



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110552016 B

(45) 授权公告日 2024. 09. 06

(21) 申请号 201910427226.2

(22) 申请日 2019.05.22

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110552016 A

(43) 申请公布日 2019.12.10

(30) 优先权数据  
2018-103543 2018.05.30 JP

(73) 专利权人 松下知识产权经营株式会社  
地址 日本大阪府

(72) 发明人 胁田英延 鹤饲邦弘 酒井修

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所  
11247  
专利代理师 段承恩 杨光军

(51) Int. Cl.

G25B 1/04 (2021.01)

G25B 9/19 (2021.01)

G25B 9/65 (2021.01)

H01M 8/0656 (2016.01)

H01M 8/04119 (2016.01)

H01M 8/04089 (2016.01)

(56) 对比文件

US 2004211679 A1, 2004.10.28

US 6376111 B1, 2002.04.23

审查员 睦乐萍

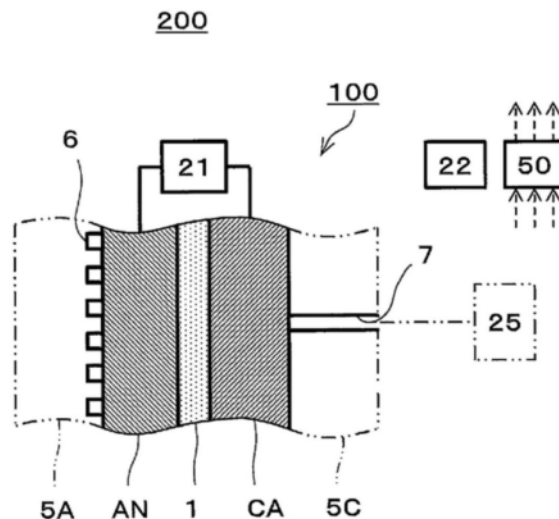
权利要求书2页 说明书16页 附图5页

(54) 发明名称

氢气供给系统和氢气供给系统的运行方法

(57) 摘要

本公开提供一种氢气供给系统,具备电化学式氢气泵、湿度调整器和控制器,电化学式氢气泵具备:质子传导性电解质膜;设置在该电解质膜一侧的主面的阳极;设置在阳极上、供氢气流动的阳极流路;设置在该电解质膜另一侧的主面的阴极;设置在阴极上、供氢气流动的阴极流路;以及对阳极与阴极之间施加电压的电压施加器,利用电压施加器施加电压,由此将经由阳极流路供给到阳极的氢气向阴极升压输送,将阴极流路内的被升压了的氢气向氢气储存器供给,湿度调整器调整阳极流路和阴极流路中的至少一者的湿度,在相对湿度小于100%的氢气向阳极流路供给,电化学式氢气泵运行时,控制器执行控制:控制湿度调整器使阳极流路和阴极流路中的至少一者的湿度增加。



1. 一种氢气供给系统,具备电化式氢气泵、湿度调整器和控制器,所述电化式氢气泵具备:  
质子传导性电解质膜;  
设置在所述质子传导性电解质膜的一侧的主面的阳极;  
设置在所述阳极上、供氢气流动的阳极流路;  
设置在所述质子传导性电解质膜的另一侧的主面的阴极;  
设置在所述阴极上、供氢气流动的阴极流路;以及  
对所述阳极与所述阴极之间施加电压的电压施加器,  
利用所述电压施加器施加电压,由此将经由所述阳极流路供给到所述阳极的氢气向所述阴极升压输送,将所述阴极流路内的进行了所述升压的氢气向氢气储存器供给,  
所述湿度调整器调整所述阳极流路和所述阴极流路中的至少一者的湿度,  
在相对湿度小于100%的氢气向所述阳极流路供给,所述电化式氢气泵运行时,所述控制器执行控制:控制所述湿度调整器使所述阳极流路和所述阴极流路中的至少一者的湿度增加,

当对所述阳极与所述阴极之间施加的电压增加时,所述控制器执行所述控制。

2. 一种氢气供给系统,具备电化式氢气泵、湿度调整器和控制器,所述电化式氢气泵具备:  
质子传导性电解质膜;  
设置在所述质子传导性电解质膜的一侧的主面的阳极;  
设置在所述阳极上、供氢气流动的阳极流路;  
设置在所述质子传导性电解质膜的另一侧的主面的阴极;  
设置在所述阴极上、供氢气流动的阴极流路;以及  
对所述阳极与所述阴极之间施加电压的电压施加器,  
利用所述电压施加器施加电压,由此将经由所述阳极流路供给到所述阳极的氢气向所述阴极升压输送,将所述阴极流路内的进行了所述升压的氢气向氢气储存器供给,  
所述湿度调整器调整所述阳极流路和所述阴极流路中的至少一者的湿度,  
在相对湿度小于100%的氢气向所述阳极流路供给,所述电化式氢气泵运行时,所述控制器执行控制:控制所述湿度调整器使所述阳极流路和所述阴极流路中的至少一者的湿度增加,

当所述电化式氢气泵的运行时间的累计值增加时,所述控制器执行所述控制。

3. 一种氢气供给系统,具备电化式氢气泵、湿度调整器和控制器,所述电化式氢气泵具备:  
质子传导性电解质膜;  
设置在所述质子传导性电解质膜的一侧的主面的阳极;  
设置在所述阳极上、供氢气流动的阳极流路;  
设置在所述质子传导性电解质膜的另一侧的主面的阴极;  
设置在所述阴极上、供氢气流动的阴极流路;以及  
对所述阳极与所述阴极之间施加电压的电压施加器,  
利用所述电压施加器施加电压,由此将经由所述阳极流路供给到所述阳极的氢气向所

述阴极升压输送,将所述阴极流路内的进行了所述升压的氢气向氢气储存器供给,

所述湿度调整器调整所述阳极流路和所述阴极流路中的至少一者的湿度,

在相对湿度小于100%的氢气向所述阳极流路供给,所述电化学式氢气泵运行时,所述控制器执行控制:控制所述湿度调整器使所述阳极流路和所述阴极流路中的至少一者的湿度增加,

当对所述阳极与所述阴极之间施加的电压降低时,所述控制器停止所述控制。

4. 根据权利要求1~3中任一项所述的氢气供给系统,所述控制器间歇地执行所述控制。

5. 一种氢气供给系统的运行方法,具备以下步骤:

步骤(a),在具备质子传导性电解质膜、设置在所述质子传导性电解质膜的一侧的主面的阳极、以及设置在所述质子传导性电解质膜的另一侧的主面的阴极的电化学式氢气泵中,通过对所述阳极与所述阴极之间施加电压,将被供给到所述阳极的氢气向所述阴极升压输送;

步骤(b),将所述阴极的进行了所述升压的氢气向氢气储存器供给;以及

步骤(c),在所述步骤(a)中,相对湿度小于100%的氢气向所述阳极供给时,使所述阳极和所述阴极中的至少一者的湿度增加,

当对所述阳极与所述阴极之间施加的电压增加时,执行所述步骤(c)。

6. 一种氢气供给系统的运行方法,具备以下步骤:

步骤(a),在具备质子传导性电解质膜、设置在所述质子传导性电解质膜的一侧的主面的阳极、以及设置在所述质子传导性电解质膜的另一侧的主面的阴极的电化学式氢气泵中,通过对所述阳极与所述阴极之间施加电压,将被供给到所述阳极的氢气向所述阴极升压输送;

步骤(b),将所述阴极的进行了所述升压的氢气向氢气储存器供给;以及

步骤(c),在所述步骤(a)中,相对湿度小于100%的氢气向所述阳极供给时,使所述阳极和所述阴极中的至少一者的湿度增加,

当所述电化学式氢气泵的运行时间的累计值增加时,执行所述步骤(c)。

7. 一种氢气供给系统的运行方法,具备以下步骤:

步骤(a),在具备质子传导性电解质膜、设置在所述质子传导性电解质膜的一侧的主面的阳极、以及设置在所述质子传导性电解质膜的另一侧的主面的阴极的电化学式氢气泵中,通过对所述阳极与所述阴极之间施加电压,将被供给到所述阳极的氢气向所述阴极升压输送;

步骤(b),将所述阴极的进行了所述升压的氢气向氢气储存器供给;以及

步骤(c),在所述步骤(a)中,相对湿度小于100%的氢气向所述阳极供给时,使所述阳极和所述阴极中的至少一者的湿度增加,

当对所述阳极与所述阴极之间施加的电压降低时,停止所述步骤(c)。

## 氢气供给系统和氢气供给系统的运行方法

### 技术领域

[0001] 本公开涉及氢气供给系统和氢气供给系统的运行方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,从提高燃料效率、利用无碳燃料的观点出发,利用由燃料电池发电产生的电力驱动发动机从而行驶的燃料电池车受到关注,并且已经投放市场。

[0003] 但是,在燃料电池车的普及上,需要配备用于供给作为燃料的氢气的基础设施,在全国范围内能够广泛设置多少氢气站成为一个课题。至今为止,作为氢气站,采用变压吸附法(PSA)将氢气纯化和压缩的方法等,但设备的大型化和巨大的安装成本等已经成为氢气站在全国展开的阻碍。

[0004] 在即将到来的氢气社会中,不仅需要制造氢气,还需要开发能够以高密度储存氢气、以小容量且低成本运输或利用氢气的技术。特别是为了促进作为分散型能源的燃料电池的普及,需要配备燃料供给基础设施。

[0005] 因此,为了通过燃料供给基础设施稳定地供给氢气,已提出各种将高纯度的氢气纯化和升压的方案。

[0006] 例如专利文献1中记载了通过对氢气纯化升压系统的阳极与阴极之间施加电压,从而将氢气纯化和升压。具体而言,通过阳极与阴极之间的电压施加,在电流流动于电解质膜时,阳极的低压的氢气( $H_2$ )成为质子( $H^+$ ),质子伴随水分子在电解质膜中从阳极向阴极移动,并在阴极恢复成为高压的氢气( $H_2$ )。再者,将阳极、电解质膜和阴极的层叠结构体称为膜电极接合体(以下简称为MEA:Membrane Electrode Assembly)。

[0007] 专利文献2中提出一种氢气制造系统,通过对具备固体高分子形的电解质膜的MEA的阳极与阴极之间施加电压,将被供给到阳极侧的水电解,由此在阳极侧制造氧气,在阴极侧制造氢气。

[0008] 非专利文献1中提出一种氢气升压装置,通过将干燥状态的氢气向阳极供给,并且利用设置于阴极的储水部使电解质膜成为湿润状态,由此在阴极将氢气升压。

[0009] 在先技术文献

[0010] 专利文献1:日本特开2015-117139号公报

[0011] 专利文献2:日本特许第5455874号公报

[0012] 非专利文献1:Y.Hao,H.Nakajima,H.Yoshizumi,A.Inada,K.Sasaki,K.Ito, International Journal of Hydrogen Energy,41(2016)13879.

### 发明内容

[0013] 发明要解决的课题

[0014] 但是,以往的例子中,对于电化式氢气泵运行中的质子传导性电解质膜的含水率降低的问题没有充分研究。

[0015] 本公开的一技术方案(aspect)是鉴于这样的情况而完成的,提供一种与以往相比

能够减轻电化学式氢气泵运行中的质子传导性电解质膜的含水率降低的氢气供给系统。另外,本公开的一技术方案提供这样的氢气供给系统的运行方法。

[0016] 用于解决课题的手段

[0017] 为解决上述课题,本公开的一技术方案涉及的氢气供给系统,具备电化学式氢气泵、湿度调整器和控制器,所述电化学式氢气泵具备:质子传导性电解质膜;设置在所述质子传导性电解质膜的一侧的主面的阳极;设置在所述阳极上、供氢气流动的阳极流路;设置在所述质子传导性电解质膜的另一侧的主面的阴极;设置在所述阴极上、供氢气流动的阴极流路;以及对所述阳极与所述阴极之间施加电压的电压施加器,利用所述电压施加器施加电压,由此将经由所述阳极流路供给到所述阳极的氢气向所述阴极升压输送,将所述阴极流路内的进行了所述升压的氢气向氢气储存器供给,所述湿度调整器调整所述阳极流路和所述阴极流路中的至少一者的湿度,在相对湿度小于100%的氢气向所述阳极流路供给,所述电化学式氢气泵运行时,所述控制器执行控制:控制所述湿度调整器使所述阳极流路和所述阴极流路中的至少一者的湿度增加。

[0018] 另外,本公开的一技术方案涉及的氢气供给系统的运行方法,具备以下步骤:步骤(a),在具备质子传导性电解质膜、设置在所述质子传导性电解质膜的一侧的主面的阳极、以及设置在所述质子传导性电解质膜的另一侧的主面的阴极的电化学式氢气泵中,通过对所述阳极与所述阴极之间施加电压,将被供给到所述阳极的氢气向所述阴极升压输送;步骤(b),将所述阴极的进行了所述升压的氢气向氢气储存器供给;以及步骤(c),在所述步骤(a)中,相对湿度小于100%的氢气向所述阳极供给时,使所述阳极和所述阴极中的至少一者的湿度增加。

[0019] 发明的效果

[0020] 本公开的一技术方案涉及的氢气供给系统和氢气供给系统的运行方法,发挥与以往相比能够减轻电化学式氢气泵运行中的质子传导性电解质膜的含水率降低的效果。

## 附图说明

[0021] 图1是表示对于将高露点的氢气向阳极供给的情况和将干燥状态的氢气向阳极供给的情况,将对MEA的阳极与阴极之间施加的电压和MEA的IR损失的变化进行绘制的实验结果的一例的图。

[0022] 图2是表示实施方式的氢气供给系统的一例的图。

[0023] 图3A是表示实施方式的氢气供给系统的电化学式氢气泵的一例的图。

[0024] 图3B是表示实施方式的氢气供给系统的电化学式氢气泵的一例的图。

[0025] 图4是表示实施方式的第1实施例的氢气供给系统的一例的图。

[0026] 图4A是表示实施方式的第1实施例的氢气供给系统的运行方法的一例的图。

[0027] 图4B是表示实施方式的第1实施例的氢气供给系统的运行方法的一例的图。

[0028] 图4C是表示实施方式的第1实施例的氢气供给系统的运行方法的一例的图。

[0029] 图4D是表示实施方式的第1实施例的氢气供给系统的运行方法的一例的图。

[0030] 附图标记说明

[0031] 1:电解质膜

[0032] 2A:阳极催化剂层

- [0033] 2C:阴极催化剂层
- [0034] 3A:阳极气体扩散层
- [0035] 3C:阴极气体扩散层
- [0036] 5A:阳极隔板
- [0037] 5C:阴极隔板
- [0038] 6:阳极流路
- [0039] 6<sub>IN</sub>:阳极入口
- [0040] 6<sub>OUT</sub>:阳极出口
- [0041] 7:阴极流路
- [0042] 14:止回阀
- [0043] 15:三通阀
- [0044] 16:三通阀
- [0045] 17:开闭阀
- [0046] 18:开闭阀
- [0047] 19:开闭阀
- [0048] 21:电压施加器
- [0049] 22:湿度调整器
- [0050] 22A:发泡罐
- [0051] 23:氢气供给器
- [0052] 24:冷凝器
- [0053] 25:氢气储存器
- [0054] 26:氢气供给路径
- [0055] 26A:路径
- [0056] 26B:路径
- [0057] 26C:旁通路径
- [0058] 27:循环路径
- [0059] 28:氢气导出路径
- [0060] 31:阳极气体扩散板
- [0061] 31A:中央部分
- [0062] 31B:周边部分
- [0063] 33:密封件
- [0064] 50:控制器
- [0065] 100:电化学式氢气泵
- [0066] 200:氢气供给系统
- [0067] AN:阳极
- [0068] CA:阴极

### 具体实施方式

[0069] 一直以来期望以高效率利用氢能源,电化学式氢气泵的氢气升压工作的效率提高

至关重要。在此,质子传导性电解质膜(以下称为电解质膜)例如为高分子电解质膜的情况下,该高分子电解质膜在湿润状态下显示出期望的质子传导性。因此,为了将电化学式氢气泵的氢气升压工作的效率维持期望的值,需要将电解质膜保持湿润状态。

[0070] 因此,一直以来大多采取通过加湿器将向电化学式氢气泵的阳极供给的氢气预先加湿的技术构成。

[0071] 例如,通过控制加湿器的温度,能够调整从加湿器通过的气体中的水分量。由此,将从加湿器通过的湿润状态的氢气向电化学式氢气泵的阳极供给,从而能够利用氢气中的水分将电解质膜维持湿润状态。但是,该情况下,例如如果将阳极出口密封,将该氢气全部从阳极向阴极升压输送,则有可能在阳极的催化剂层和气体扩散层中引起溢流(flooding;由气体流路的水导致的堵塞现象)。如果产生这样的溢流,则电化学式氢气泵的氢气扩散性被阻碍,因此在电化学式氢气泵中,为了确保期望的质子移动的泵工作所需的电压增加。其结果,电化学式氢气泵的氢气升压工作的效率降低。

[0072] 与此相对,如非专利文献1那样,如果在运行前将水储存在电化学式氢气泵内的适当场所(例如阴极的隔板等),然后将阳极出口密封,则即使将干燥状态的氢气向电化学式氢气泵的阳极供给,也能够将氢气全部从阳极向阴极升压输送。另外,此时能够在不使电化学式氢气泵内的水向外部排出的状态下,将电解质膜保持湿润状态。

[0073] 但是,在电化学式氢气泵的实际的使用方式中,常常将被电化学式氢气泵升压了的氢气暂时储存在氢气储存器中。该情况下,在从电化学式氢气泵向氢气储存器供给氢气时,存在于电化学式氢气泵内的水会向电化学式氢气泵外移动。该水例如通过适当的冷凝器等从氢气中被除去。由此,存在于电化学式氢气泵内的水的量随着电化学式氢气泵的运行时间的经过而逐渐减少。

[0074] 由此,在采取以上的电化学式氢气泵的使用方式的情况下,即使将电解质膜保持为湿润状态,在将低露点的氢气或干燥状态的氢气向电化学式氢气泵的阳极供给时,电解质膜的含水率也都会降低。

[0075] 因此,对于为了验证以上的电解质膜的含水率降低以及为了提出改善这样的电解质膜的含水率降低的方法而进行的实验进行说明。

[0076] 图1是表示对于将高露点的氢气向阳极供给的情况和将干燥状态的氢气向阳极供给的情况,将对MEA的阳极与阴极之间施加的电压和MEA的IR损失的变化进行绘制的实验结果的一例的图。

[0077] 本实验中使用的MEA中,将直径约为67mm左右的实施了镀铂的Ti(钛)粉末烧结体用于阳极气体扩散层,将直径约为67mm左右的实施了镀铂的Ti纤维烧结体用于阴极气体扩散层。

[0078] 本实验中,在MEA的预定的温度(在此为40°C)下,进行将MEA的阴极的气体压力从预定的初始压力升压至高压(在此约为19MPa左右)的氢气升压工作。该MEA的氢气升压工作中,使阳极的气体压力固定为0.2MPa,对MEA的阳极与阴极之间施加预定的电压,以使得在MEA的阳极与阴极之间流动以电流密度换算为1A/cm<sup>2</sup>的恒定的电流。于是,通过向MEA的阳极供给氢气之后将MEA的阴极密封,阴极的气体压力随着时间的经过而从初始压力开始逐渐上升。

[0079] 在此,首先打开阴极出口,在MEA的阴极的压力通过调压器为常压下排出氢气,并

且以向MEA的阳极入口供给的氢气(H<sub>2</sub>)的露点与MEA的温度大致相等(即、MEA内的氢气的相对湿度大致成为100%)的方式,将完全加湿的氢气向MEA的阳极供给。此时,也打开阳极出口。通过使上述电流在MEA的阳极与阴极之间流动而使MEA工作,进行控制以使被供给到MEA的阳极的氢气之中的约75%向MEA的阴极升压输送。也就是说,将被供给到阳极的氢气之中的约25%与水一起从阳极出口排出。

[0080] 在以上的状态下使MEA工作大约1小时左右之后,将向MEA的阳极供给的氢气从湿润状态的氢气更换为干燥状态的氢气,以使得氢气(H<sub>2</sub>)的露点成为大约-70°C左右,并且将阴极出口密封,由此开始进行MEA的氢气升压工作。再者,此时的升压速度大约为0.7MPa/min左右。再者,在图1中方便起见而将露点设为0°C,但实际上如上所述大约为-70°C。

[0081] 其结果,如图1的虚线部A所示,在大约9Mpa左右的阴极的气体压力下,MEA的IR损失和电压显示出上升倾向。由此认为MEA的电解质膜的含水率降低了。

[0082] 因此,在MEA的IR损失和电压显示出上升倾向之后,将向MEA的阳极供给的氢气从干燥状态的氢气更换为与上述相同的湿润状态的氢气。于是,如图1的虚线部B所示,在大约17Mpa左右的阴极的气体压力下,MEA的IR损失和电压显示出下降倾向。由此认为MEA的电解质膜的含水率上升了。

[0083] 在MEA的IR损失和电压显示出下降倾向之后,将向MEA的阳极供给的氢气再次从湿润状态的氢气更换为与上述同样的干燥状态的氢气,继续进行MEA的氢气升压工作,将阴极升压至大约19Mpa左右,结束本实验。

[0084] 再者,这样的MEA的结构和实验条件等只是例示,并不限于本例。

[0085] 通过以上,即使从MEA的氢气升压工作前将电解质膜保持为湿润状态,在向MEA的阳极供给干燥状态的氢气,并且例如从阳极出口向MEA的外部排出氢气的情况下,如图1的虚线部A所示,通过实验确认了MEA的电解质膜的含水率降低。再者,本实验中,验证了从阳极出口向MEA的外部排出氢气的情况下的MEA的电解质膜的含水率降低,但认为在从阴极出口向MEA的外部排出氢气的情况下MEA的电解质膜的含水率也同样会降低。

[0086] 另外,即使MEA的电解质膜的含水率降低,如图1的虚线部B所示,通过实验确认了将湿润状态的氢气向MEA的阳极供给,由此能够改善MEA的电解质膜的含水率。

[0087] 如上所述,本发明人发现即使从电化学式氢气泵的氢气升压工作前将电解质膜保持为湿润状态,在将低露点的氢气或干燥状态的氢气向电化学式氢气泵的阳极供给的情况下,虽然能够进行MEA的氢气升压工作,但在电化学式氢气泵的运行中,电解质膜的含水率有可能降低。另外发现此时通过增加向MEA的阳极供给的氢气的湿度,能够改善电解质膜的含水率降低。在此,低露点的氢气是指露点为室温以下的含氢气的气体。室温具体是指300K(27°C)。关于该含氢气的气体中的氢气浓度,可以是在除去水蒸气的干燥状态下的氢气浓度为99质量%以上的纯氢气,也可以是氢气浓度为10%~99%左右的粗纯化氢气。另外,干燥状态的氢气是指露点为-60°C以下的含氢气的气体。关于该含氢气的气体中的氢气浓度,可以是在除去水蒸气的干燥状态下的氢气浓度为99质量%以上的纯氢气,也可以是氢气浓度为10%~99%左右的粗纯化氢气。

[0088] 即、本公开的第1技术方案涉及的氢气供给系统,具备电化学式氢气泵、湿度调整器和控制器,

[0089] 电化学式氢气泵具备:质子传导性电解质膜;设置在质子传导性电解质膜的一侧

的主面的阳极;设置在阳极上、供氢气流动的阳极流路;设置在质子传导性电解质膜的另一侧的主面的阴极;设置在阴极上、供氢气流动的阴极流路;以及对阳极与阴极之间施加电压的电压施加器,利用电压施加器施加电压,由此将经由阳极流路供给到阳极的氢气向阴极升压输送,将阴极流路内的升压了的氢气向氢气储存器供给,

[0090] 湿度调整器调整阳极流路和阴极流路中的至少一者的湿度,

[0091] 在相对湿度小于100%的氢气向阳极流路供给,电化学式氢气泵运行时,控制器执行控制:控制湿度调整器使阳极流路和阴极流路中的至少一者的湿度增加。

[0092] 根据该技术构成,本技术方案涉及的氢气供给系统与以往相比能够减轻电化学式氢气泵的运行中的质子传导性电解质膜的含水率降低。

[0093] 具体而言,本技术方案涉及的氢气供给系统,通过使阳极流路和阴极流路中的至少一者的湿度适时增加的控制,在从电化学式氢气泵向氢气储存器供给氢气时,能够抑制由于水向电化学式氢气泵外移动而引起的质子传导性电解质膜的含水率降低。

[0094] 由此,本技术方案涉及的氢气供给系统,在电化学式氢气泵中,能够抑制由于质子传导性电解质膜的含水率降低而引起的泵工作所需的电压增加,因此能够将电化学式氢气泵的氢气升压工作维持高效率。

[0095] 在此,上述“相对湿度”是指包含质子传导性电解质膜、阳极和阴极的MEA的温度下的相对湿度。另外,在阳极流路和阴极流路中流动氢气,但氢气浓度可以不是100%。只要流动含氢气的气体即可。

[0096] 另外,本公开的另一技术方案涉及的氢气供给系统的运行方法,具备以下步骤:

[0097] 步骤(a),在具备质子传导性电解质膜、设置在质子传导性电解质膜的一侧的主面的阳极、以及设置在质子传导性电解质膜的另一侧的主面的阴极的电化学式氢气泵中,通过对阳极与阴极之间施加电压,将被供给到阳极的氢气向阴极升压输送;

[0098] 步骤(b),将阴极的升压了的氢气向氢气储存器供给;以及

[0099] 步骤(c),在步骤(a)中,相对湿度小于100%的氢气向阳极供给时,使阳极和阴极中的至少一者的湿度增加。

[0100] 由此,本技术方案涉及的氢气供给系统的运行方法与以往相比能够减轻电化学式氢气泵的运行中的质子传导性电解质膜的含水率降低。

[0101] 具体而言,本技术方案涉及的氢气供给系统的运行方法,通过使阳极和阴极中的至少一者的湿度适时增加的步骤(c),在从电化学式氢气泵向氢气储存器供给氢气时,能够抑制由于水向电化学式氢气泵外移动而引起的质子传导性电解质膜的含水率降低。

[0102] 由此,本技术方案涉及的氢气供给系统的运行方法,在电化学式氢气泵中,能够抑制由于质子传导性电解质膜的含水率降低而引起的泵工作所需的电压增加,因此能够将电化学式氢气泵的氢气升压工作维持高效率。

[0103] 在此,上述“相对湿度”是指包含质子传导性电解质膜、阳极和阴极的MEA的温度下的相对湿度。

[0104] 另外,本公开的第2技术方案涉及的氢气供给系统,在第1技术方案涉及的氢气供给系统的基础上,控制器可以间歇地执行上述控制。

[0105] 在电化学式氢气泵内的氢气始终为湿润状态的情况下,电化学式氢气泵内的水分量有可能过剩。如果电化学式氢气泵内的水分量过剩,则有可能在电化学式氢气泵中引起

溢流。但是,本技术方案涉及的氢气供给系统,通过间歇地执行使阳极流路和阴极流路中的至少一者的湿度增加的控制,能够降低这样的可能性。

[0106] 另外,本公开的第3技术方案涉及的氢气供给系统,在第1技术方案涉及的氢气供给系统的基础上,可以设为当电化学式氢气泵的运行时间的累计值增加时,控制器执行使阳极流路和阴极流路中的至少一者的湿度增加的控制。

[0107] 在通过冷凝器从电化学式氢气泵中将与氢气一起移动的水除去的情况下,由冷凝器除去的水量取决于从冷凝器通过的氢气的温度、压力和体积。另外,从冷凝器通过的氢气的累计量取决于电化学式氢气泵的运行时间的累计值。由此,本技术方案涉及的氢气供给系统中,控制器能够基于电化学式氢气泵的运行时间的累计值的增加,适时执行上述控制。

[0108] 由图1的虚线部A可知,通过检测阳极与阴极之间的电阻以及对阳极与阴极之间施加的电压中的至少一者的增加,能够确定氢气的湿度增加的开始时刻。

[0109] 因此,本公开的第4技术方案涉及的氢气供给系统,在第1技术方案涉及的氢气供给系统的基础上,可以设为当阳极与阴极之间的电阻以及对阳极与阴极之间施加的电压中的至少一者增加时,控制器执行控制:控制湿度调整器使阳极流路和阴极流路中的至少一者的湿度增加。由此,控制器能够基于以上的电阻和电压中的至少一者的增加,适时执行上述控制。

[0110] 由此,本技术方案涉及的氢气供给系统,能够迅速解决质子传导性电解质膜的干涸,因此与不执行这样的控制的情况相比,能够适当抑制电化学式氢气泵的氢气升压工作的效率降低。

[0111] 另外,由图1的虚线部B可知,通过检测阳极与阴极之间的电阻以及对阳极与阴极之间施加的电压中的至少一者的降低,能够确定氢气的湿度增加的停止时刻。

[0112] 因此,本公开的第5技术方案涉及的氢气供给系统,在第1技术方案涉及的氢气供给系统的基础上,可以设为当阳极与阴极之间的电阻以及对阳极与阴极之间施加的电压中的至少一者降低时,控制器控制湿度调整器,停止使阳极流路和阴极流路中的至少一者的湿度增加的控制。由此,控制器能够基于以上的电阻和电压中的至少一者的降低,适时停止上述控制。

[0113] 由此,本技术方案涉及的氢气供给系统,能够抑制向质子传导性电解质膜供给所需量以上的水分,因此与不执行上述停止控制的情况相比,能够减轻电化学式氢气泵内的水分量过剩。如果电化学式氢气泵内的水分量过剩,则在电化学式氢气泵中有可能引起溢流,但本技术方案涉及的氢气供给系统,能够通过上述停止控制来降低这样的可能性。

[0114] 以下,参照附图对本公开的实施方式进行说明。以下说明的实施方式都只是表示上述各技术方案的一例。因此,以下所示的形状、材料、构成要素、构成要素的配置位置和连接方式等,只要权利要求中没有记载,就不限定上述各技术方案。另外,对于以下的构成要素之中没有记载于表示本技术方案的最上位概念的独立权利要求的构成要素,作为任意的构成要素进行说明。另外,附图中附带相同标记的部件、部位有时会省略说明。另外,附图中为了便于理解而示意性地示出各个构成要素,因此关于形状和尺寸比例等有时并不是准确的表示。

[0115] (实施方式)

[0116] [装置结构]

[0117] 图2是表示实施方式的氢气供给系统的一例的图。

[0118] 图2所示的例子中,氢气供给系统200具备电化式氢气泵100、湿度调整器22和控制器50。再者,图2中由两点划线表示的氢气储存器25有时与氢气供给系统200并设。

[0119] 在此,电化式氢气泵100具备质子传导性电解质膜(以下称为电解质膜1)、阳极AN、阴极CA和电压施加器21。

[0120] 再者,电化式氢气泵100中,如图2的两点划线所示,常常设置形成电化式氢气泵100的阳极流路6的阳极隔板5A(参照图3)和形成阴极流路7的阴极隔板5C(参照图3)。

[0121] 电解质膜1具备一对主面。电解质膜1只要是具备质子传导性的膜,则可以是任意结构。例如,作为电解质膜1可举出氟系高分子电解质膜、烃系电解质膜等。具体而言,作为电解质膜1,例如可以使用Nafion(注册商标,杜邦公司制),Aciplex(注册商标,旭化成株式会社制)等,但不限定于此。

[0122] 阳极AN设置在电解质膜1的一侧的主面上。阳极AN具备阳极催化剂层和阳极气体扩散层,关于阳极催化剂层和阳极气体扩散层的详细情况会在后面进行说明。

[0123] 阴极CA设置在电解质膜1的另一侧的主面上。阴极CA具备阴极催化剂层和阴极气体扩散层,关于阴极催化剂层和阴极气体扩散层的详细情况会在后面进行说明。

[0124] 阳极流路6是设置在阳极AN上、供氢气流动的流路。例如,如图2所示,阳极流路6可以在与阳极AN接触的阳极隔板5A的主面上以蜿蜒状形成。由此,氢气(H<sub>2</sub>)经由阳极流路6向阳极AN供给。

[0125] 阴极流路7是设置在阴极CA上、供氢气流动的流路。例如,如图2所示,阴极流路7可以通过以从阴极CA的适当部位通到外部的方式贯穿阴极隔板5C而形成。由此,阴极CA内的高压状态的氢气(H<sub>2</sub>)例如向外部的氢气储存器25供给。

[0126] 电压施加器21是对阳极AN与阴极CA之间施加电压的装置。

[0127] 电压施加器21只要能够对阳极AN与阴极CA之间施加电压,则可以是任意结构。具体而言,电压施加器21的高电位侧端子与阳极AN连接,电压施加器21的低电位侧端子与阴极CA连接。由此,利用电压施加器21在阳极AN与阴极CA之间进行通电。

[0128] 作为电压施加器21,例如可举出DC/DC转换器、AC/DC转换器等。DC/DC转换器用于电压施加器21与电池等直流电源连接的情况,AC/DC转换器用于电压施加器21与商用电源等交流电源连接的情况。

[0129] 电化式氢气泵100是通过电压施加器21施加上述电压,由此将经由阳极流路6供给到阳极AN的氢气向阴极CA升压输送,将阴极流路7内的升压了的氢气向氢气储存器25供给的装置。再者,作为氢气储存器25例如可举出罐。

[0130] 以上的电化式氢气泵100的具体例会在后面进行说明。

[0131] 本实施方式的氢气供给系统200中,可以在从电化式氢气泵100向氢气储存器25供给氢气之后,从氢气储存器25向合适的氢气消耗体供给氢气。作为该氢气消耗体,例如可举出家庭用或汽车用的燃料电池等。

[0132] 湿度调整器22是调整阳极流路6和阴极流路7中的任一者的湿度的装置。湿度调整器22只要能够调整这样的阳极流路6和阴极流路7中的任一者中存在的氢气的湿度,则可以是任意结构。作为湿度调整器22,例如可举出加湿器。另外,作为加湿器,例如可以使用使氢气浸在被控制为适当温度的水中从而进行加湿的起泡方式的加湿器等,但不限定于此。再

者,关于起泡方式的加湿器的详细情况会在实施例中进行说明。

[0133] 在相对湿度小于100%的氢气向阳极流路6供给,电化式氢气泵100运行时,控制器50执行控制:控制湿度调整器22使阳极流路6和阴极流路7中的至少一者的湿度增加。另外,控制器50间歇地执行上述控制。

[0134] 控制器50只要具有控制功能,则可以是任意结构。控制器50例如具备运算电路(未图示)和存储控制程序的存储电路(未图示)。作为运算电路例如可举出MPU、CPU等。作为存储电路例如可举出存储器等。控制器50可以由进行集中控制的单独的控制器构成,也可以由相互协作进行分散控制的多个控制器构成。

[0135] [电化式氢气泵的具体例]

[0136] 图3A和图3B是表示实施方式的氢气供给系统的电化式氢气泵的一例的图。再者,图3B中示出电化式氢气泵100的阳极气体扩散板31的平面视图。

[0137] 图3A所示的例子中,电化式氢气泵100具备电解质膜1、阳极AN、阴极CA、阳极隔板5A、阴极隔板5C、电压施加器21和密封件33。

[0138] 再者,电解质膜1与图1的电化式氢气泵100相同,因此省略说明。另外,电压施加器21的结构与上述相同,因此省略详细说明。

[0139] 在此,如图3A所示,阳极AN(电极)由阳极气体扩散板31、阳极催化剂层2A和阳极气体扩散层3A构成。阴极CA(电极)由阴极催化剂层2C和阴极气体扩散层3C构成。

[0140] 阳极催化剂层2A设置在电解质膜1的一侧的主面。阳极催化剂层2A例如作为催化剂金属包含铂(Pt)等,但不限于于此。再者,省略了图示,以在平面图中包围阳极催化剂层2A的周围的方式设有密封件,阳极AN的氢气被该密封件适当密封。

[0141] 阴极催化剂层2C设置在电解质膜1的另一侧的主面。阴极催化剂层2C例如作为催化剂金属可以包含Pt等,但不限于于此。以在平面图中包围阴极催化剂层2C的周围的方式设有密封件33,阴极CA的氢气被密封件33适当密封。

[0142] 关于阴极催化剂层2C和阳极催化剂层2A,作为催化剂的调制方法可举出各种方法,因此不特别限定。例如,作为催化剂的载体,可举出导电性的氧化物粉末、碳系粉末等。作为碳系粉末,例如可举出石墨、炭黑、具有导电性的活性炭等粉末。对于在碳等载体上担载铂或其它催化剂金属的方法不特别限定。例如,可以采用粉末混合或液相混合等方法。作为后者的液相混合,例如可举出使碳等载体分散于催化剂成分胶体液体中进行吸附的方法等。另外,可以根据需要将活性氧除去材料作为载体,采用与上述同样的方法担载铂或其它催化剂金属。对于铂等催化剂金属担载于载体的担载状态没有特别限定。例如,可以使催化剂金属微粒化并高分散地担载于载体。

[0143] 阳极气体扩散层3A例如由多孔质体等构成,具备耐腐蚀性、导电性和气体扩散性。另外,阳极气体扩散层3A优选由能够在电化式氢气泵100的氢气升压工作时抑制由于阳极AN与阴极CA之间的压差而产生的构成部件的位移、变形的高刚性材料构成。

[0144] 阳极隔板5A以覆盖阳极气体扩散层3A的一侧的主面和侧面的方式设置。具体而言,阳极气体扩散层3A被收纳在阳极隔板5A的中央部分的凹部内。在与阳极气体扩散层3A接触的阳极隔板5A的主面上,例如形成有蜿蜒状的阳极流路6。由此,在氢气从阳极入口 $6_{IN}$ 与阳极出口 $6_{OUT}$ 之间的阳极流路6中通过时,向阳极气体扩散层3A供给氢气。

[0145] 再者,可以在与阳极隔板5A不同的板构件上设置蜿蜒状的狭缝孔,将两者一体接

合从而形成阳极流路6,也可以在阳极隔板5A的主面上加工出蜿蜒状的流路槽从而形成阳极流路6。

[0146] 阳极隔板5A例如由金属构件等构成,具备耐腐蚀性和导电性。作为阳极隔板5A的材质,例如可以使用实施了镀铂的钛等。

[0147] 如图3A和图3B所示,电化学式氢气泵100可以设有圆形的阳极气体扩散板31。

[0148] 阳极气体扩散板31具备与阳极气体扩散层3A的另一侧的主面和阳极催化剂层2A接触的圆形的中央部分31A、以及与阳极隔板5A和电解质膜1接触的圆环状的周边部分31B。

[0149] 如图3B所示,在阳极气体扩散板31的中央部分31A形成有多个通气孔。由此,氢气可以通过通气孔从阳极催化剂层2A与阳极气体扩散层3A之间穿过。通气孔例如可以是以几十微米的间隔分开并均匀设置的几十微米左右的开口,但通气孔的大小和间隔不限于此。再者,该通气孔例如可以通过激光加工等而形成。

[0150] 与此相对,在阳极气体扩散板31的周边部分31B没有形成通气孔,是平坦的。

[0151] 阳极气体扩散板31例如由金属板等构成,具备耐腐蚀性和导电性。作为阳极气体扩散板31,例如可以使用实施了镀铂的钛板。

[0152] 密封件33隔着电解质膜1而设置在阳极气体扩散板31的周边部分31B(平坦部)上。由此,电解质膜1被密封件33按压在阳极气体扩散板31的周边部分31B。再者,密封件33在平面图中呈圆环状形成。作为密封件33,例如可以使用O型环等。

[0153] 以上的阳极气体扩散板31和密封件33只是例示,并不限于本例。例如,阳极气体扩散板31由圆形板构成,但不限于此。阳极气体扩散层3A的平面图中的形状例如为矩形的情况下,阳极气体扩散板31的平面图中的形状可以为矩形,密封件33的平面图中的形状可以为矩形环状。

[0154] 阴极气体扩散层3C例如由多孔质体构成,具备耐腐蚀性、导电性和气体扩散性。例如,阴极气体扩散层3C由实施了镀铂的钛纤维烧结体等具备耐腐蚀性和导电性的多孔质体构成。另外,阴极气体扩散层3C优选由能够在电化学式氢气泵100的氢气升压工作时跟随由于阳极AN与阴极CA之间的压差而产生的构成部件的位移、变形的难以屈曲的弹性材料构成。

[0155] 阴极隔板5C以覆盖阴极气体扩散层3C的主面和侧面的方式设置。具体而言,阴极气体扩散层3C被收纳在阴极隔板5C的中央部分的凹部内。在阴极隔板5C的适当部位设有用于将阴极气体扩散层3C的高压状态的氢气向外部导出的阴极流路7。阴极流路7的个数可以如图3A所示为1个,也可以为多个。

[0156] 阴极隔板5C例如由金属构件等构成,具备耐腐蚀性和导电性。作为阴极隔板5C的材质,例如可以使用实施了镀铂的钛等。

[0157] 再者,上述密封件33设置在阴极隔板5C。具体而言,在阴极隔板5C的中央部分的凹部收纳有上述阴极气体扩散层3C,阴极隔板5C的外周部分与电解质膜1接触。在该外周部分的适当部位形成有圆环槽,密封件33嵌入该圆环槽。

[0158] 再者,阴极隔板5C的形状可以是有底的圆筒体,也可以是有底的矩形筒体。但通过由圆筒体构成阴极隔板5C,与由矩形筒体构成阴极隔板5C的情况相比,能够提高阴极隔板5C对于气体压力的耐性。

[0159] 在此,虽然图3A中没有示出,但可以适当设置在本实施方式中的电化学式氢气泵100

的氢气升压工作中所需的构件和设备。

[0160] 例如,电化学式氢气泵100中,可以将10~200个左右由MEA、阳极隔板5A和阴极隔板5C构成的单元层叠而构成层叠体,利用端板隔着集电板和绝缘板夹持该层叠体,并利用紧固杆等将两个端板紧固。再者,这样的单元的个数可以根据电化学式氢气泵100的运行条件而设定为适当的个数。此时,为了不使高压气体从电化学式氢气泵100向外部泄露,可以从MEA的两侧起设置O型环、垫片等密封件,与MEA一体化预先组装。在MEA的外侧配置有将其机械固定并且将相邻的MEA彼此电串联的上述导电性的阳极隔板5A和阴极隔板5C。

[0161] 另外,可以从预定的氢气源向电化学式氢气泵100的阳极AN供给氢气。该氢气源的氢气例如可以通过水电解装置等生成。

[0162] 再者,以上未图示的各种构件和设备只是例示,并不限于本例。

[0163] [工作]

[0164] 以下,参照附图对本实施方式的氢气供给系统200的运行方法(工作)进行说明。

[0165] 以下的工作,例如可以由控制器50的运算电路根据来自控制器50的存储电路的控制程序而执行。但并不必须通过控制器来进行以下工作。操作员可以进行其中的一部分工作。

[0166] 首先,在将电化学式氢气泵100的电解质膜1保持为湿润状态的状态下,将低露点的氢气(H<sub>2</sub>)或干燥状态的氢气从阳极入口6<sub>IN</sub>向阳极流路6供给。于是,该氢气通过阳极流路6向电化学式氢气泵100的阳极AN供给。电压施加器21的电力向电化学式氢气泵100供电。

[0167] 于是,在电化学式氢气泵100的阳极AN的阳极催化剂层2A中,通过氧化反应使氢气分离为氢离子(质子)和电子(式(1))。质子在湿润状态的电解质膜1内传导,向阴极CA的阴极催化剂层2C移动。电子通过电压施加器21向阴极催化剂层2C移动。在阴极CA的阴极催化剂层2C中,通过还原反应再次生成氢气(式(2))。

[0168] 此时,已知质子在电解质膜1中传导时,预定水量的水作为电渗透水与质子相伴从阳极AN向阴极CA移动。

[0169] 在此,可以利用在从电化学式氢气泵100的阴极流路7导出的氢气流通的气体导出路径(未图示)上设置的流量调整器(例如设置于未图示的配管的背压阀、调整阀等)使气体导出路径的压力损失增加,将在阴极生成的氢气升压。由此,能够将高压状态的氢气适时地从电化学式氢气泵100向氢气储存器25供给。

[0170] 阳极:  $H_2(\text{低压}) \rightarrow 2H^+ + 2e^- \quad \dots (1)$

[0171] 阴极:  $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2(\text{高压}) \quad \dots (2)$

[0172] 在从电化学式氢气泵100向氢气储存器25供给氢气时,水向电化学式氢气泵100外移动,因此在将低露点的氢气或干燥状态的氢气向电化学式氢气泵100的阳极AN供给的情况下,有可能在电化学式氢气泵100的运行中,电解质膜1的含水率降低。

[0173] 因此,本实施方式的氢气供给系统200的运行方法具备以下步骤:

[0174] 步骤(a),在电化学式氢气泵100中,通过对阳极AN与阴极CA之间施加电压,将被供给到阳极AN的氢气向阴极CA升压输送;

[0175] 步骤(b),将阴极CA的升压了的氢气向氢气储存器25供给;以及

[0176] 步骤(c),在步骤(a)中,相对湿度小于100%的氢气向阳极AN供给时,使阳极AN和阴极CA中的至少一者的湿度增加。

[0177] 在此,上述步骤(c)可以在步骤(b)的执行前、执行中和执行后的任一时刻实施,但优选在步骤(b)的执行中或执行后的时刻实施。

[0178] 通过以上,本实施方式的氢气供给系统200和氢气供给系统200的运行方法,与以往相比能够减轻电化学式氢气泵100的运行中的电解质膜1的含水率降低。

[0179] 具体而言,通过使阳极流路6和阴极流路7中的至少一者的湿度适时增加的控制(使阳极AN和阴极CA中的至少一者的湿度增加的步骤(c)),能够在从电化学式氢气泵100向氢气储存器25供给氢气时,抑制由于水向电化学式氢气泵100外移动而引起的电解质膜1的含水率降低。

[0180] 由此,本实施方式的氢气供给系统200和氢气供给系统200的运行方法,在电化学式氢气泵100中能够抑制由于电解质膜1的含水率降低而引起的泵工作所需的电压增加,因此能够将电化学式氢气泵100的氢气升压工作维持高效率。

[0181] 另外,在电化学式氢气泵100内的氢气始终为湿润状态的情况下,电化学式氢气泵100内的水分量有可能过剩。如果电化学式氢气泵100内的水分量过剩,则有可能在电化学式氢气泵100中引起溢流。

[0182] 但是,本实施方式的氢气供给系统200通过间歇地执行使阳极流路6和阴极流路7中的至少一者的湿度增加的控制,能够降低这样的可能性。

[0183] (第1实施例)

[0184] [装置结构]

[0185] 图4是表示实施方式的第1实施例的氢气供给系统的一例的图。

[0186] 图4所示的例子中,氢气供给系统200具备电化学式氢气泵100、湿度调整器22、氢气供给器23、冷凝器24、氢气储存器25和控制器50。

[0187] 电化学式氢气泵100和氢气储存器25与第1实施方式相同,因此省略说明。

[0188] 本实施例的氢气供给系统200中,湿度调整器22具备储存温水的发泡罐22A、一对三通阀15和三通阀16、调节发泡罐22A内的水温的设备(例如加热器等,未图示)、以及检测水温的温度检测器(未图示)等。作为三通阀15和三通阀16,例如可以使用三向电磁阀等。

[0189] 也就是说,本实施例的氢气供给系统200被构成为通过起泡方式将向阳极AN的阳极入口 $6_{IN}$ 供给的氢气( $H_2$ )加湿为期望的加湿量。具体而言,从发泡罐22A内的温水中通过的氢气的露点与温水的温度大致相等,因此通过该温水的温度控制,能够调整向阳极入口 $6_{IN}$ 供给的氢气的加湿量。

[0190] 氢气供给器23设置在用于从氢气源向阳极入口 $6_{IN}$ 供给氢气的氢气供给路径26,是调整在氢气供给路径26中流动的氢气的流量的设备。氢气供给器23例如由升压器和流量调整阀构成,但也可以由其中任一者构成。升压器例如使用泵,但不限定于此。再者,氢气源的氢气如上所述可以通过未图示的水电解装置等生成。

[0191] 在氢气供给器23设有上述三通阀15和三通阀16。

[0192] 在此,氢气供给器23与三通阀15之间的连通路程,将经由三通阀15而延伸到发泡罐22A内的温水中的路径26A与绕过发泡罐22A的旁通路程26C这两者连接。

[0193] 阳极入口 $6_{IN}$ 与三通阀16之间的连通路程,将经由三通阀16而延伸到发泡罐22A内的上方空间的路径26B与绕过发泡罐22A的旁通路程26C这两者连接。

[0194] 由此,氢气供给系统200被构成为能够通过三通阀15和三通阀16的阀操作进行选

择,使得向阳极入口 $6_{IN}$ 供给之前的氢气从发泡罐22A内的温水中通过或者绕过发泡罐22A。

[0195] 循环路径27是用于将从阳极出口 $6_{OUT}$ 送出的氢气向比氢气供给器23靠上游的氢气供给路径26内供给的流路。

[0196] 循环路径27设有开闭阀17和止回阀14。作为开闭阀17,例如可以使用电磁阀等。止回阀14被配置为使从阳极出口 $6_{OUT}$ 送出的氢气采取朝向循环路径27与氢气供给路径26的连接部的方向作为顺方向。由此,打开开闭阀17时能够抑制循环路径27内的氢气逆流。

[0197] 冷凝器24设置在用于将从阴极CA的阴极流路7(参照图1)导出的高压的氢气向氢气储存器25供给的氢气导出路径28,用于除去该氢气中的水分。另外,在冷凝器24与阴极CA的阴极流路7之间的氢气导出路径28设有开闭阀18。作为开闭阀18例如可以使用电磁阀等。

[0198] 再者,通过打开开闭阀19(例如电磁阀等),能够将氢气储存器25中储存的氢气适时地向氢气消耗体(例如燃料电池等)供给。

[0199] 以上的氢气供给系统200的结构只是例示,不限于本例。例如,向阳极入口 $6_{IN}$ 供给之前的氢气流动的路径的切换装置,也可以替代图4所示的三通阀15和三通阀16,由多个双向阀的组合构成。

[0200] 当电化学式氢气泵100的运行时间的累计值增加时,控制器50执行控制:控制湿度调整器22使阳极流路6和阴极流路7中的至少一者的湿度增加。再者,电化学式氢气泵100的运行时间的累计值包括与运行时间的累计值直接或间接相关的值。直接相关的值是指运行时间的累计值本身。间接相关的值是指与运行时间的累计值相关的值,例如可举出在阳极AN与阴极CA之间流动的电流的累计值、从冷凝器24中通过的氢气的累计量、向氢气储存器25供给的氢气的累计量等。

[0201] [工作]

[0202] 以下,参照附图对实施方式的第1实施例的氢气供给系统200的运行方法(工作)进行说明。

[0203] 以下的工作例如可以由控制器50的运算电路根据来自控制器50的存储电路的控制程序而进行。但并不是必须通过控制器进行以下的工作。操作员可以进行其中一部分的工作。

[0204] 图4A、图4B、图4C和图4D是表示实施方式的第1实施例的氢气供给系统的运行方法的一例的图。

[0205] 图4A中图示出在利用电化学式氢气泵100进行氢气升压工作之前,向阳极入口 $6_{IN}$ 供给湿润状态的氢气的状态。

[0206] 图4B中图示出向阳极入口 $6_{IN}$ 供给干燥状态的氢气,并且利用电化学式氢气泵100进行氢气升压工作的状态。

[0207] 图4C中图示出在图4B的氢气升压工作中,从电化学式氢气泵100向氢气储存器25供给氢气的状态。

[0208] 图4D中图示出在图4B的氢气升压工作中,将向阳极入口 $6_{IN}$ 供给的氢气从干燥状态的氢气更换为湿润状态的氢气的状态。

[0209] 再者,图4A、图4B、图4C和图4D中,为了便于理解附图的内容,用黑色表示三通阀15和三通阀16的开放侧,用白色表示关闭侧。另外,用黑色表示开放状态的开闭阀17和开闭阀18,用白色表示关闭状态的开闭阀17和开闭阀18。另外,用箭头表示氢气和质子的移动。

[0210] 在利用电化学式氢气泵100开始氢气升压工作之前,如图4A所示,通过三通阀15和三通阀16的阀操作,使氢气从路径26A中通过并浸入发泡罐22A内的温水中,将氢气加湿。然后,通过路径26B向阳极入口 $6_{IN}$ 供给湿润状态的氢气。例如,在使发泡罐22A内的温水的温度与电化学式氢气泵100的温度相等的情况下,在电化学式氢气泵100中相对湿度大致为100%的完全加湿的氢气向阳极入口 $6_{IN}$ 供给。

[0211] 此时,开闭阀17处于打开状态,因此被供给到阳极入口 $6_{IN}$ 的氢气全部通过循环路径27向比氢气供给器23靠上游的氢气供给路径26输送。

[0212] 这样,形成从电化学式氢气泵100的阳极出口 $6_{OUT}$ 经由发泡罐22A延伸到阳极入口 $6_{IN}$ 的循环路径,湿润状态的氢气在该循环路径内循环。湿润状态的氢气在上述循环路径中循环的过程中,通过氢气中的水分使电解质膜1的含水率上升。

[0213] 当电解质膜1的含水率达到期望的值时,如图4B所示,利用电化学式氢气泵100开始氢气升压工作。另外,此时通过三通阀15和三通阀16的阀操作,在氢气供给路径26中流动的氢气通过旁通路径26C而绕过发泡罐22A。于是,干燥状态的氢气向阳极入口 $6_{IN}$ 供给。此时,开闭阀17处于关闭状态,因此被供给到阳极入口 $6_{IN}$ 的氢气全部被电化学式氢气泵100向阴极CA升压输送。

[0214] 通过电化学式氢气泵100的氢气升压工作,使阴极CA的氢气的压力达到预定的高压时,如图4C所示,打开开闭阀18,由此从电化学式氢气泵100通过氢气导出路径28向氢气储存器25供给氢气。此时,与流动于氢气导出路径28的氢气一起移动的水分被冷凝器24除去。

[0215] 通过打开开闭阀18,使阴极CA的氢气的压力成为预定的压力以下时,关闭开闭阀18,如图4B所示,利用电化学式氢气泵100再次开始氢气升压工作。

[0216] 这样,图4B的电化学式氢气泵100的氢气升压工作和图4C的向氢气储存器25供给氢气的工作交替进行。通过反复进行这样的工作,在电化学式氢气泵100内存在的水的量伴随电化学式氢气泵100的运行时间而逐渐减少。电解质膜1的含水率降低。

[0217] 因此,本实施例的氢气供给系统200中,如图4D所示,通过三通阀15和三通阀16的阀操作,使氢气通过路径26A而浸入发泡罐22A内的温水中,将氢气加湿。然后,通过路径26B向阳极入口 $6_{IN}$ 供给湿润状态的氢气。也就是说,将向阳极入口 $6_{IN}$ 供给的氢气从干燥状态的氢气(图4B)更换为湿润状态的氢气(图4D)。于是,阳极流路6(参照图3A)和阳极AN的湿度增加,因此能够通过存在于阳极流路6和阳极AN的氢气中的水分来提高电解质膜1的含水率。

[0218] 再者,当电解质膜1的含水率达到期望的值时,将向阳极入口 $6_{IN}$ 供给的氢气再次从湿润状态的氢气(图4D)更换为干燥状态的氢气(图4B)。

[0219] 通过以上,本实施例的氢气供给系统200和氢气供给系统200的运行方法与以往相比能够减轻电化学式氢气泵100的运行中的质子传导性电解质膜的含水率降低。

[0220] 具体而言,通过进行将向阳极入口 $6_{IN}$ 供给的氢气从干燥状态的氢气(图4B)更换为湿润状态的氢气(图4D)的控制,在从电化学式氢气泵100向氢气储存器25供给氢气时,能够抑制由于水向电化学式氢气泵100外移动而引起的电解质膜1的含水率降低。

[0221] 由此,本实施例的氢气供给系统200在电化学式氢气泵100中能够抑制由于电解质膜1的含水率降低而引起的阀工作所需的电压增加,因此能够将电化学式氢气泵100的氢气升压工作维持高效率。

[0222] 另外,如图4C所示,在通过冷凝器24将与来自电化学式氢气泵100的氢气一起移动的水除去的情况下,被冷凝器24除去的水量取决于通过打开开闭阀18而从冷凝器24中通过的氢气的温度、压力和体积。另外,通过打开开闭阀18而从冷凝器24中通过的氢气的累计量取决于电化学式氢气泵100的运行时间的累计值。由此,本实施例的氢气供给系统200中,控制器50能够基于电化学式氢气泵100的运行时间的累计值的增加,适时执行上述切换控制。

[0223] 但图4A-图4D所示的控制器50的控制内容只是例示,并不限于本例。

[0224] 例如图4D中,通过湿度调整器22使阳极流路6和阳极AN的湿度增加,但并不限于此。可以取代阳极流路6和阳极AN的湿度增加或者与阳极流路6和阳极AN的湿度增加一起,通过未图示的适当的湿度调整器使阴极流路7和阴极CA的湿度增加。

[0225] 另外,例如图4D中,在图4B的电化学式氢气泵100的氢气升压工作的执行中,通过路径26B向阳极入口 $6_{IN}$ 供给湿润状态的氢气,但也可以在图4C的向氢气储存器25供给氢气的工作的执行中,通过路径26B向阳极入口 $6_{IN}$ 供给湿润状态的氢气。

[0226] 另外,例如在图4B、图4C和图4D的各图中,在关闭开闭阀17的状态下,分别进行电化学式氢气泵100的氢气升压工作、向氢气储存器25供给氢气的工作、以及向阳极入口 $6_{IN}$ 供给湿润状态的氢气的工作,但也可以在打开开闭阀17的状态下进行上述各工作。

[0227] 也就是说,后者的情况下,被供给到阳极入口 $6_{IN}$ 的氢气的一部分通过电化学式氢气泵100向阴极CA升压输送,剩余的氢气从阳极出口 $6_{OUT}$ 通过循环路径27向比氢气供给器23靠上游的氢气供给路径26输送。

[0228] 另外,例如在图4B和图4D的电化学式氢气泵100的氢气升压工作的执行中,可以通过打开开闭阀19(例如电磁阀等)将氢气储存器25中储存的氢气向氢气消耗体(例如燃料电池等)供给。

[0229] 另外,例如在图4B和图4C中,将干燥状态的氢气向阳极入口 $6_{IN}$ 供给,但这只是例示,并不限于本例。例如在电化学式氢气泵100中如果是相对湿度小于100%的氢气,即使在将被湿度调整器22加湿了的氢气(例如相对湿度大约为80%左右的氢气)向阳极入口 $6_{IN}$ 供给的情况下,有时电解质膜1的含水率也会降低。

[0230] 在打开开闭阀17的状态下向阳极入口 $6_{IN}$ 供给氢气的情况下,例如也可以根据电化学式氢气泵100的温度和从阳极出口 $6_{OUT}$ 排出的氢气的量来预测从阳极出口 $6_{OUT}$ 排出的水蒸气的量。

[0231] 另外,在打开开闭阀17的状态下向阳极入口 $6_{IN}$ 供给预定的露点以上的氢气的情况下,如果通过电化学式氢气泵100向阴极CA升压输送的氢气的比例大,则有时会从阳极出口 $6_{OUT}$ 排出冷凝水。该情况下,在电化学式氢气泵100的运行中,能够通过假设阴极CA的气体中的水蒸气分压始终为饱和水蒸气压等,预测从阳极出口 $6_{OUT}$ 排出的冷凝水的量。

[0232] 由此,即使在采取将以上从阳极出口 $6_{OUT}$ 排出的水蒸气和冷凝水例如向循环路径27外排出的结构的情况下,控制器50也能够基于电化学式氢气泵100的运行时间的累计值的增加,在电解质膜1的电阻上升的适当的时机,执行将向阳极入口 $6_{IN}$ 供给的氢气从干燥状态的氢气(图4B)更换为湿润状态的氢气(图4D)的控制。

[0233] 本实施例的氢气供给系统200,除了上述特征以外,可以与实施方式的氢气供给系统200相同。

[0234] (第2实施例)

[0235] 本实施例的氢气供给系统200,除了以下的控制器50的控制内容以外,与实施方式的氢气供给系统200相同。

[0236] 由图1的虚线部A可知,通过检测阳极AN与阴极CA之间的电阻以及对阳极AN与阴极CA之间施加的电压中的至少一者的增加,能够确定氢气的湿度增加的开始时刻。

[0237] 因此,本实施例的氢气供给系统200中,当阳极AN与阴极CA之间的电阻以及对阳极AN与阴极CA之间施加的电压中的至少一者增加时,控制器50执行控制:控制湿度调整器22使阳极流路6和阴极流路7中的至少一者的湿度增加。由此,控制器50能够基于这样的电阻和电压中的至少一者的增加,适时执行上述控制。

[0238] 由此,本实施例的氢气供给系统200能够迅速解决电解质膜1的干涸,因此与不执行这样的控制的情况相比,能够适当抑制电化式氢气泵100的氢气升压工作的效率降低。

[0239] 本实施例的氢气供给系统200,除了上述特征以外,可以与实施方式或实施方式的第1实施例的氢气供给系统200相同。

[0240] (第3实施例)

[0241] 本实施例的氢气供给系统200,除了以下的控制器50的控制内容以外,与实施方式的氢气供给系统200相同。

[0242] 由图1的虚线部B可知,通过检测阳极AN与阴极CA之间的电阻以及对阳极AN与阴极CA之间施加的电压中的至少一者的降低,能够确定氢气的湿度增加的停止时刻。

[0243] 因此,本实施例的氢气供给系统200中,当阳极AN与阴极CA之间的电阻以及对阳极AN与阴极CA之间施加的电压中的至少一者降低时,控制器50控制湿度调整器22,停止使阳极流路6和阴极流路7中的至少一者的湿度增加的控制。由此,控制器50能够基于这样的电阻和电压中的至少一者的降低,适时停止上述控制。

[0244] 由此,本实施例的氢气供给系统200,能够抑制向电解质膜1供给所需量以上的水分,因此与不进行上述停止控制的情况相比,能够减轻电化式氢气泵100内的水分量过剩。并且,当电化式氢气泵100内的水分量过剩时,在电化式氢气泵100中有可能引起溢流,但本实施例的氢气供给系统200通过上述停止控制,能够降低这样的可能性。

[0245] 本实施例的氢气供给系统200,除了上述特征以外,可以与实施方式、实施方式的第1实施例~第2实施例中的任一氢气供给系统200相同。

[0246] 再者,实施方式、实施方式的第1实施例、实施方式的第2实施例和实施方式的第3实施例,只要不彼此排斥,就可以相互组合。

[0247] 另外,本领域技术人员根据上述说明能够明确本公开的多处改良以及其它实施方式。因此,上述说明应该仅被解释为例示,是为了将执行本公开的最佳方式教导给本领域技术人员而提供的。可以在不脱离本公开的主旨的范围内,对其结构和/或功能的详细情况进行实质变更。

[0248] 本公开的一技术方案,可以利用于与以往相比能够减轻电化式氢气泵的运行中的质子传导性电解质膜的含水率降低的氢气供给系统和氢气供给系统的运行方法。

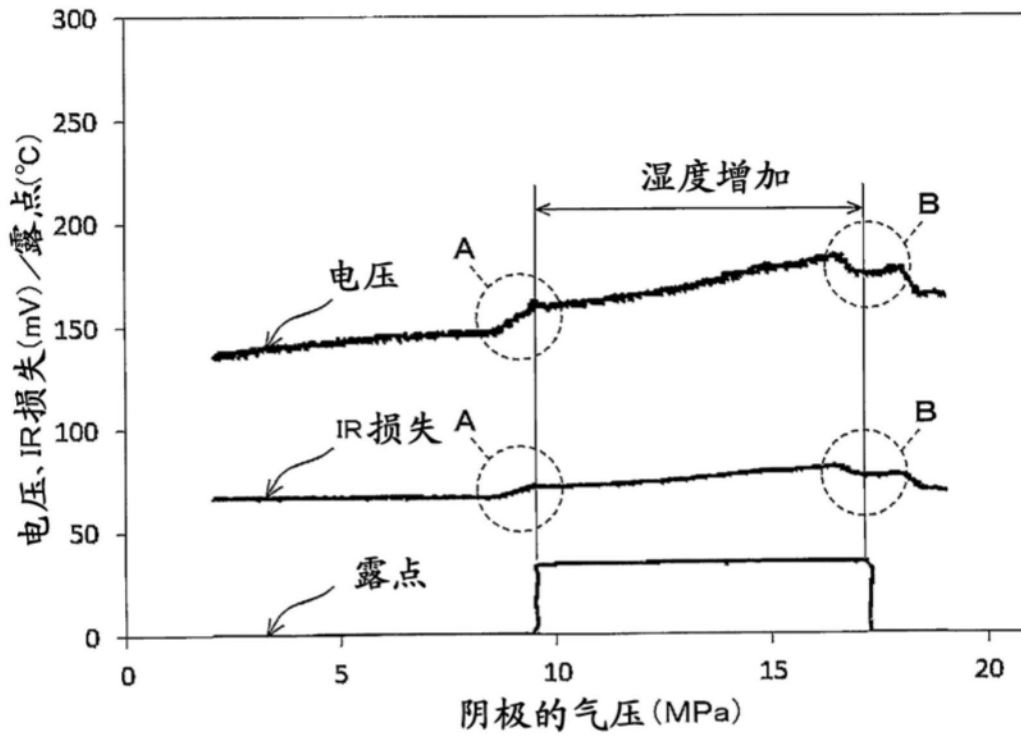


图1

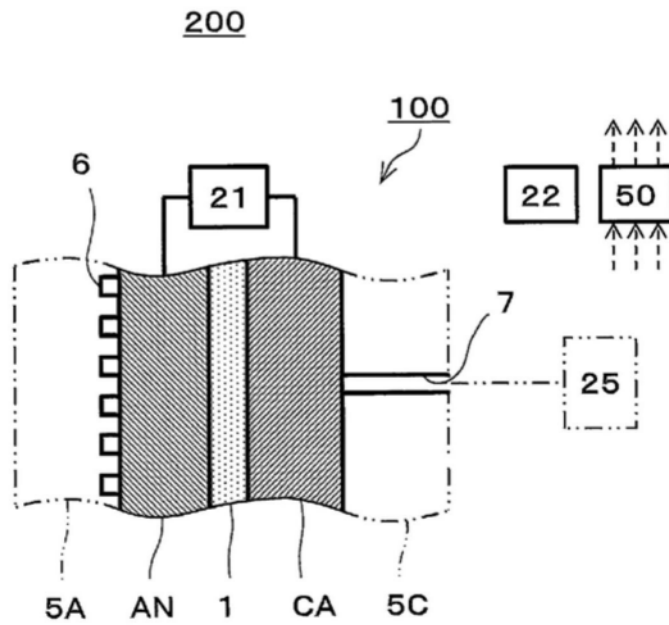


图2

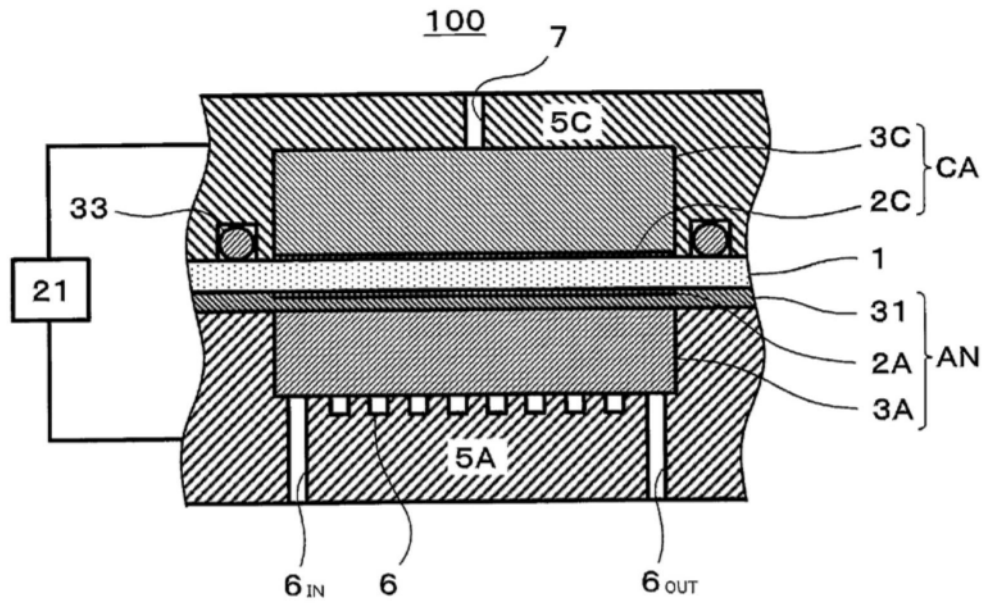


图3A

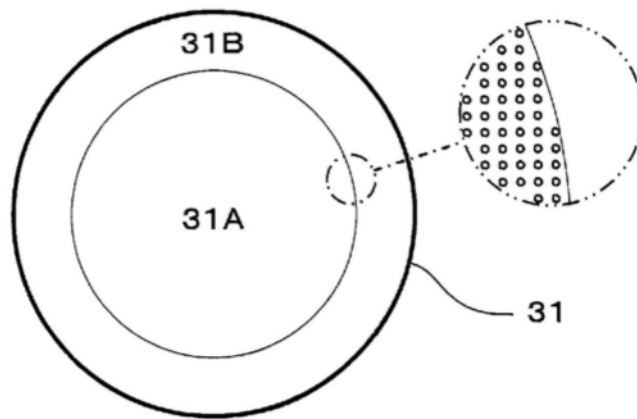


图3B

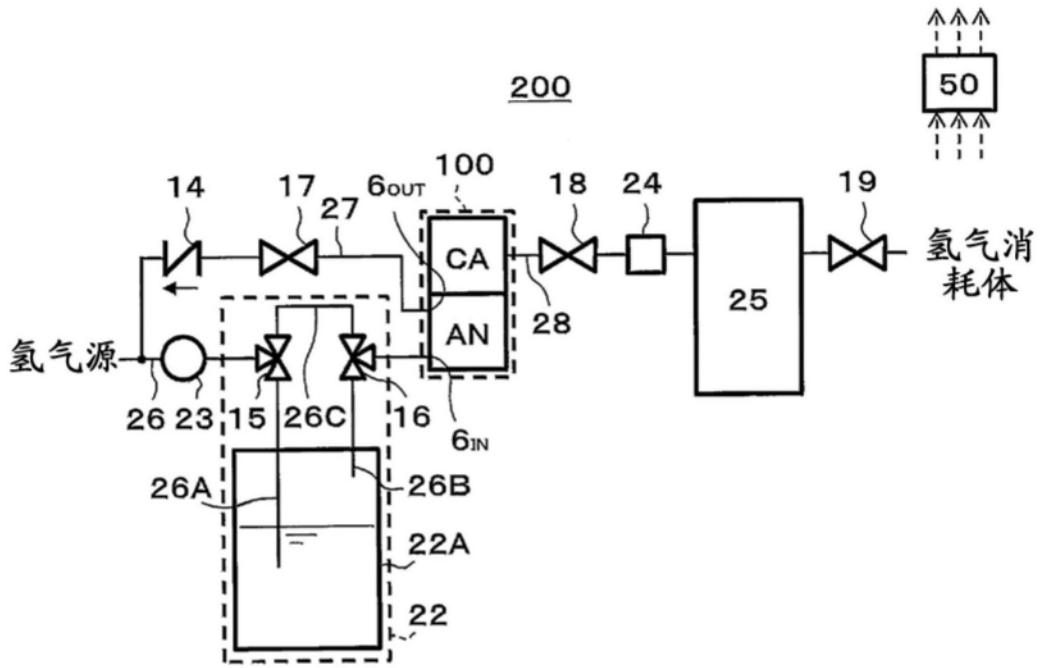


图4

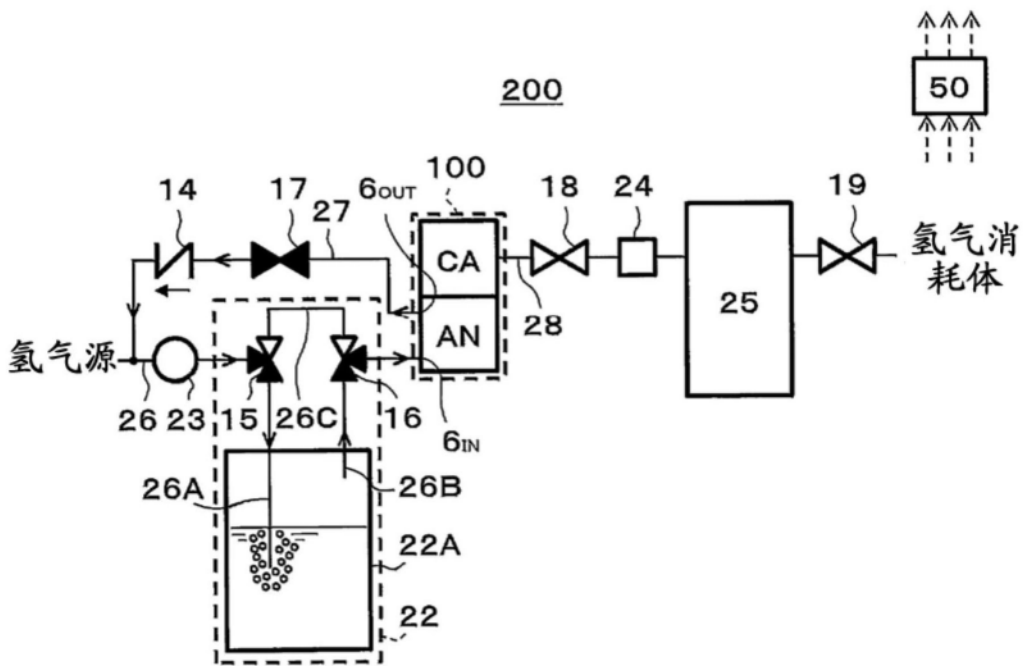


图4A

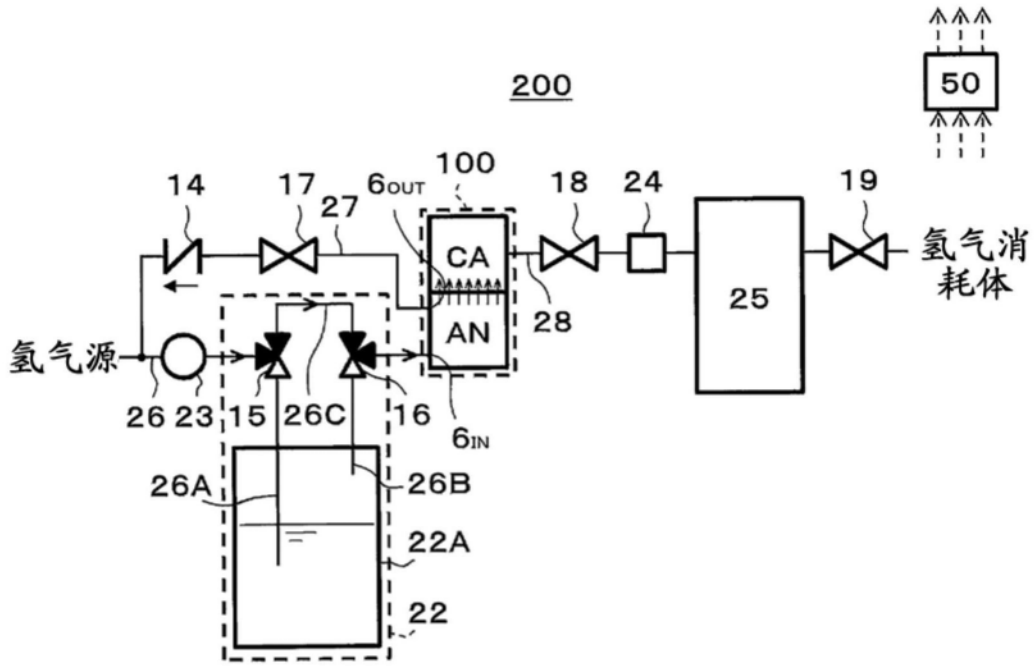


图4B

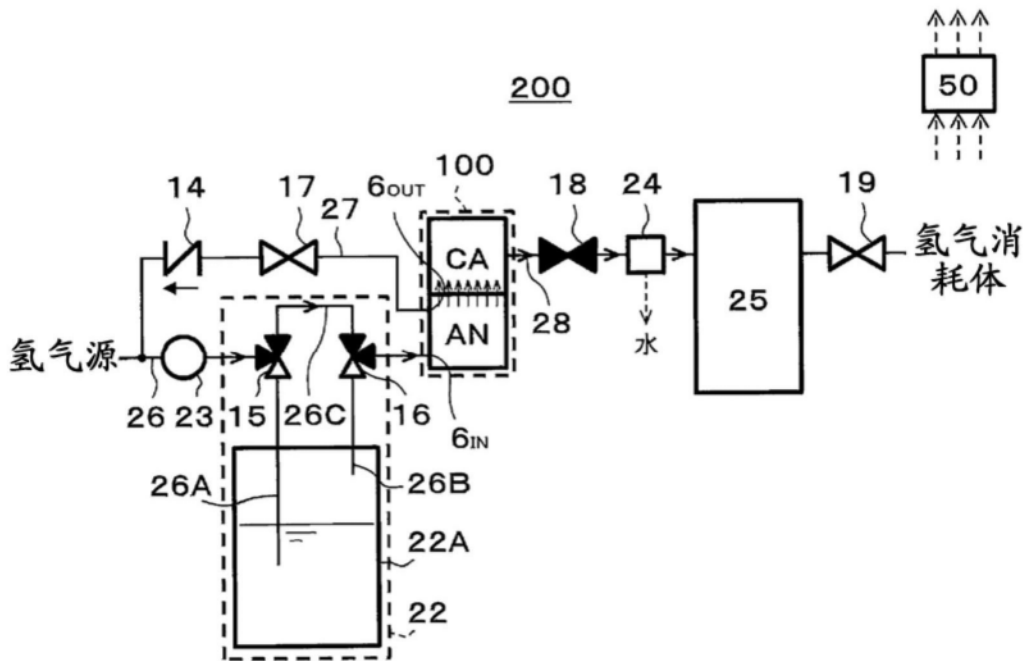


图4C

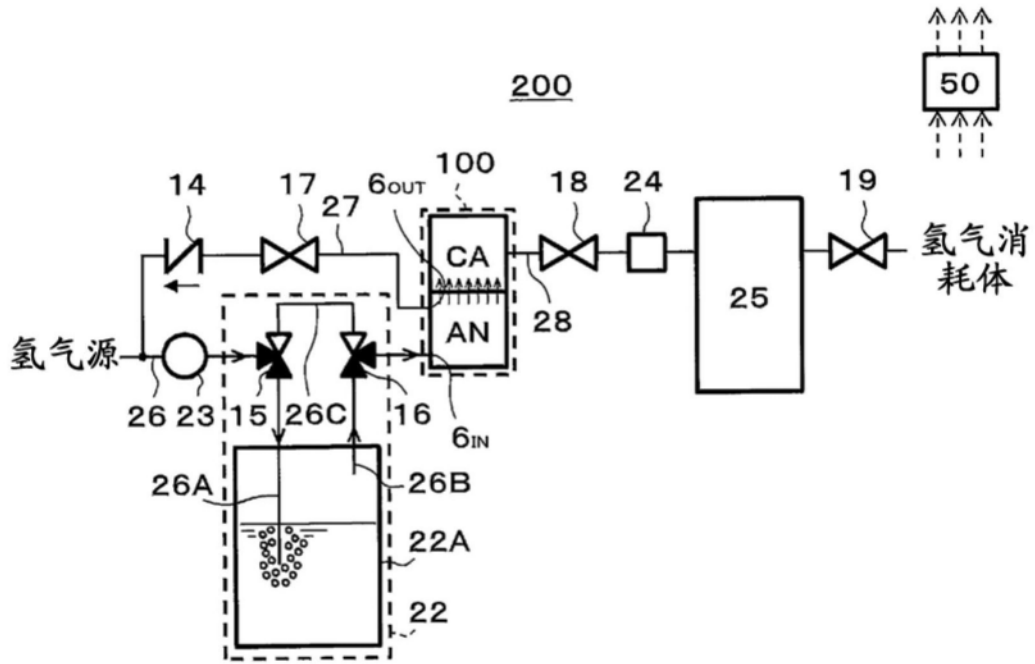


图4D