



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 120051876 A

(43) 申请公布日 2025. 05. 27

(21) 申请号 202280100434.1

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2022.10.28

H01M 8/04746 (2006.01)

H01M 8/0438 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2025.03.25

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/040313 2022.10.28

(87) PCT国际申请的公布数据
W02024/089867 JA 2024.05.02

(71) 申请人 三菱电机株式会社
地址 日本

(72) 发明人 筱木俊雄 川本诚 释氏裕人

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038
专利代理师 李鹏宇

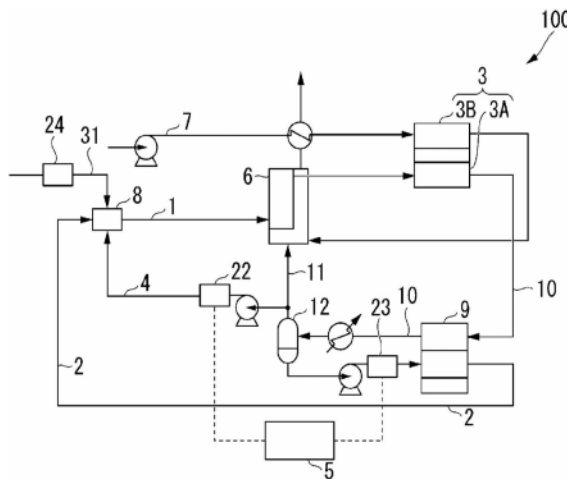
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

燃料电池系统以及燃料电池系统控制方法

(57) 摘要

本公开所涉及的燃料电池系统控制方法使用燃料电池系统(100),该燃料电池系统具备供给原料的原料供给机构(1)、对原料供给机构(1)供给水蒸气的水蒸气供给机构(2)、由氧化剂和从原料生成的氢产生电能的燃料电池(3)、以及使从燃料电池(3)的阳极(3A)排出的阳极废气的至少一部分即再利用气体向原料供给机构(1)循环的再利用气体机构(4)。根据在再利用气体机构(4)流动的再利用气体所含有的二氧化碳的流量,控制在水蒸气供给机构(2)流动的水蒸气流量。



1. 一种燃料电池系统控制方法,其中,
上述燃料电池系统控制方法使用燃料电池系统,
上述燃料电池系统具备:
原料供给机构,该原料供给机构供给原料;
水蒸气供给机构,该水蒸气供给机构对上述原料供给机构供给水蒸气;
燃料电池,该燃料电池由氧化剂和从上述原料生成的氢产生电能;以及
再利用气体机构,该再利用气体机构使从上述燃料电池的阳极排出的阳极废气的至少一部分即再利用气体向上述原料供给机构循环,
根据在上述再利用气体机构流动的上述再利用气体所含有的二氧化碳的流量,控制在上述水蒸气供给机构流动的水蒸气流量。
2. 如权利要求1所述的燃料电池系统控制方法,其中,
执行以下步骤:
原料流量检测步骤,检测上述原料供给机构中的上述原料的流量;
二氧化碳流量计算步骤,计算上述再利用气体机构的上述再利用气体的二氧化碳的流量;
水蒸气流量计算步骤,计算上述再利用气体机构的上述再利用气体的水蒸气的流量;
以及
水蒸气流量决定步骤,决定上述水蒸气的流量。
3. 如权利要求2所述的燃料电池系统控制方法,其中,
执行以下步骤:
一氧化碳流量计算步骤,计算上述再利用气体机构的上述再利用气体的一氧化碳的流量;以及
甲烷流量计算步骤,计算上述再利用气体机构的上述再利用气体的甲烷的流量。
4. 如权利要求2或3所述的燃料电池系统控制方法,其中,
上述水蒸气流量决定步骤至少根据上述再利用气体的上述二氧化碳的流量、上述再利用气体的上述水蒸气的流量和上述原料的流量来进行。
5. 如权利要求2~4之中任一项所述的燃料电池系统控制方法,其中,
在上述燃料电池的负荷变化时,至少根据从上述燃料电池的运转条件得到的负荷信息和上述再利用气体的上述二氧化碳的流量信息,进行上述水蒸气流量决定步骤。
6. 如权利要求2~5之中任一项所述的燃料电池系统控制方法,其中,
根据上述燃料电池的运转条件的信息、上述原料的流量信息、在上述水蒸气供给机构流动的上述水蒸气的流量和上述再利用气体相对于上述阳极废气的流量比,计算上述再利用气体的上述二氧化碳的流量。
7. 如权利要求2~6之中任一项所述的燃料电池系统控制方法,其中,
按上述阳极废气的凝结温度决定上述再利用气体的上述水蒸气的流量。
8. 如权利要求2~7之中任一项所述的燃料电池系统控制方法,其中,
使用由来自上述水蒸气供给机构的上述水蒸气吸引上述再利用气体的喷射器。
9. 一种燃料电池系统,其中,
上述燃料电池系统具备:

原料供给机构,该原料供给机构供给原料;
水蒸气供给机构,该水蒸气供给机构对上述原料供给机构供给水蒸气;
燃料电池,该燃料电池由氧化剂和从上述原料生成的氢产生电能;
再利用气体机构,该再利用气体机构使从上述燃料电池的阳极排出的阳极废气的至少一部分即再利用气体向上述原料供给机构循环;以及
控制部,该控制部根据在上述再利用气体机构流动的上述再利用气体所含有的二氧化碳的流量,控制在上述水蒸气供给机构流动的水蒸气流量。

10.如权利要求9所述的燃料电池系统,其中,
上述燃料电池系统还具备对上述原料改性的改性器,
上述改性器具备促进水蒸气改性反应的水蒸气改性催化剂和促进二氧化碳改性反应的二氧化碳改性催化剂。

燃料电池系统以及燃料电池系统控制方法

技术领域

[0001] 本公开涉及燃料电池系统以及燃料电池系统控制方法。

背景技术

[0002] 在从燃料电池排出的排气中含有二氧化碳。在专利文献1中公开了以下技术：利用排气(阳极废气)所含的二氧化碳对原料气体改性而生成合成气体,将合成气体向燃料电池供给。

[0003] 在先技术文献

[0004] 专利文献

[0005] 专利文献1:日本特开2010—15860号公报

发明内容

[0006] 发明所要解决的课题

[0007] 在上述技术中,在燃料电池系统的能效方面寻求改进。

[0008] 本公开鉴于上述情况,其目的在于提供能提高能效的燃料电池系统以及燃料电池系统控制方法。

[0009] 用于解决课题的方案

[0010] 作为本公开所涉及的燃料电池系统控制方法的一个样式,其中,上述燃料电池系统控制方法使用燃料电池系统,上述燃料电池系统具备:原料供给机构,该原料供给机构供给原料;水蒸气供给机构,该水蒸气供给机构对上述原料供给机构供给水蒸气;燃料电池,该燃料电池由氧化剂和从上述原料生成的氢产生电能;以及再利用气体机构,该再利用气体机构使从上述燃料电池的阳极排出的阳极废气的至少一部分即再利用气体向上述原料供给机构循环,根据在上述再利用气体机构流动的上述再利用气体所含有的二氧化碳的流量,控制在上述水蒸气供给机构流动的水蒸气流量。

[0011] 作为本公开所涉及的燃料电池系统的一个样式,其中,上述燃料电池系统具备:原料供给机构,该原料供给机构供给原料;水蒸气供给机构,该水蒸气供给机构对上述原料供给机构供给水蒸气;燃料电池,该燃料电池由氧化剂和从上述原料生成的氢产生电能;再利用气体机构,该再利用气体机构使从上述燃料电池的阳极排出的阳极废气的至少一部分即再利用气体向上述原料供给机构循环;以及控制部,该控制部根据在上述再利用气体机构流动的上述再利用气体所含有的二氧化碳的流量,控制在上述水蒸气供给机构流动的水蒸气流量。

[0012] 发明的效果

[0013] 根据本公开,可提供能提高能效的燃料电池系统以及燃料电池系统控制方法。

附图说明

[0014] 图1是实施方式1所涉及的燃料电池系统的示意图。

- [0015] 图2是实施方式2所涉及的燃料电池系统控制方法的流程图。
[0016] 图3是实施方式3所涉及的燃料电池系统控制方法的流程图。
[0017] 图4是实施方式4所涉及的燃料电池系统的示意图。
[0018] 图5是实施方式5所涉及的燃料电池系统的示意图。

具体实施方式

[0019] 以下,参照附图对本公开的实施方式进行说明。另外,本公开的范围并不限定于以下实施方式,可在本公开的技术构思的范围内进行任意变更。

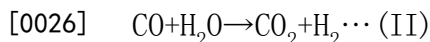
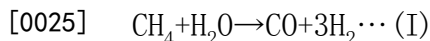
[0020] 实施方式1.

[0021] 图1是实施方式1所涉及的燃料电池系统100的示意图。如图1所示那样,燃料电池系统100具备原料供给机构1、水蒸气供给机构2、燃料电池3、再利用气体机构4、控制部5、改性器6、空气供给机构7、混合器8、水蒸气产生器9、阳极废气机构10、供给路径11和分离部12。

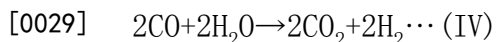
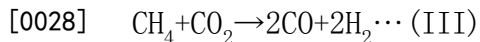
[0022] 原料供给机构1供给原料。原料包括甲烷(CH₄)等含碳化合物(例如碳化氢)。原料从供给路径31经过混合器8被导入至原料供给机构1。以下,作为含碳化合物例示甲烷。

[0023] 水蒸气供给机构2供给水蒸气(H₂O)。水蒸气供给机构2将由水蒸气产生器9得到的水蒸气向混合器8引导。

[0024] 在改性器6中,由原料以及水蒸气进行水蒸气改性反应。水蒸气改性反应例如依照以下所示的式(I)以及式(II)。



[0027] 在改性器6中,进行使用原料以及再利用气体所含有的二氧化碳的二氧化碳改性反应。二氧化碳改性反应例如依照以下所示的式(III)以及式(IV)。



[0030] 在改性器6中,通过水蒸气改性反应以及二氧化碳改性反应得到改性气体。改性气体包括从原料生成的氢(H₂)。

[0031] 改性器6优选具备水蒸气改性催化剂以及二氧化碳改性催化剂。作为水蒸气改性催化剂,可列举Ni负载氧化铝、Ru负载氧化铝等。水蒸气改性催化剂促进水蒸气改性反应。作为二氧化碳改性催化剂,可列举Ni负载氧化钨、Pt负载氧化钨等。二氧化碳改性催化剂促进二氧化碳改性反应。可以将水蒸气改性催化剂和二氧化碳改性催化剂混合到一起而充填到改性器6内。也可以将水蒸气改性催化剂和二氧化碳改性催化剂形成为彼此不同的层而充填到改性器6内。例如可考虑根据适于水蒸气改性催化剂和二氧化碳改性催化剂发挥功能的温度带而将各个催化剂向改性器6内充填。

[0032] 空气供给机构7将空气(氧化剂)向燃料电池3供给。从空气供给机构7供给的空气是含氧气体。含氧气体包含氧(O₂)来作为氧化剂。

[0033] 由改性器6得到的改性气体向燃料电池3的阳极3A供给。从空气供给机构7供给的空气向燃料电池3的阴极3B供给。燃料电池3通过包含氢(H₂)的改性气体与空气(氧化剂)的反应来进行发电,产生电能。

[0034] 例如在为固体氧化物型燃料电池的场合,阳极3A处的反应依照以下所示的式(V)。阴极3B处的反应例如依照以下所示的式(VI)。

[0035] $H_2 + O^{2-} \rightarrow H_2O + 2e^- \cdots (V)$

[0036] $1/2O_2 + 2e^- \rightarrow O^{2-} \cdots (VI)$

[0037] 在燃料电池3的阳极3A,排出阳极废气。阳极废气例如包括二氧化碳(CO₂)、水蒸气(H₂O)、一氧化碳(CO)以及甲烷(CH₄)。

[0038] 阳极废气机构10从燃料电池3(阳极3A)获取阳极废气,经由水蒸气产生器9向分离部12引导。

[0039] 分离部12能使从阳极废气机构10供给的阳极废气的一部分凝结。

[0040] 再利用气体机构4将阳极废气的至少一部分作为再利用气体来供给。详细来讲,再利用气体机构4将阳极废气的至少一部分作为再利用气体从分离部12向混合器8引导。由此,再利用气体机构4使再利用气体向原料供给机构1循环。

[0041] 供给路径11从再利用气体机构4分支。供给路径11将再利用气体的一部分向与改性器6热连接的燃烧器(未图示)引导。

[0042] 水蒸气产生器9通过与阳极废气的热交换对从分离部12供给的水进行加热,获得水蒸气。

[0043] 对实施方式1所涉及的燃料电池系统控制方法进行说明。

[0044] 控制部5获知在再利用气体机构4流动的再利用气体的各气体组分的流量,根据它们的流量来控制在水蒸气供给机构2流动的水蒸气的流量。在再利用气体机构4流动的再利用气体的流量由设在再利用气体机构4的流量计22检测。对于针对在水蒸气供给机构2流动的水蒸气的流量的控制,使用设在水蒸气供给机构2的质量流量控制器23。

[0045] 在本实施方式中,并用水蒸气改性以及二氧化碳改性,生成氢。在此,为了在水蒸气产生器9中产生水蒸气,需要热能。因此,在能通过二氧化碳改性充分地生成氢的状况下,通过降低对水蒸气改性的依存度,能提高系统整体的能效。相对于此,在用于进行二氧化碳改性的二氧化碳不充分的情况下,通过有效利用水蒸气改性,能使系统的运转稳定。鉴于以上内容,例如在再利用气体所含有的二氧化碳的流量上升而超过第1设定值的场合,控制部5使水蒸气的流量减少。在再利用气体所含有的二氧化碳的流量下降而低于第2设定值的场合,控制部5使水蒸气的流量增加。

[0046] 在该燃料电池系统控制方法中,根据再利用气体所含有的二氧化碳的流量来控制在水蒸气供给机构2流动的水蒸气的流量。因而,能在改性器6中通过水蒸气改性以及二氧化碳改性进行适当的改性反应。在该燃料电池系统控制方法中,由于并用了水蒸气改性以及二氧化碳改性,所以能抑制水蒸气的供给量。因而,能削减用于在水蒸气产生器9中产生水蒸气的能耗。因而,能实现燃料电池系统100的能效提高。

[0047] 在该燃料电池系统控制方法中,将阳极废气的一部分作为再利用气体向燃料电池3的上游侧返送,因而,能有效利用原料,能提高燃料电池系统100的能效。

[0048] 在该燃料电池系统控制方法中,由于根据再利用气体所含有的二氧化碳的流量来控制水蒸气的流量,所以,即便在启动时等阳极废气的量也就是阳极废气中的二氧化碳的流量少的场合,也能抑制改性反应的效率降低。

[0049] 实施方式2.

[0050] 图2是实施方式2所涉及的燃料电池系统控制方法的流程图。另外,对于与实施方式1共同的构成标注相同的附图标记而省略说明。

[0051] 如图2所示那样,该燃料电池系统控制方法执行原料流量检测步骤S1、二氧化碳流量计算步骤S2、水蒸气流量计算步骤S3和水蒸气流量决定步骤S4。

[0052] 在原料流量检测步骤S1中,检测原料供给机构1中的原料的流量。原料的流量能由设在供给路径31的流量计24检测(参照图1)。

[0053] 在二氧化碳流量计算步骤S2中,计算再利用气体机构4的再利用气体的二氧化碳(CO_2)的流量。例如能基于改性器6以及燃料电池3的运转条件的信息(气体消耗量、气体生成量、反应气体利用率、反应温度等)、原料的流量信息、在水蒸气供给机构2流动的水蒸气的流量、再利用气体相对于阳极废气的流量比等,计算二氧化碳的流量(参照图1)。

[0054] 再利用气体的流量能由设在再利用气体机构4的流量计22检测(参照图1)。另外,能根据燃料电池3的各种运转条件计算阳极废气机构10的流量。因此,能根据从阳极废气机构10的流量除去了基于分离部12的凝结温度求出的凝结量而得的流量、设在再利用气体机构4的流量计的检测值,计算再利用气体相对于阳极废气的流量比。

[0055] 在水蒸气流量计算步骤S3中,计算再利用气体机构4的再利用气体的水蒸气(H_2O)的流量。例如能基于原料的流量、改性器6中的水蒸气的消耗量以及燃料电池处的水蒸气产生量和分离部12处的凝结量、再利用气体的流量,计算再利用气体的水蒸气的流量。

[0056] 在水蒸气流量决定步骤S4中,控制部5例如基于再利用气体的二氧化碳的流量、再利用气体的水蒸气的流量,由质量流量控制器23对在水蒸气供给机构2流动的水蒸气的流量进行控制。

[0057] 二氧化碳流量计算步骤S2中计算的再利用气体的二氧化碳的流量也可以基于改性器6和燃料电池3的运转条件的信息(气体消耗量、气体生成量、反应气体利用率、反应温度等)、原料的流量信息、在水蒸气供给机构2流动的水蒸气的流量、再利用气体相对于阳极废气的流量比来计算。根据该计算方法,与使用用于检测二氧化碳流量的专用传感器的场合相比,系统构成变得简单,故而能实现低成本化。

[0058] 在该燃料电池系统控制方法中,根据再利用气体的二氧化碳以及水蒸气的流量来控制在水蒸气供给机构2流动的水蒸气的流量。因而,能在改性器6中以适当的水蒸气流量和二氧化碳流量稳定地进行水蒸气改性反应以及二氧化碳改性反应。

[0059] 实施方式3.

[0060] 图3是实施方式3所涉及的燃料电池系统控制方法的流程图。另外,对于与其他实施方式共同的构成标注相同的附图标记而省略说明。

[0061] 如图3所示那样,该燃料电池系统控制方法具有原料流量检测步骤S1、二氧化碳流量计算步骤S2、水蒸气流量计算步骤S3、一氧化碳流量计算步骤S5、甲烷流量计算步骤S6和水蒸气流量决定步骤S4。

[0062] 在一氧化碳流量计算步骤S5中,计算再利用气体机构4的再利用气体的一氧化碳(CO)的流量。例如能基于原料的流量、在水蒸气供给机构2流动的水蒸气的流量、改性器6和燃料电池3中的一氧化碳的产生量以及消耗量、再利用气体的流量,计算一氧化碳的流量。

[0063] 在甲烷流量计算步骤S6中,计算再利用气体机构4的再利用气体的甲烷(CH_4)的流量。例如能基于原料的流量、在水蒸气供给机构2流动的水蒸气的流量、改性器6和燃料电池

3中的甲烷的消耗量以及反应量、再利用气体的流量,计算甲烷的流量。

[0064] 在水蒸气流量决定步骤S4中,控制部5例如基于再利用气体的二氧化碳的流量、再利用气体的水蒸气的流量、再利用气体的一氧化碳的流量、再利用气体的甲烷的流量,由质量流量控制器23对在水蒸气供给机构2流动的水蒸气的流量进行控制。

[0065] 将来自水蒸气供给机构2的水蒸气的流量(每单位时间的摩尔数)与再利用气体的水蒸气的流量(每单位时间的摩尔数)之和设为S1。将原料所含的碳(每单位时间的摩尔数)、再利用气体的一氧化碳的流量(每单位时间的摩尔数)以及再利用气体的甲烷的流量(每单位时间的摩尔数)之和设为C1。S1与C1的比率(S1/C1)优选小于2.5。若S1/C1小于2.5,则能削减水蒸气改性所使用的水蒸气量。因而,能削减用于在水蒸气产生器9中产生水蒸气的能量。

[0066] 将来自水蒸气供给机构2的水蒸气的流量(每单位时间的摩尔数)、再利用气体的水蒸气的流量(每单位时间的摩尔数)以及再利用气体的二氧化碳的流量(每单位时间的摩尔数)之和设为S2。S2与C1的比率(S2/C1)优选为2以上。若S2/C1为2以上,则改性反应中的水蒸气改性的比率提高,因而能实现碳析出少的稳定的改性反应。因而,能实现系统效率的提高。

[0067] 在该燃料电池系统控制方法中,根据再利用气体的二氧化碳、水蒸气、一氧化碳以及甲烷的流量,对在水蒸气供给机构2流动的水蒸气的流量进行控制。因而,能在改性器6中实现稳定的水蒸气改性以及二氧化碳改性。

[0068] 对燃料电池3的负荷变化时的燃料电池系统控制方法进行说明。在燃料电池3的负荷发生变化时,优选的是,至少根据从燃料电池3的运转条件得到的负荷信息和再利用气体的二氧化碳的流量信息,进行水蒸气流量决定步骤。

[0069] 根据该燃料电池系统控制方法,在负荷上升时,能抑制改性器6中的水蒸气改性以及二氧化碳改性的反应效率降低。

[0070] 实施方式4.

[0071] 图4是实施方式4所涉及的燃料电池系统200的示意图。另外,对于与其他实施方式共同的构成标注相同的附图标记而省略说明。

[0072] 如图4所示那样,燃料电池系统200具备对分离部12中的水蒸气的温度进行检测的温度计25。温度计25的检测值表示分离部12中的阳极废气的凝结温度。

[0073] 在该燃料电池系统控制方法中,由于温度计25的检测值表示阳极废气的凝结温度,所以,控制部5能基于温度计25的检测值来决定再利用气体的水蒸气的流量。

[0074] 实施方式5.

[0075] 图5是实施方式5所涉及的燃料电池系统300的示意图。另外,对于与其他实施方式共同的构成标注相同的附图标记而省略说明。

[0076] 如图5所示那样,燃料电池系统300具备喷射器308来替代混合器8(参照图1)。喷射器308设于原料供给机构1。在喷射器308上连接有水蒸气供给机构2、供给路径31以及再利用气体机构4。喷射器308将来自水蒸气供给机构2的水蒸气作为驱动流体,吸引来自再利用气体机构4的再利用气体。喷射器308也能将来自水蒸气供给机构2的水蒸气作为驱动流体,吸引来自供给路径31的原料。

[0077] 在供给路径11中设有对再利用气体的流量进行检测的流量计26。流量计22和流量

计26若为相同规格,则无论在供给路径11以及再利用气体机构4流通的混合气体的组分如何,都能基于流量计22的检测值和流量计26的检测值来计算再利用气体相对于阳极废气的流量比。控制部5能考虑该流量比来控制在水蒸气供给机构2流动的水蒸气的流量。

[0078] 在该燃料电池系统控制方法中,由于能使用喷射器308来吸引再利用气体以及原料,所以,与使用鼓风机等供给再利用气体以及原料的场合相比,能实现节能。

[0079] 另外,本公开的技术的范围并不限定于上述实施方式,在不脱离本公开的构思的范围内可施加各种变更。

[0080] 例如,在图1所示的燃料电池系统100中,改性器6与燃料电池3分体设置,但也能在燃料电池的内部进行改性反应。因而,燃料电池系统也可以是不具备改性器的构成。

[0081] 在图1所示的燃料电池系统100中,水蒸气产生器9通过与阳极废气的热交换来产生水蒸气,但水蒸气产生器的构成并没有特别限定。水蒸气产生器例如也可以利用燃料电池的排热来产生水蒸气。水蒸气产生器例如也可以利用改性器内部的热来产生水蒸气。

[0082] 附图标记的说明

[0083] 1…原料供给机构,2…水蒸气供给机构,3…燃料电池,4…再利用气体机构,5…控制部,6…改性器,100、200、300…燃料电池系统。

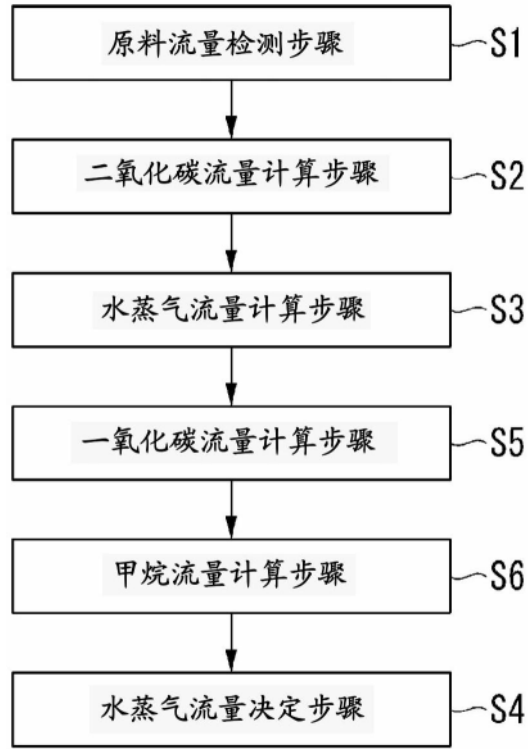


图3

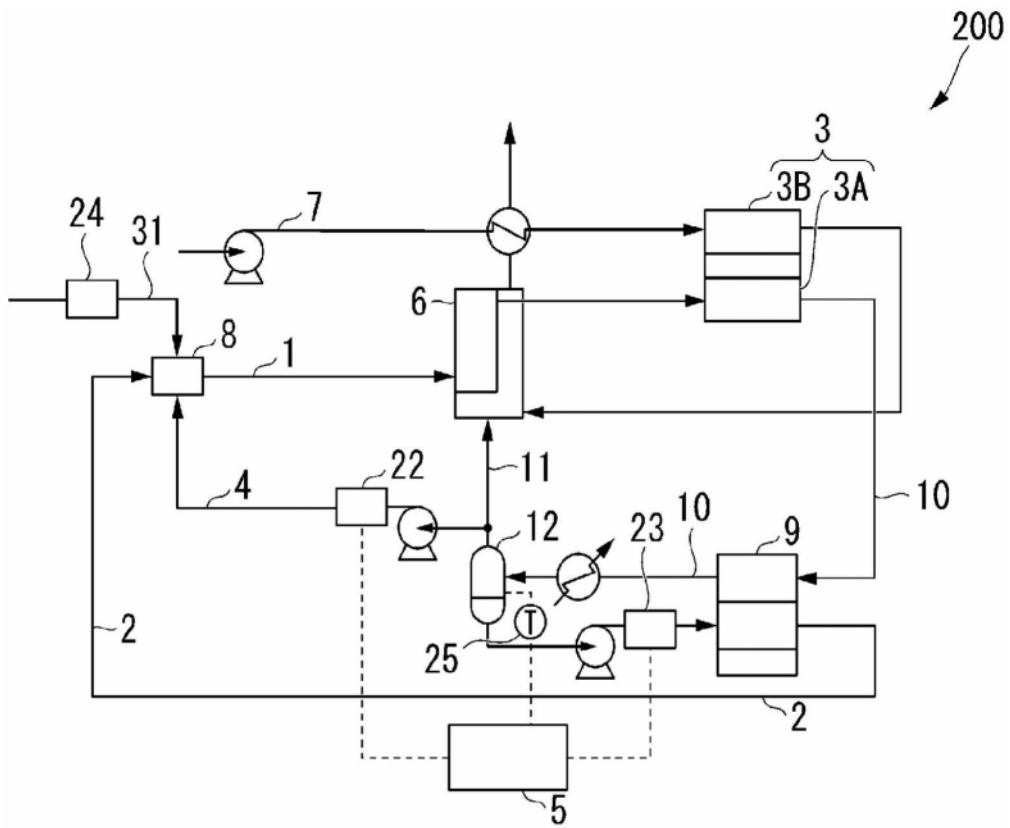


图4

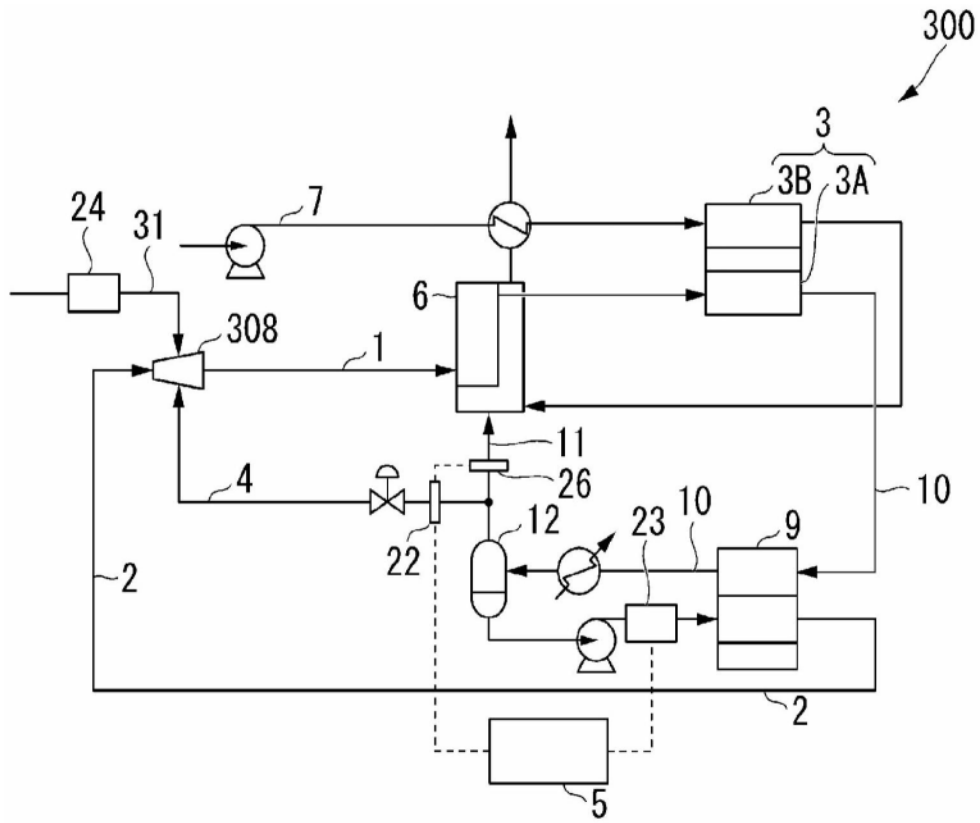


图5