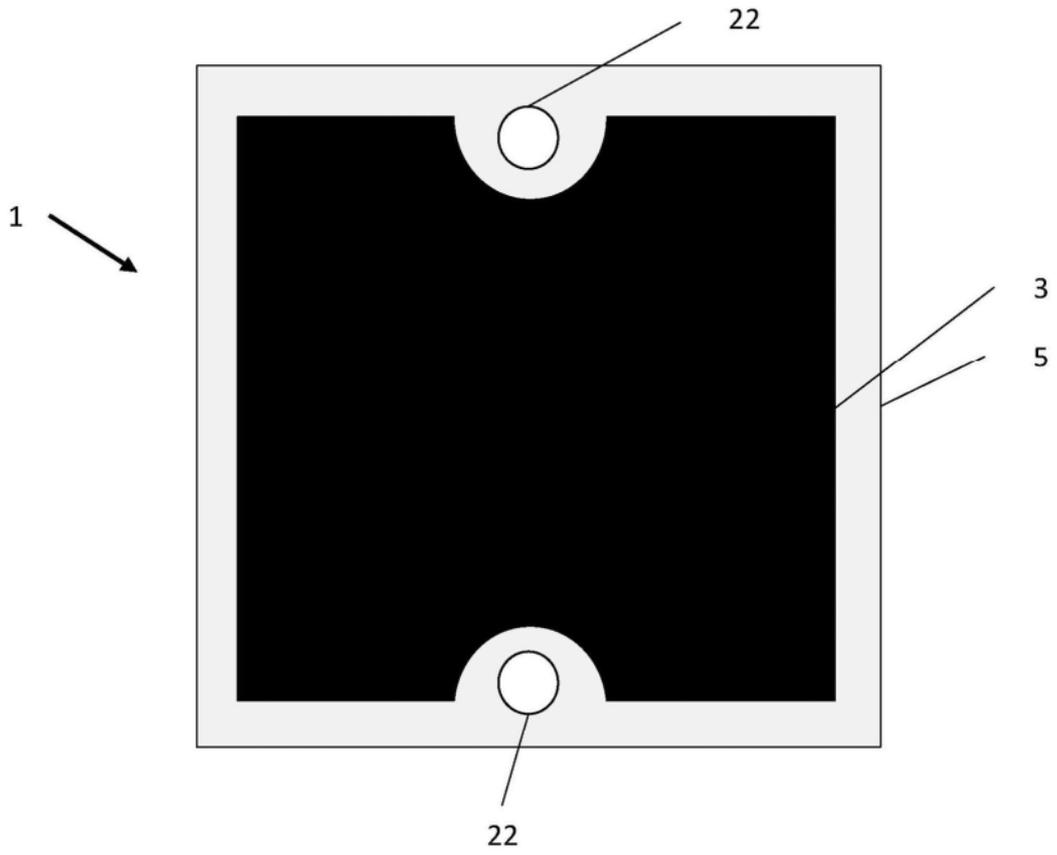


图3A

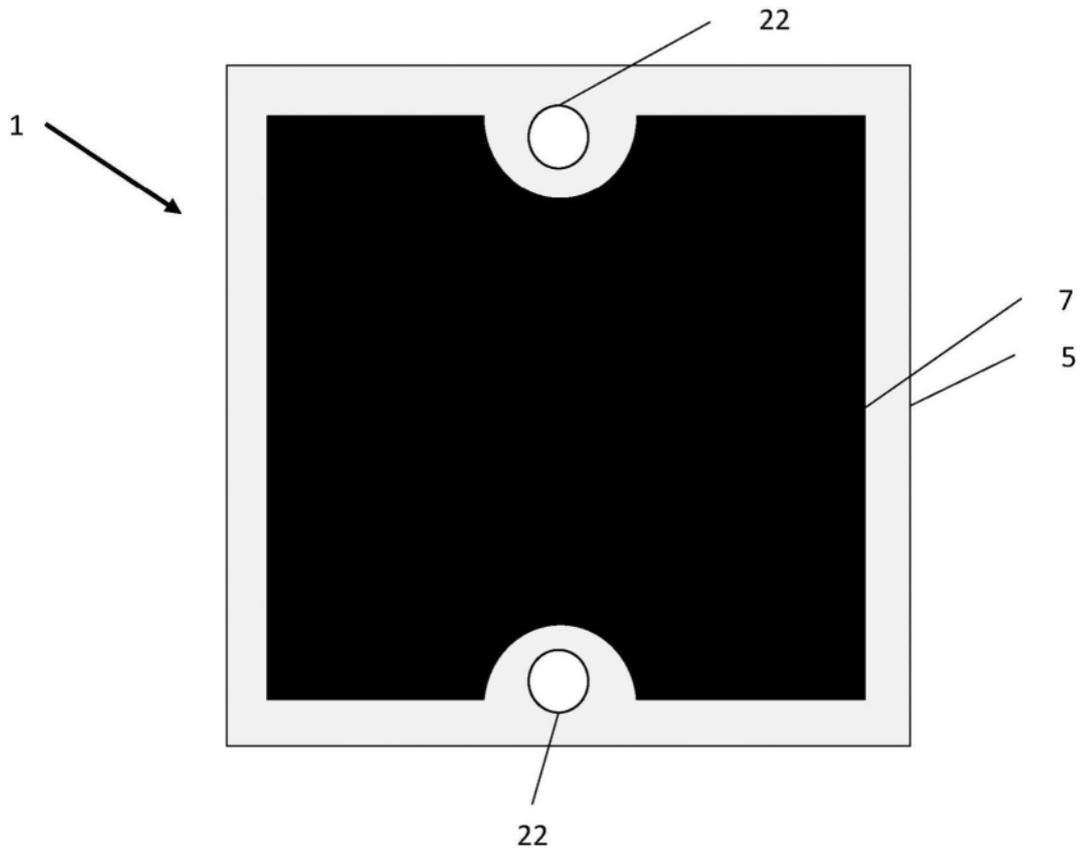


图3B

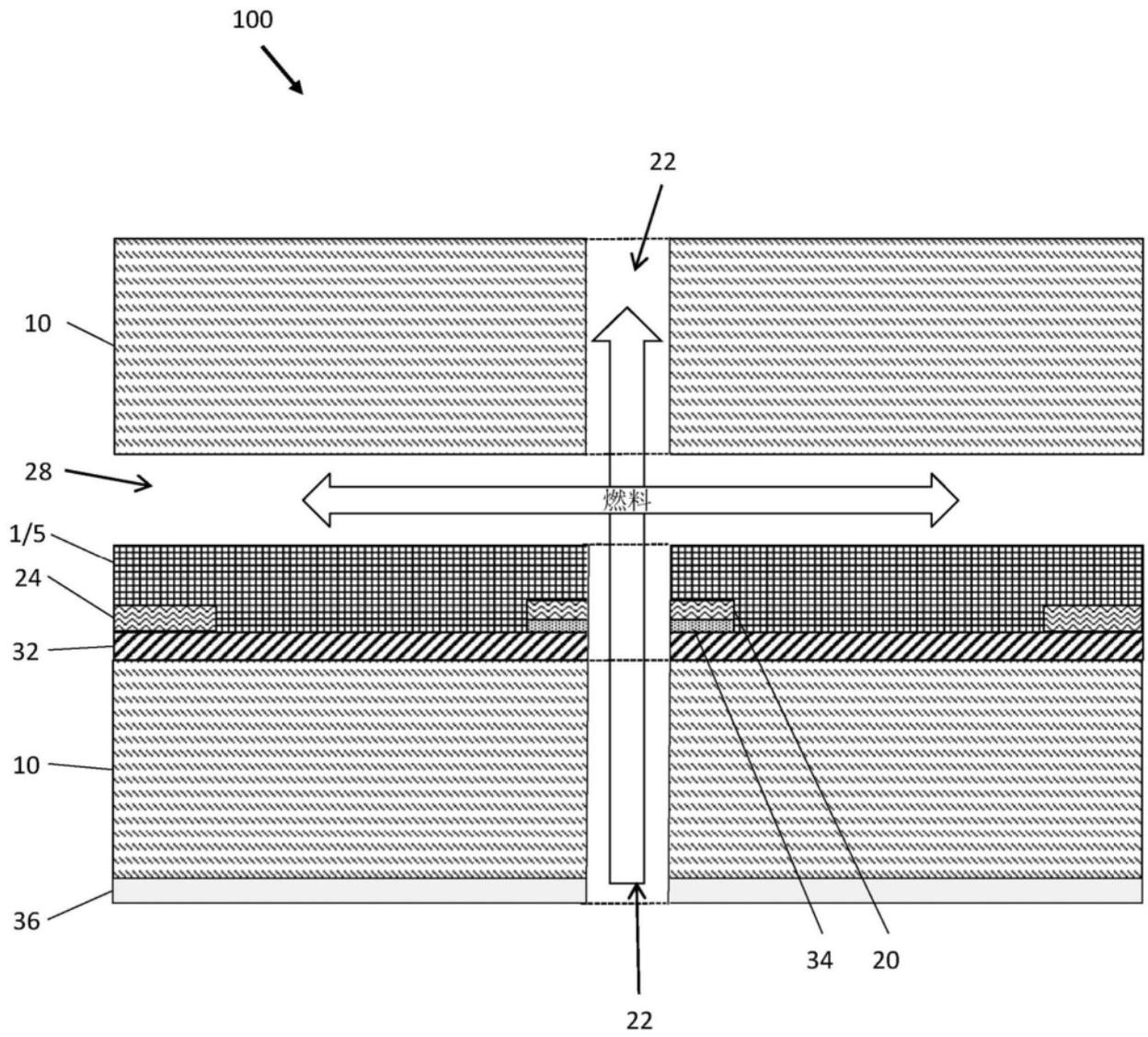


图4

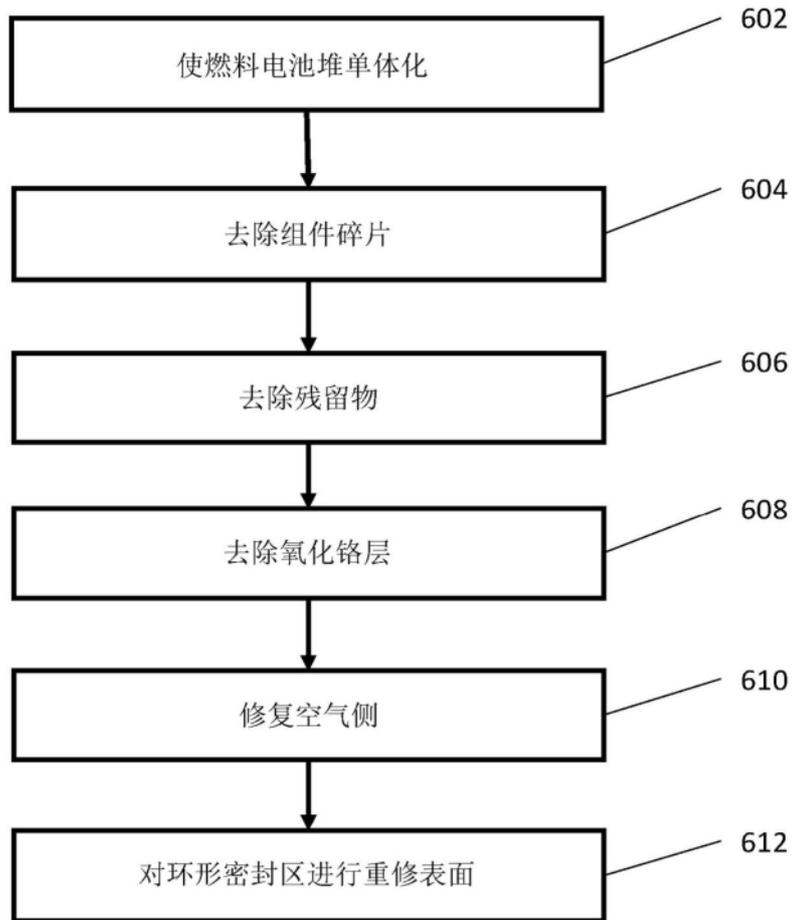


图5

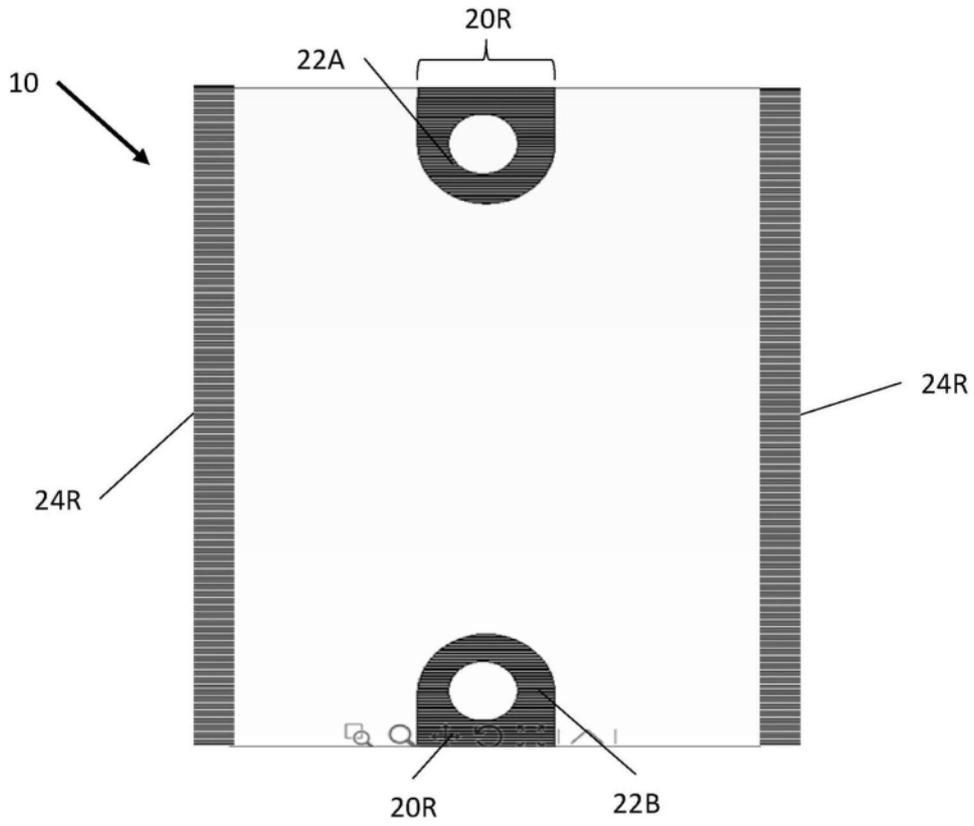


图6A

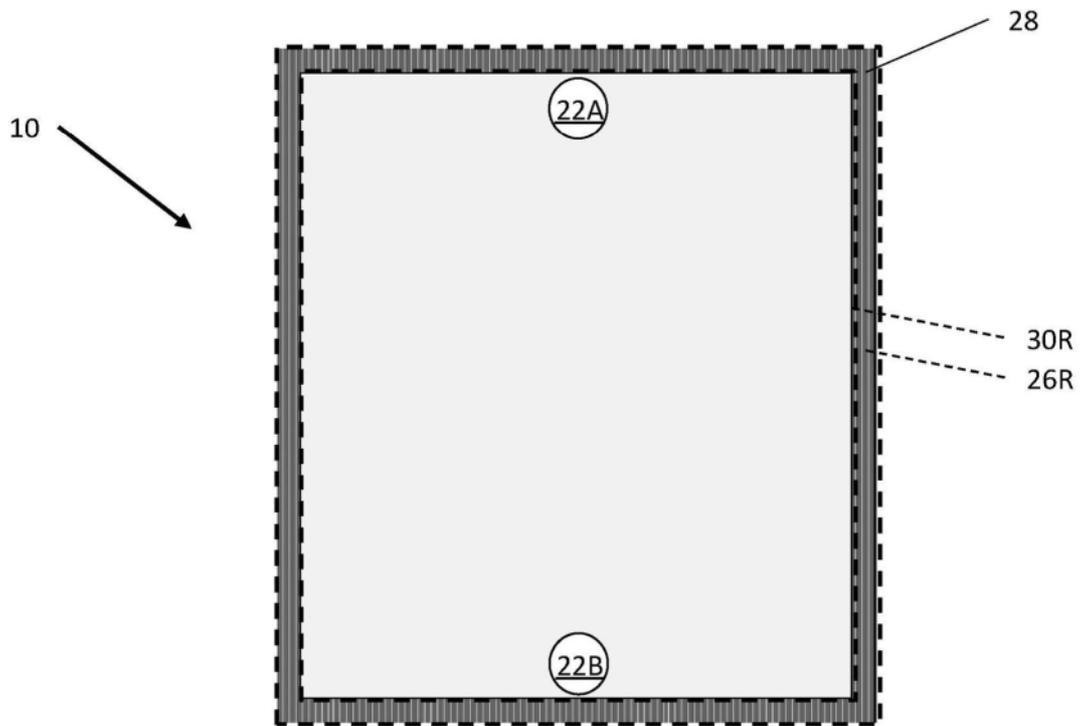


图6B

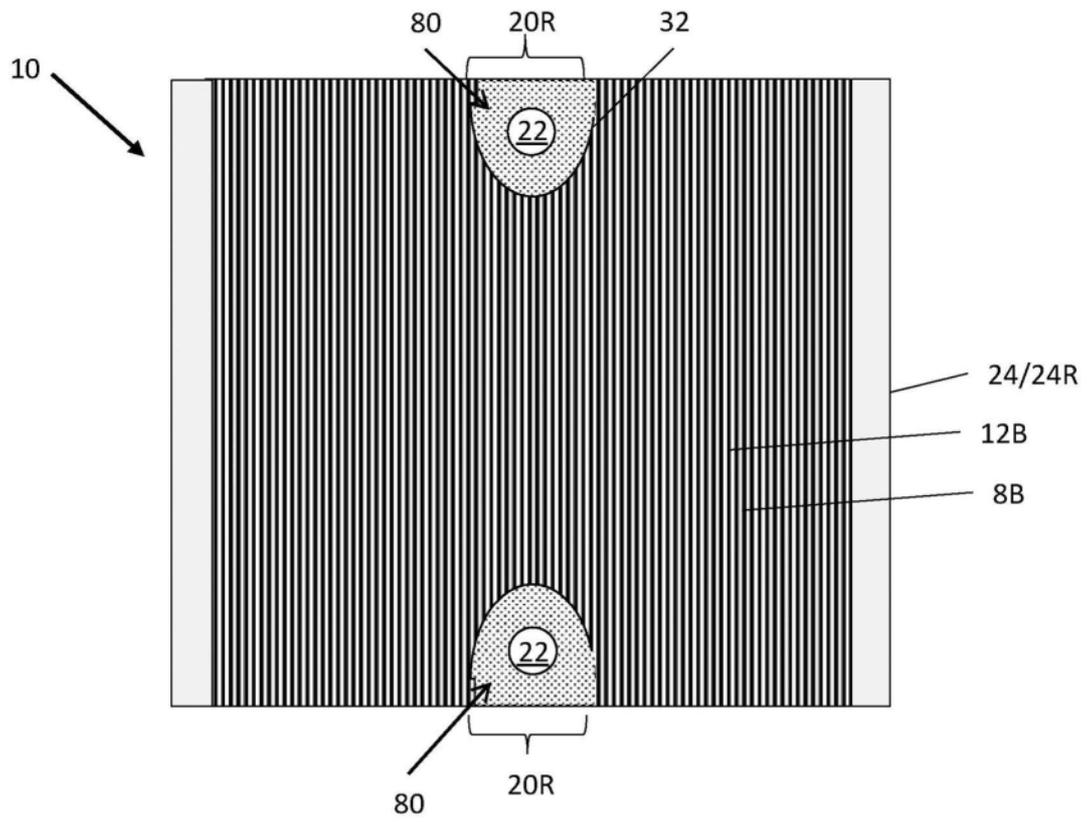


图6C