(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 113981479 B
(45)授权公告日 2022.12.02

(21)申请号 202010658124.4

(22)申请日 2020.07.09

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113981479 A

(43)申请公布日 2022.01.28

(73)专利权人 中国科学院大连化学物理研究所
地址 116000 辽宁省大连市沙河口区中山路457号

(72)发明人 谢峰 俞红梅 韦世慧 刘凯 邵志刚

(74)专利代理机构 大连东方专利代理有限责任公司 21212
专利代理师 张玉莹 毛薇

(51)Int.Cl.
C25B 9/23(2021.01)
C25B 11/032(2021.01)
C25B 15/08(2006.01)
C25B 11/036(2021.01)
C25B 1/04(2021.01)

(56)对比文件
CN 111041510 A,2020.04.21
CN 104393322 A,2015.03.04
CN 109487292 A,2019.03.19
US 2008102334 A1,2008.05.01
WO 2009079006 A1,2009.06.25
WO 9635003 A1,1996.11.07

审查员 侯绮兰

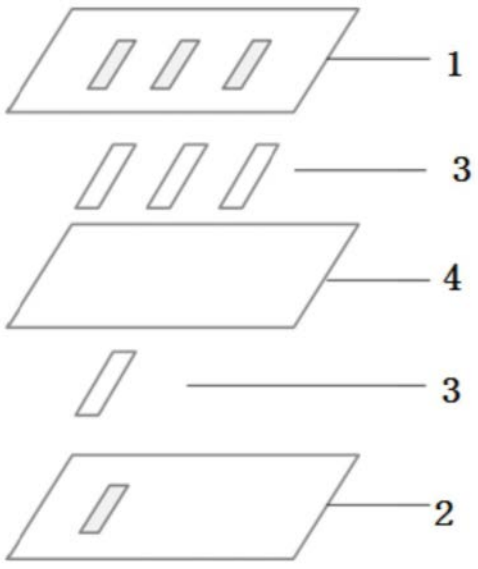
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种水电解装置

(57)摘要

本发明提供了一种水电解双极板，所述双极板包括阳极板和阴极板，所述阳极板和/或阴极板上设有一个或多个通孔；所述通孔处覆盖有导气阻水膜；所述阳极板和阴极板中的一个设有通孔时，所述阳极板和阴极板之间设有一个中间腔；所述阳极板和阴极板都设有通孔时，所述阳极板和阴极板之间设有两个通过导电板上下隔开的中间腔；所述中间腔用于实现双极板内部气水分离。所述中间腔通过中间腔两侧的导电板自带沟槽流场搭建形成、或通过在中间腔两侧的导电板之间填充导电材料形成。本发明提供的水电解双极板为集导气、导电、阻水功能于一体的具有内部气水分离功能的电解水双极板。



CN 113981479 B

1.一种水电解装置,其特征在于,所述装置包括水电解电堆,所述电堆由端板,集流板,依次重复堆叠的双极板、扩散层、膜电极、扩散层,双极板,集流板,端板顺次堆叠并组装形成;所述电堆中所用的双极板包括阳极板和阴极板,所述阳极板和/或阴极板上设有一个或多个通孔;所述通孔处覆盖有导气阻水膜;

所述阳极板和阴极板中的一个设有通孔时,所述阳极板和阴极板之间设有一个中间腔;

所述阳极板和阴极板都设有通孔时,所述阳极板和阴极板之间设有上下两个中间腔,所述两个中间腔通过导电板隔开;

所述中间腔和导气阻水膜相配合用于实现双极板内部气水分离;

所述电堆组装后,所述阳极板与膜电极之间通过扩散层形成氧腔;所述阴极板与膜电极之间通过扩散层之间形成氢腔;所述氧腔、中间腔、氢腔各自通过独立的公共管道连通并在电堆外部设有接口,即氧腔接口、中间腔接口和氢腔接口;

所述装置还包括水箱;所述水箱与氧腔接口和/或氢腔接口相连通。

2.根据权利要求1所述的水电解装置,其特征在于,所述扩散层为导水导电多孔材料,所述导水导电多孔材料的材质为碳纸、微孔石墨、泡沫金属材料、金属粉末烧结形成的微孔材料中的一种;所述扩散层的厚度为0.1-5mm。

3. 根据权利要求1所述的水电解装置,其特征在于,所述水电解为碱性液体水电解或PEM 水电解。

4.根据权利要求1所述的水电解装置,其特征在于,所述双极板的中间腔通过中间腔两侧的导电板自带沟槽流场搭建形成、或通过在中间腔两侧的导电板之间填充导电材料形成。

5.根据权利要求1所述的水电解装置,其特征在于,所述双极板的导电材料为碳纸、碳布、金属密纹网、泡沫金属材料、金属粉末烧结材料、膨胀石墨中的一种。

6.根据权利要求1所述的水电解装置,其特征在于,所述双极板的阳极板或阴极板材质为碳、铁、不锈钢、铜、铝、钛、金、银、铂、钯中的一种;

所述通孔处于双极板的有效面积中;所述通孔的总面积与所在整个阳极板或阴极板的有效面积之比为0.001-0.99。

7. 根据权利要求1所述的水电解装置,其特征在于,所述双极板的导气阻水膜的材质为聚四氟乙烯、聚偏氟乙烯、憎水聚乙烯、憎水聚丙烯、憎水聚砜、憎水无纺布中的一种;所述导气阻水膜的阻水能力下限为:膜两侧的压力差为0.01MPa 时,水不能透过膜。

8.根据权利要求1所述的水电解装置,其特征在于,所述双极板的通孔的四周用于和导气阻水膜密封的区域,进行减薄,所述导气阻水膜覆盖于所述通孔的四周时,所述导气阻水膜的上表面与所述阳极板或阴极板表面齐平。

9.一种权利要求1-8任一所述的水电解装置的工作方法,其特征在于,所述方法为:

所述阳极板设有通孔时:所述氧腔接口与水箱相连形成密闭腔体,所述氧腔中充满水;

所述电堆通过外部电源进行水电解,电解生成的氧气通过阳极板上的导气阻水膜进入中间腔排出,电解生成的氢气在氢腔中通过公共管道排出;

所述阴极板设有通孔时:所述氢腔接口与水箱相连形成密闭腔体,所述氢腔中充满水;所述电堆通过外部电源进行水电解,电解生成氢气通过阴极板上的导气阻水膜进入中间腔

排出,电解生成的氧气在氧腔中通过公共管道排出;

所述阳极板和阳极板都设有通孔时:所述氧腔接口和/或氢腔接口与水箱相连形成密闭腔体,所述氧腔和/或氢腔中充满水;所述电堆通过外部电源进行水电解,电解生成氧气通过阳极板上的导气阻水膜进入与阳极板相邻的中间腔排出,电解生成的氢气通过阴极板上的导气阻水膜进入与阴极板相邻的中间腔排出。

一种水电解装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种水电解用双极板，属于氢能领域。

背景技术

[0002] 利用可再生能源发电、并进而电解水制氢是实现清洁氢能源利用的主要途径之一。电解水制氢主要有三种，根据电解质的不同，分为碱性液体电解水制氢、固体聚合物电解水制氢和固体氧化物电解水制氢。碱液电解制氢是目前应用最广泛、最成熟的电解水技术，但是存在电解效率低、能耗高、电流密度小、电解质为KOH溶液等具有强腐蚀性及易污染环境等缺点。固体聚合物水电解具有能效高、电流密度范围大、无污染、结构紧凑、产气压力高等优点，但也面临着电解槽成本高、水质要求高等缺点。固体氧化物电解水则需要在高温下工作，电解槽的材料受限制较多。

[0003] 目前的碱性液体电解制氢和固体聚合物电解水制氢产生的气体都是和电解液混合在一起，通过公共管道排出电解槽的，在电解槽外面需要设置分水器进行气水分离，并将分离后的电解液通过泵输送到电解槽入口进行回收利用；当电解槽是在一定气压下工作时，电解液的进料端通常还需要用增压泵进行补水，气液在电池外部进行分离增加了系统的复杂度，气液混合在一起使传递到电极表面的水浓度降低，从而限制了电解的电流密度，使得产气速率受到限制。

[0004] 专利申请公开文件(申请号:201710818230.2)中公开了一种使用膜电极产生氢气和氧气的装置，利用阳极室内设有的透气不透水膜，使得阳极产生的气体能直接通过该膜排出。该装置的导气阻水膜设置在阳极板下方，由于其电绝缘性，该装置只适用于单节电池；导气阻水膜设置在阳极室内，对于阴极室内的气水分离没有帮助，且结构松散，不适用于目前要求结构紧凑的大规模水电解电堆，没有解决多节电池堆叠时的电流贯通传导问题。

发明内容

[0005] 针对上述问题，本发明通过在阳极板或阴极板上设置通孔，并在通孔上覆盖导气阻水膜，以及在阳极板和阴极板之间设置中间腔，从而得到了集导气、导电、阻水功能于一体的具有内部气水分离功能的电解水双极板。

[0006] 具体发明内容如下：

[0007] 一方面，本发明提供了一种水电解双极板，所述双极板包括阳极板和阴极板，所述阳极板和/或阴极板上设有一个或多个通孔；所述通孔处覆盖有导气阻水膜；

[0008] 所述阳极板和阴极板中的一个设有通孔时，所述阳极板和阴极板之间设有一个中间腔；

[0009] 所述阳极板和阴极板都设有通孔时，所述阳极板和阴极板之间设有两个通过导电板上下隔开的中间腔；

[0010] 所述中间腔和导气阻水膜相配合用于实现双极板内部气水分离。

[0011] 优选地，所述中间腔通过中间腔两侧的导电板自带沟槽流场搭建形成、或通过在中间腔两侧的导电板之间填充导电材料形成。

[0012] 优选地，所述导电材料为碳纸、碳布、金属密纹网、泡沫金属材料、金属粉末烧结材料、膨胀石墨中的一种，使中间腔的上下板具有良好的电连接。

[0013] 优选地，所述阳极板或阴极板材质为碳、铁、不锈钢、铜、铝、钛、金、银、铂、钯中的一种；所述阳极板或阴极板表面设有耐腐蚀涂层以增强耐蚀性。

[0014] 优选地，所述通孔为多个时，各通孔均匀分布于所述阳极板或阴极板表面，以有利于生成气体的排出，所述通孔处于双极板的有效面积中；所述通孔的总面积与所在整个阳极板或阴极板的有效面积之比为0.001-0.99。

[0015] 优选地，所述导气阻水膜的材质为聚四氟乙烯、聚偏氟乙烯、憎水聚乙烯、憎水聚丙烯、憎水聚砜、憎水无纺布中的一种；所述导气阻水膜的阻水能力下限为：膜两侧的压力差为0.01MPa时，水不能透过膜。

[0016] 优选地，所述通孔的四周用于和导气阻水膜密封的区域，进行减薄，所述导气阻水膜覆盖于所述通孔的四周时，所述导气阻水膜的上表面与所述阳极板或阴极板表面齐平，从而使导电区域与扩散层紧密接触，减小接触电阻。

[0017] 另一方面，本发明提供了一种水电解装置，所述装置包括水电解电堆，所述电堆由端板、集流板、依次重复堆叠的{双极板、扩散层、膜电极、扩散层}、双极板、集流板、端板顺次堆叠并组装形成；所述电堆中所用的双极板为前述的双极板；

[0018] 所述电堆组装后，所述阳极板与膜电极之间通过扩散层形成氧腔；所述阴极板与膜电极之间通过扩散层之间形成氢腔；所述氧腔、中间腔、氢腔各自通过独立的公共管道连通并在电堆外部设有接口，即氧腔接口、中间腔接口和氢腔接口；

[0019] 所述装置还包括水箱；所述水箱与氧腔接口和/或氢腔接口相连通。

[0020] 优选地，所述扩散层为导水导电多孔材料，所述导水导电多孔材料的材质为碳纸、微孔石墨、泡沫金属材料、金属粉末烧结形成的微孔材料中的一种；所述扩散层的厚度为0.1-5mm。

[0021] 优选地，所述水电解为碱性液体水电解或PEM水电解。

[0022] 上述水电解装置的工作方法为：

[0023] 所述阳极板设有通孔，通孔覆盖有导气阻水膜时：所述氧腔接口与水箱相连形成密闭腔体，所述氧腔中充满水；所述电堆通过外部电源进行水电解，电解生成的氧气通过阳极板上的导气阻水膜进入中间腔排出，电解生成的氢气在氢腔中通过公共管道排出；

[0024] 所述阴极板设有通孔，通孔覆盖有导气阻水膜时：所述氢腔接口与水箱相连形成密闭腔体，所述氢腔中充满水；所述电堆通过外部电源进行水电解，电解生成氢气通过阴极板上的导气阻水膜进入中间腔排出，电解生成的氧气在氧腔中通过公共管道排出；

[0025] 所述阳极板和阳极板都设有通孔，通孔覆盖有导气阻水膜时：所述氧腔接口和/或氢腔接口与水箱相连形成密闭腔体，所述氧腔和/或氢腔中充满水；所述电堆通过外部电源进行水电解，电解生成氧气通过阳极板上的导气阻水膜进入与阳极板相邻的中间腔排出，电解生成的氢气通过阴极板上的导气阻水膜进入与阴极板相邻的中间腔排出。

[0026] 具体地，当反应水和氧气在同一个腔中，需要将氧气分离到中间的腔中时，则通过阳极板上的导气阻水膜实现内部气水分离；当反应水和氢气在同一个腔中，需要将氢气分

离到中间的腔中时，则通过阴极板上的导气阻水膜实现内部气水分离；当阳极板和阳极板都设有导气阻水膜时，可以同时实现氧水分离和氢水分离。

[0027] 氧气腔连接水箱和/或氢气腔连接水箱后，需要构成密闭腔体，当电解产生气体使压力升高时，压差的存在使得气体通过导气阻水膜进入中间腔而排出；电解开始前，氧气腔和氢气腔中至少有一个腔是充水的。

[0028] 有益效果

[0029] 1．通过本发明提供的双极板，水电解产气在电池内部直接分离，水电解池的出口不需要气水分离器，简化了水电解系统的结构。

[0030] 2．本发明提供的水电解装置，水箱直接与氧腔连接，为一体的密封的结构，依靠产气产生的压力可以使水直接传导至膜电极表面，即电解池的入口不需要循环水泵进行补水，即实现了被动式补水，简化了系统结构。

[0031] 3．通过本发明提供的双极板，产气直接分离，使电极直接大面积与水接触，从而可以大幅度提高电解电流密度。

[0032] 4.本发明提供的水电解装置，解决了内部气水分离下多节单池堆叠组装成电堆时的电流贯通传导问题，电堆结构紧凑，适用于大功率制氢。

附图说明

[0033] 图1 设有通孔的阳极板结构，中间长条部分为通孔，四周阴影部分减薄但不挖空，用于进行密封；

[0034] 图2为含有一个中间腔的双极板结构，中间腔通过上下板上设置的沟槽流场搭建出来(沟槽流场图中未画出)；

[0035] 图3为含有两个中间腔的双极板结构，中间腔均通过上下板上设置的沟槽流场搭建出来(沟槽流场图中未画出)；

[0036] 图4为实施例1中电解水电堆的平均单池性能；

[0037] 图中，1、阳极板；2、阴极板；3、导气阻水膜；4、导电隔板。

具体实施方式

[0038] 实施例1

[0039] 本发明提供的一种具有内部气水分离功能的电解水双极板，从上到下依次为阳极板1、中间腔和阴极板2，中间腔通过阳极板1和阴极板2上设置的沟槽流场搭建出来(沟槽流场图中未画出)。阳极板1为设有一个方形孔的不锈钢板(如图1所示)，孔的四周用硅橡胶胶皮密封，并将具有导气阻水功能的多孔聚四氟乙烯(PTFE)薄膜固定在孔四周的密封面上，阴极板2为导电不锈钢薄板，双极板结构如图2所示。

[0040] 使用该双极板组装电解槽后(电解槽中的电堆只包括一个单池)，阴极板2与膜电极之间通过气体扩散层形成氢腔，氢腔采用膨胀石墨作为气体扩散层。通过该电堆进行电解水制氢/氧气测试，考察双极板的性能及实际水电解电堆的运行效果。电堆的极化曲线见图4，500mA/cm^2平均单池电压为1.64V，1000mA/cm^2平均单池电压为1.69V，2000 mA/cm^2平均单池电压为1.81V。电堆运行5个月，累积运行时间1000 h，中间腔的产气中始终没有液态水，表明内部分气的功能的双极板结构发挥了作用，并表明该电解槽具有良好的性能及稳

定性。然而，随着运行时间延长，氢气腔中出现了少量的液体水，这是因为氢离子传输时是以水合离子的形式传输，即电拖曳导致水从阳极迁移到阴极。因此，需要对这部分水进行分离和回收利用。

[0041] 实施例2

[0042] 为了将氢气腔的水也直接分离出来，通过在双极板中设置两个中间腔，即与阳极板1相邻的中间腔I和与阴极板2相邻的中间腔II，从而使氢气和氧气在电池内部分离。此时，双极板结构如图3所示，中间腔I和中间腔II各自通过上下板上设置的沟槽流场搭建出来(沟槽流场图中未画出)。图3中，阳极板1上设置有3个通孔，这是为了使电解产生的氧气能顺利从氧腔分离出来，从而减少氧气在氧腔的累积，使得水更容易到达电极表面发生电解，减少传质极化。采用该双极板组装电解槽，结构与实施例1相同。电解槽在中间腔I中和中间腔II中获得的气体均没有液态水(忽略不同温度下饱和蒸汽压不同导致的冷凝水)。电解电流密度在3000mA/cm^2时，电解槽稳定工作，而且没有出现明显的传质极化。

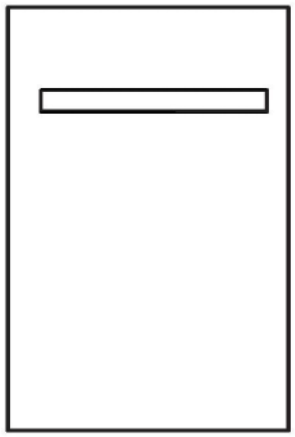


图1

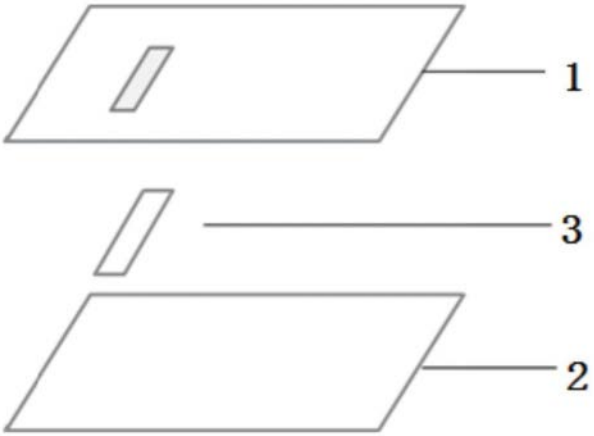


图2

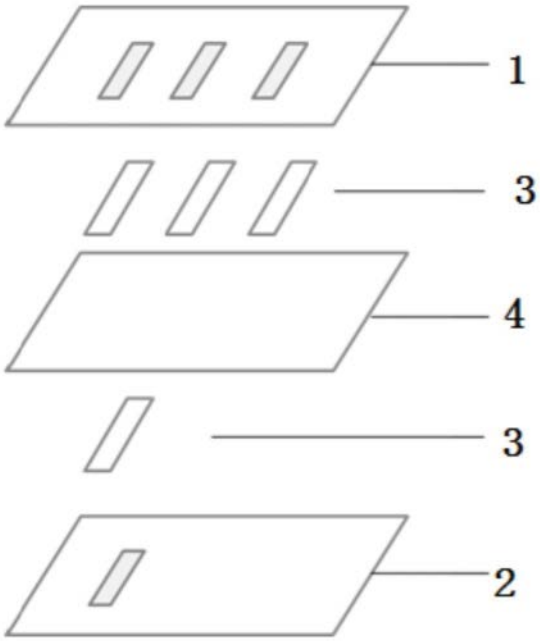

1
3
4
3
2

图3

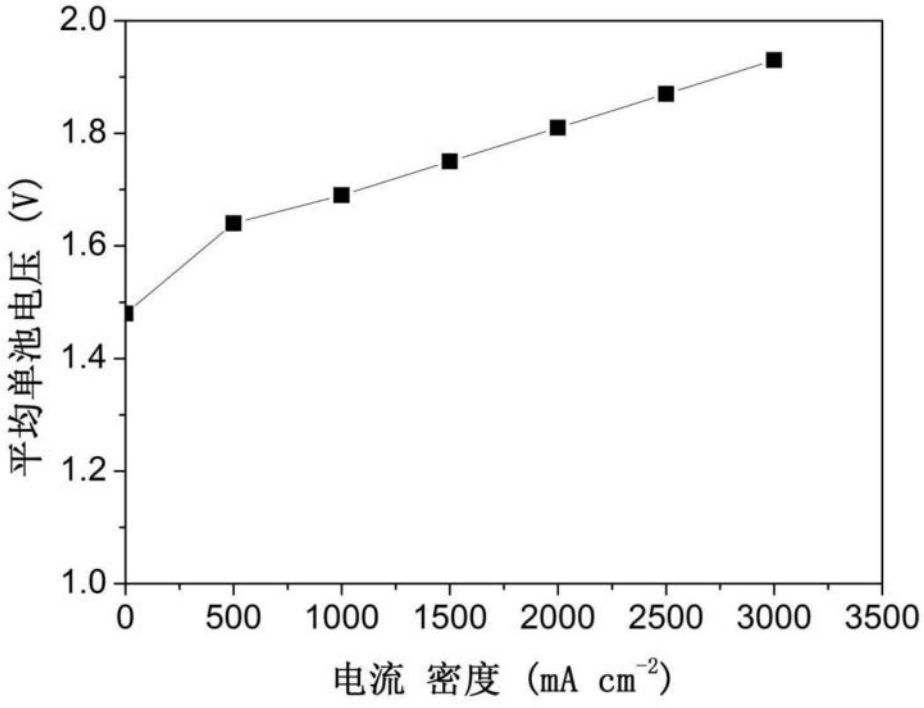

2.0
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
平均单池电压（V）
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
电流 密度 (mA cm-2)

图4