

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01M 8/04 (2006.01)

H01M 8/06 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480000540.4

[45] 授权公告日 2007 年 9 月 12 日

[11] 授权公告号 CN 100337361C

[22] 申请日 2004.1.30

[21] 申请号 200480000540.4

[30] 优先权

[32] 2003. 2. 19 [33] JP [31] 041147/2003

[86] 国际申请 PCT/JP2004/000954 2004. 1. 30

[87] 国际公布 WO2004/075327 英 2004. 9. 2

[85] 进入国家阶段日期 2005. 1. 24

[73] 专利权人 日产自动车株式会社

地址 日本神奈川县

[72] 发明人 的场雅司

[56] 参考文献

EP 1248312A2 2002. 10. 9

US 2002/0094469A1 2002. 7. 18

US 2001/0014414A1 2001. 8. 16

审查员 刘 颖

[74] 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事务所

代理人 刘新宇 权鲜枝

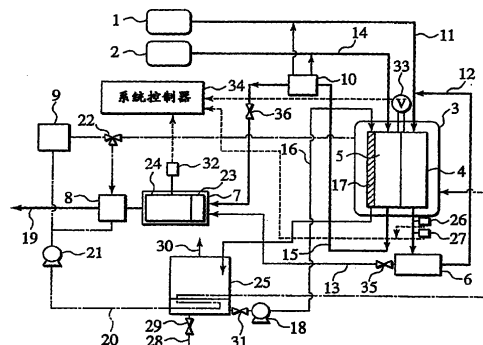
权利要求书 3 页 说明书 16 页 附图 7 页

[54] 发明名称

燃料电池系统和燃料电池操作方法

[57] 摘要

本发明公开了一种燃料电池系统及相关方法，具有燃烧在燃料气体或阳极废气和氧化剂气体或阴极废气之间的混合气体的催化燃烧器(7)，操作系统控制器(35)进行控制，使得至少在从向催化燃烧器供应混合气体开始直到判别出催化燃烧器被充分活化的点火阶段，混合气体的燃料气体浓度保持在给定范围(大于催化剂活化下限，低于可燃贫乏限度)，而在点火阶段过去之后，即使燃料气体浓度处于偏离给定范围的值，也把混合气体供应至催化燃烧器。



1. 一种燃料电池系统，包括：

供应燃料气体的燃料气体供应单元；

供应氧化剂气体的氧化剂气体供应单元；

燃料电池堆，由燃料气体和氧化剂气体之间的电化学反应产生电能；

燃烧阳极废气和阴极废气之间的混合气体的催化燃烧器；

向催化燃烧器提供阳极废气的阳极废气控制阀；

向催化燃烧器提供阴极废气的阴极废气控制阀；以及

对阳极废气控制阀和阴极废气控制阀进行控制的控制器，使得至少在从向催化燃烧器供应混合气体开始直到判别出催化燃烧器被充分活化的点火阶段，混合气体的燃料气体的平均浓度保持在给定范围，而在点火阶段过去之后，即使燃料气体的平均浓度处于偏离给定范围的值，也可把混合气体供应至催化燃烧器，其中

所述给定范围确定为大于使混合气体的燃烧温度达到催化燃烧器的活化温度的浓度并且低于形成混合气体的可燃极限的浓度。

2. 根据权利要求1的燃料电池系统，其中控制器控制阳极废气控制阀，从而在点火阶段将阳极废气间歇地提供给催化燃烧器。

3. 根据权利要求1的燃料电池系统，其中控制器控制阴极废气控制阀，从而在点火阶段将阴极气体间歇地提供给催化燃烧器。

4. 根据权利要求1的燃料电池系统，其中所述控制器控制阳极废气控制阀，从而在点火阶段以瞬间增加的流量将阳极废气提供给催化燃烧器。

5. 根据权利要求1的燃料电池系统，其中所述控制器控制阴极废气控制阀，从而在点火阶段以瞬间下降的流量将阴极废气提供给催化燃烧器。

6. 根据权利要求1的燃料电池系统，其中控制器控制阳极废气控制阀将阳极废气提供给催化燃烧器，从而在点火阶段使混合气体中

的阳极废气的最大浓度处于给定范围。

7. 根据权利要求 1 的燃料电池系统，还包括：

第一温度检测器，检测催化燃烧器的操作温度，以产生表示催化剂温度低于催化剂活化温度的检测信号；

其中，控制器响应检测信号，以打开阳极废气控制阀，并控制阴极废气控制阀，从而把阳极废气和阴极废气引入催化燃烧器。

8. 根据权利要求 7 的燃料电池系统，还包括：

第二温度检测器，检测从阳极中排出的阳极废气的温度，提供阳极废气温度信号；

压力检测器，检测从阳极中排出的阳极废气的压力，提供阳极废气压力信号；并且其中：

控制器响应阳极废气温度信号和阳极废气压力信号，以估算从阳极排出的阳极废气的流量，从而以表示阳极废气流量的估算结果为基础计算输送过阴极废气控制阀的阴极废气的所需流量，并根据计算结果控制阴极废气控制阀的打开程度。

9. 根据权利要求 8 的燃料电池系统，其中控制器存储表示给定燃料浓度的阳极废气供应模式，并响应表示阳极废气流量的估算结果选择用于控制阳极废气控制阀的流量的阳极废气供应模式。

10. 一种操作燃料电池系统的方法，该燃料电池系统具有用于供应燃料气体的燃料气体供应单元和用于供应氧化剂气体的氧化剂气体供应单元，该方法包括：

提供燃料电池堆，由燃料气体和氧化剂气体之间的电化学反应产生电能；

提供催化燃烧器，该燃烧器燃烧在从燃料电池堆的阳极排出的阳极废气和从燃料电池堆的阴极排出的阴极废气之间的混合气体；以及

控制供应到催化燃烧器的混合气体的平均燃料浓度，使得至少在向催化燃烧器供应混合气体开始直到判别出催化燃烧器被充分活化的点火阶段，混合气体的燃料气体的平均浓度保持在给定范围，而在点火阶段过去之后，即使燃料气体的平均浓度处于偏离给定范围的

值，也把混合气体供应至催化燃烧器，其中

所述给定范围确定为大于使混合气体的燃烧温度达到催化燃烧器的活化温度的浓度并且低于形成混合气体的可燃极限的浓度。

燃料电池系统和燃料电池操作方法

技术领域

本发明涉及燃料电池系统，具体而言，本发明涉及具有改进的阳极废气燃烧特性的燃料电池系统，以及相关方法。

背景技术

燃料电池系统用于燃料气体例如氢气与含氧的氧化剂气体彼此之间的电化学反应，从而使电能从在电解质膜的两侧上设置的电极中取出。尤其是，由于采用固体电解质的固体聚合物燃料电池工作温度低、便于控制，因此它作为电动汽车用电源倍受关注。也就是说，燃料电池驱动车辆是终极清洁车辆，在这种车辆上安装有吸氢装置例如高压氢罐、液氢罐和吸氢非晶合金罐，从而把由吸氢装置提供的氢、和含氧空气传送给燃料电池，以实现从燃料电池提取电能的反应，来驱动连接成用以驱动车轮的马达，仅剩下水作为排放物质。

在固体聚合物燃料电池中，当采用空气作为氧化剂气体时，从阴极经过电解质膜到达阳极的氮气保留在阳极系统中，由此降低了氢气分压，造成燃料电池效率降低。因此，如果在阳极系统中保留有一些氮气的话，就需要由在阳极出口处设置的净化阀将含氮燃料气体净化到系统的外部。这种操作有时称作“阳极净化”。当这种情况发生时，从阳极排出的气体称作阳极废气，阳极废气中含有含氢的可燃气体。人们并不希望直接把氢排放到外部，因此，在催化燃烧器中燃烧净化后的阳极废气，由此将含氮气体和水蒸汽的混合气体排放到系统的外部。

在用于燃烧阳极废气的技术中，一种典型的技术记载在日本专利临时公开 7-78626（参见第 3 页和图 1）中。这种技术以在使混合器中的阳极废气和阴极废气之间的混合比为偏离爆炸极限的值的预定关系为基础，根据在燃料线路中输送气体的流量，采取了一种由允许一

部分阴极废气和阳极废气在燃料电池中混合的混合器和调节在废气传送线路中燃烧废气的流量的调节器单元构成的结构形式。

发明内容

然而，由于原有技术采取了其中以特定混合比（该混合比为偏离爆炸范围的值）燃烧阳极废气和阴极废气的结构形式，在燃烧混合气体的混合比落入低于爆炸贫乏极限的值的条件下，燃烧所需的氧化剂气体的流量增加，因此，用于处理燃料气体所需的催化剂的量也增加。这造成了以下问题：需要形成超大尺寸的催化燃烧器；或者，由于燃烧温度相对降低至较低值，因此热量的回收效率变差。

此外，原有技术遇到的另一问题在于，当混合比为高于浓度范围上限的值时，可燃气体排放到系统外部，导致安全可靠性的降低。

为了解决上述问题，本发明的一种方案是提供一种燃料电池系统，包括：供应燃料气体的燃料气体供应单元；供应氧化剂气体的氧化剂气体供应单元；燃料电池堆，由燃料气体和氧化剂气体之间的电化学反应产生电能；燃烧阳极废气和阴极废气之间的混合气体的催化燃烧器；向催化燃烧器提供阳极废气的阳极废气控制阀；向催化燃烧器提供阴极废气的阴极废气控制阀；以及对阳极废气控制阀和阴极废气控制阀进行控制的控制器，使得至少在从向催化燃烧器供应混合气体开始直到判别出催化燃烧器被充分活化的点火阶段，混合气体的燃料气体的平均浓度保持在给定范围，而在点火阶段过去之后，即使燃料气体的平均浓度处于偏离给定范围的值，也可把混合气体供应至催化燃烧器，其中所述给定范围确定为大于使混合气体的燃烧温度达到催化燃烧器的活化温度的浓度并且低于形成混合气体的可燃极限的浓度。

本发明的另一方案是一种操作燃料电池系统的方法，该燃料电池系统具有用于供应燃料气体的燃料气体供应单元和用于供应氧化剂气体的氧化剂气体供应单元，该方法包括：提供燃料电池堆，由燃料气体和氧化剂气体之间的电化学反应产生电能；提供催化燃烧器，该燃

烧器燃烧在从燃料电池堆的阳极排出的阳极废气和从燃料电池堆的阴极排出的阴极废气之间的混合气体；以及控制供应到催化燃烧器的混合气体的平均燃料浓度，使得至少在从向催化燃烧器供应混合气体开始直到判别出催化燃烧器被充分活化的点火阶段，混合气体的燃料气体的平均浓度保持在给定范围，而在点火阶段过去之后，即使燃料气体的平均浓度处于偏离给定范围的值，也把混合气体供应至催化燃烧器，其中所述给定范围确定为大于使混合气体的燃烧温度达到催化燃烧器的活化温度的浓度并且低于形成混合气体的可燃极限的浓度。

附图说明

图 1 是本发明的第一实施例的燃料电池系统的总体结构图。

图 2A 至 2C 是用于说明在图 1 所示的第一实施例的燃料电池系统中如何进行系统控制的时序图。

图 3 是说明图 1 所示的第一实施例的燃料电池系统操作的基本顺序的控制流程图。

图 4A 至 4C 是用于说明在本发明第二实施例的燃料电池系统中如何进行系统控制的时序图。

图 5 是说明第二实施例的燃料电池系统操作的基本顺序的控制流程图。

图 6A 至 6C 是用于说明在本发明第三实施例的燃料电池系统中如何进行系统控制的时序图。

图 7 是说明第三实施例的燃料电池系统操作的基本顺序的流程图。

具体实施方式

(第一实施例)

现在参见图 1、图 2A-2C 和图 3，详细描述根据本发明的燃料电池系统的第一实施例。图 1 是第一实施例的燃料电池系统的结构图。

在图 1 中, 示出了本实施例的燃料电池系统, 该系统包括: 通过阳极气体供应管道 11 向燃料电池堆 3 的阳极 4 提供作为燃料气体的氢气的氢气供应单元 (燃料气体供应单元) 1; 通过阴极气体供应管道 14 向阴极 5 提供作为氧化剂气体的空气的空气供应单元 (氧化剂气体供应单元) 2。向燃料电池堆 3 提供氢和空气, 以实现电化学反应, 由此产生电能。

当此反应发生时, 在阳极 4 中未被消耗的阳极废气从阳极 4 排出, 由在阴极 5 中消耗的一部分氧化剂气体产生的并含有由发电产生的水分的阴极废气从阴极 5 排出。

在燃料电池堆 3 正常工作的过程中, 全部量的阳极废气通过阳极废气循环管道 12 传输到阳极气体供应管道 11, 并重新引入阳极 4。另一方面, 阴极废气通过阴极废气输送管道 15 和用于加湿将被引入到燃料电池堆 3 的氢和空气的加湿器 10 传输到催化燃烧器 7, 阴极废气通过燃烧器排出到外部。

催化燃烧器 7 由混合器 23 和燃烧室 24 构成, 在混合器 23 中氢气或阳极废气以及空气或阴极废气混合成均匀的混合气体, 燃烧室 24 装有燃烧催化剂以燃烧混合气体, 从而形成燃烧气体。燃烧气体与在冷却剂热交换器 8 中的冷却剂进行热交换, 然后通过排气管 19 排出到系统外部。

为了使燃料电池堆 3 保持在适于发电的最佳工作温度, 燃料电池堆 3 在内部形成有冷却剂通道 (未示出)。在正常工作状态, 冷却剂从燃料电池堆 3 的冷却剂出口流过冷却剂通道调节阀 22、冷却剂冷却单元 9、冷却剂泵 21 和在排水槽 25 中的冷却剂通道, 并循环至燃料电池堆 3 的冷却剂进口、在燃料电池堆 3 中的冷却剂通道以及它的冷却剂出口。并且, 在燃料电池堆 3 中形成的反应热量从冷却剂冷却单元 9 散发到外部, 由此使燃料电池堆 3 保持在规定的适当温度。

并且, 在燃料电池系统的启动模式下, 由于冷却剂的温度保持在低值, 因此把氢和空气引入催化燃烧器 7 以燃烧这些成分, 采用燃烧热量来加热经过冷却剂热交换器 8 的冷却剂, 以提高冷却剂温度, 从

而把燃料电池堆 3 加热至最佳工作温度。特别是，在启动模式下，冷却剂通道调节器阀 22 让冷却剂泵 21 和冷却剂热交换器 8 彼此连接，由此使冷却剂经过由冷却剂热交换器 8、冷却剂泵 21、排水槽 25、燃料电池堆 3 的冷却剂进口、燃料电池堆 3 的冷却剂出口和冷却剂通道调节阀 22 构成的封闭回路进行循环。这使得在冷却剂热交换器 8 中的冷却剂温度逐步升高，由此使燃料电池堆 3 的工作温度升高至适于开始启动操作的温度。

并且，由燃料电池堆 3 的阴极 5 产生的水经由水管 17 排出到排水槽 25，在排水槽 25 中进行水的去离子化，于是把纯水加入到去离子化水中。为了加湿燃料电池堆 3 的电解质膜，水从排水槽 25 中抽出并经过水供应管道 16 循环至燃料电池堆 3。此外，由排水阀 29 控制排水槽 25 中过量的水，并由排水管道 28 排出到外部。这种纯水流的循环路径所起的作用是，对流过上述排水槽 25 的冷却剂进行加热，避免纯水温度下降，避免纯水冻结，或对冻结的纯水进行解冻。

把检测催化燃烧器 7 的温度的温度检测器 32、检测燃料电池堆 3 的输出电压的电压检测器 33、检测在阳极出口处的阳极废气压力的压力检测器 26 和检测在阳极出口处的阳极废气的温度的温度检测器 27 连接到控制燃料电池系统的系统控制器（用作控制装置）34。

系统控制器 34 接收由这些检测器提供的检测信号，判别催化燃烧器 7 的活化条件，并控制氢供应单元 1、空气供应单元 2、用作控制阀的阳极废气排放阀 35、用作阴极压力控制阀的阴极废气排放阀 36，由此控制在催化燃烧器 7 中的氢气或阳极废气和空气或阴极废气之间的混合气体的燃料浓度。

图 2A 至 2C 是用于说明形成第一实施例一部分的系统控制器 34 如何控制将提供给催化燃烧器 7 的混合气体的氢气浓度的时序图，图 2A 表示供应给催化燃烧器的氢气浓度，图 2B 表示催化燃烧器 7 的温度，图 2C 表示从催化燃烧器 7 中放出的废氢的浓度。

首先，在时间 t1，当催化燃烧器 7 的温度完全保持低于催化剂活化温度时，系统控制器 34 对由温度检测器 32 发出的检测信号作出响

应，并操作阳极废气排放阀 35、空气供应单元和阴极废气排放阀 36，从而开始以高于催化剂活化下限并低于可燃贫乏极限的给定氢浓度向催化燃烧器 7 提供在氢或阳极废气和空气或阴极废气之间的混合气体。

由于当以高于催化剂活化下限并低于可燃贫乏极限的给定氢浓度提供混合气体时催化燃烧器 7 几乎没有活性，因此在最初阶段，以接近于向催化燃烧器 7 提供的氢浓度的氢浓度排出废气。然而，由于在 t_1 和 t_2 之间的点燃阶段进行催化剂的活化并提高了转换效率，因此废氢的浓度下降，催化燃烧器 7 的温度升高。

并且，在时间 t_2 ，当催化燃烧器 7 的温度达到催化剂活化温度时，系统控制器 34 提高由氢供应单元 1 提供的氢的流量，从而将氢浓度增加至大于可燃贫乏极限的值。虽然这使得氢浓度提高，但由于催化燃烧器 7 的温度已经达到催化剂活化温度，因此使得引入催化燃烧器 7 中的混合气中的氢气充分得以转化，这样废氢的浓度接近于零，并维持在远远低于可燃贫乏极限的氢浓度。

下面，参照图 3 的控制流程图，对由形成本实施例一部分的系统控制器 34 所进行的控制进行描述。

首先，在步骤 S10 中，系统控制器 34 判别燃料电池堆 3 是否处于给定状态。此处，进行判别以查明由用于检测燃料电池堆 3 的输出电压的电压检测器 33 得出的检测电压值是否低于给定电压值。如果发现检测电压值超过给定电压值，操作返回至步骤 S10。

相反，如果发现检测电压值保持在低于给定电压值，操作进行至步骤 S12，以使系统控制器 34 产生需要净化操作的发出信号。在接收到此发出信号时，系统控制器 34 打开阳极废气排放阀 35，从而使阳极废气以给定流量从阳极废气再循环单元 6 供应至催化燃烧器 7，同时控制燃料供应单元 1，从而以基本上等于由阳极废气再循环单元 6 放出的阳极废气流量的值而增高的流量将氢气供应至燃料电池堆 3，并使氢保持在固定压力之下。在此方面，为了简化结构，阳极废气排放阀 35 示例性地采取切断阀的形式。

在下一步骤 S14 中,以分别由压力检测器 26 和温度检测器 27 检测出的阳极废气的压力和温度为基础,估算将由燃料电池堆 3 放出的阳极废气的流量。

在随后的步骤 S16,根据估算出的阳极废气的流量进行计算,以得到为了把将供应到催化燃烧器 7 的混合气体维持在高于使燃烧温度升高至催化燃烧器 7 的活化温度的值并低于氢气的可燃贫乏限度(低于 4% 的值,此处,例如,3%)的氢浓度所要求的所需增加空气流量(即,所需的阴极废气流量)。

在随后的步骤 S18,根据计算获得的增加空气流量,系统控制器 34 控制空气供应单元 2,以增加将供应到燃料电池堆 3 的的空气的流量,此后,阳极废气由阳极废气排放阀 35 排出。

这里,在开始放出阳极废气之后判别出催化燃烧器 7 被完全活化的点火阶段(图 2 中的 t_1 和 t_2 之间),催化燃烧器 7 保持在比较低的温度,转换效率不足,存在着一部分阳极废气在未被燃烧的状态下排放到系统外部的可能性。当这种情况发生时,由于未燃烧的氢气保持在低于可燃贫乏限度的浓度,在系统内部或外部没有发生点火,不用担心会发生系统安全性的恶化。

在随后的步骤 S20 中,进行判别以查明由温度检测器 32 检测出的催化燃烧器 7 的温度是否超过活化温度。如果发现催化燃烧器 7 的温度低于活化温度,在步骤 S20 中等待操作。

在时间 t_2 发现催化燃烧器 7 的温度超过活化温度时,由于催化燃烧器 7 完全被活化,发生未燃烧氢被排出的可能性极低,因此操作进行至步骤 S22,以中断增加空气流量的操作,同时使阳极废气继续排放。

在随后的步骤 S24,等待操作,直至用于检测燃料电池堆 3 的输出电压的电压检测器 33 的检测电压值达到高于给定电压值的值。如果发现检测出的电压值超过了给定电压值,操作进行至步骤 S26,在步骤 S26 中,阳极废气排放阀 35 关闭以中断阳极废气的排放,同时操作恢复至给定的操作状态。

根据上述列出的第一实施例,由于系统控制器进行控制的能力使得至少在开始供应混合气体之后发现催化燃烧器7被充分活化的点火阶段,在混合气体中的燃料气体浓度保持在给定范围,并在发现催化燃烧器7被完全活化之后,即使混合气体处于偏离上述燃料气体浓度的范围的值,该气体也可被有效地提供,可以根据催化燃烧器7的情况在适当条件下操作燃料电池系统。

此外,通过将在点火阶段的燃料气体浓度选择成高于使混合气体的燃烧温度达到催化燃烧器的活化温度的浓度,可迅速地活化催化燃烧器的催化剂,减少未燃烧气体的排放。

此外,通过将在点火阶段的燃料气体浓度范围选择成低于使其处于燃料气体的可燃极限的浓度,废气可安全地排放到系统外部,即使在催化燃烧器中发生燃烧不充分而排放出未燃烧的燃料气体的情况下,也没有造成废气着火。

并且,在一定条件下,例如寒冷的温度,催化燃烧器7难以活化,本发明的控制构思可应用于利用辅助加热器装置如电加热器进行点火的情况。

(第二实施例)

下面,参照图4A至4C和图5,描述根据本发明第二实施例的燃料电池系统。第二实施例的燃料电池系统的结构类似于图1所示的结构,为了简化描述,相同的部件采用相同的参考标记。

本实施例的燃料电池系统与第一实施例的不同点在于,在点火阶段,不进行空气流量增加的操作,系统控制器(控制装置)34以短于点火时间段的给定时间间隔间歇地提供阳极废气的方式进行控制。

图4A-4C是用于说明形成第二实施例一部分的系统控制器34如何控制将供应到催化燃烧器7的混合气体的氢浓度的时序图,图4A表示供应到催化燃烧器7的氢的浓度;图4B表示催化燃烧器7的温度;图4C表示从催化燃烧器7排放出的废氢的浓度。

首先,在时间t1,当催化燃烧器的温度完全保持在低于催化剂活化温度时,系统控制器34对由温度检测器32产生的检测信号作出响

应,并控制氢气供应单元1和空气供应单元2,以分别向催化燃烧器7间歇地提供氢或阳极废气并连续地供应空气或阴极废气。当这种情况发生时,把在被间歇提供的氢或阳极废气和将被连续提供的空气或阴极废气之间的混合气体的平均氢浓度设定成高于催化剂活化下限并低于可燃贫乏限度。

当在这种平均浓度下开始混合气体的供应时,由于催化燃烧器7基本上没有活性,在最初阶段排放出具有接近于供应氢浓度的氢浓度的废气。然而,由于在 t_1 和 t_2 之间的点火阶段进行催化剂活化从而提高了转换效率,废氢浓度间歇地降低,催化燃烧器的温度以具有圆形构形的向上突出状态升高。

并且,在时间 t_2 ,当催化燃烧器7的温度达到了催化剂活化温度时,系统控制器34控制氢气供应单元1,以允许把阳极废气供应给催化燃烧器7,从而使混合气体的氢浓度大于可燃贫乏极限。虽然这允许供应氢浓度的提高,但是由于催化燃烧器7的温度已经达到了催化剂活化温度,因此在混合气体中的氢气得以充分转化,因此废氢的浓度接近于零,并维持在远远低于可燃贫乏限度的低浓度。

这使得在点火阶段的平均氢浓度保持在特定浓度,该浓度致使燃烧温度在催化燃烧器7的活化温度以上,并在氢的可燃贫乏限度以下(低于4%的值,这里,例如,3%)。

因此,由于在阳极废气排放阀35和催化燃烧器7之间存在短距离,因此能够以高响应调节在混合气体中的氢浓度,并且可以采用由简化结构如切断阀构成的阳极废气排放阀35。并且,由于没有增加空气的流量,因此可以限制形成空气供应单元2的压缩机的负载的增加,导致抑制电功率消耗的提高的能力。

下面,参照图5的控制流程图,描述由形成本实施例一部分的系统控制器34进行的控制。

首先,在步骤S30中,系统控制器34判别燃料电池堆3是否保持在给定状态。这里,进行判别以查明由用于检测燃料电池堆3的输出电压的电压检测器33得到的检测电压值是否低于给定电压值。如果

发现检测电压值超过给定电压值，操作返回至步骤 S30。

相反，如果发现检测电压值保持在低于给定电压值，操作进行至步骤 S32，以使系统控制器 34 产生需要净化操作的发出信号。在收到此发出信号后，系统控制器 34 间歇地打开和关闭阳极废气排放阀 35，以使阳极废气再循环单元 6 以给定流量把阳极废气排放到催化燃烧器 7，与此同时，控制氢气供应单元 1，以将氢的流量增加了基本上等于从阳极废气再循环单元 6 排出的阳极废气流量的量，同时让氢的压力保持在固定值。在此方面，为了简化结构，阳极废气排放阀 35 采取了切断阀的形式。

在下一步骤 S34 中，分别根据由压力检测器 26 和温度检测器 27 检测出的阳极废气的压力和温度估算阳极废气的流量。

在随后的步骤 S36 中，根据估算出的阳极废气的流量进行计算，以确定为了把将供应到催化燃烧器 7 的混合气体中的氢浓度维持在高于催化燃烧器 7 的活化温度以上的燃烧温度的浓度并低于氢气的可燃贫乏限度（低于 4% 的值，此处，例如，3%）的浓度所需的阳极废气的间歇放电条件。

在随后的步骤 S38 中，根据由计算得到的阳极废气的间歇放电条件，系统控制器 34 进行操作以使阳极废气排放阀 35 间歇地打开或关闭，从而间歇地排放阳极废气。当这种情况发生时，由于在输出排放信号之前阴极废气的排放流量维持在一定值，在阴极废气的排放流量上没有发生变化，不可能发生空气供应单元 2 的电功率消耗的增加。

这里，在开始放出阳极废气之后判别出催化燃烧器 7 被完全活化的点火阶段（图 4 中的 t_1 和 t_2 之间），催化燃烧器 7 保持在比较低的温度，转换效率不足，存在着一部分阳极废气在未被燃烧的状态下排出的可能性。当这种情况发生时，由于未燃烧的氢气保持在极短时间内超过可燃贫乏限度的浓度，在系统内部或外部没有发生点火，不用担心会发生系统安全性的恶化。

在随后的步骤 S40 中，进行判别以查明由温度检测器 32 检测出的催化燃烧器 7 的温度是否超过活化温度。如果发现催化燃烧器 7 的

温度低于活化温度，在步骤 S40 中等待操作。

在发现催化燃烧器 7 的温度超过活化温度时，由于催化燃烧器 7 完全被活化，发生未燃烧氢被排出的可能性极低，因此操作进行至步骤 S42，阳极废气排放阀 35 开始持续地排出阳极废气。

在随后的步骤 S44，等待操作，直至用于检测燃料电池堆 3 的输出电压的电压检测器 33 的检测电压值达到高于给定电压值的值。如果发现检测出的电压值超过了给定电压值，操作进行至步骤 S46，在步骤 S46 中，阳极废气排放阀 35 关闭以中断阳极废气的排放，同时操作恢复至给定的操作状态。

根据以上提出的第二实施例，由于存在着通过使混合气体中的燃料气体的平均浓度落在给定范围内的控制，可以将在点火阶段在未燃烧燃料气体的总量和将排放的废气的总量之间的比率调节至给定范围之内，因此即使把废气排放到不流动的空气空间时，也能够增加安全性。

此外，通过进行控制以便间歇地供应燃料气体，能够以大于给定范围的燃料气体浓度以脉冲形式供应混合气体，由于高浓度氢的供应使得热量值增加，由此提高了催化燃烧器的升温特性，并且，由于在点火阶段存在着使废气中的未燃烧氢浓度保持在比可燃烧极限低的平均值的控制，因此可以进行催化燃烧器的加热，并且以安全方式排出废气。

并且，相反，可采取让阳极废气保持在给定流量并让空气的流量间歇地增加的尝试，这样，在点火阶段的平均氢浓度处于其中燃烧温度超过催化燃烧器 7 的活化温度的浓度并且低于氢的可燃贫乏限度的浓度。

在这种情况下，可增加热量值，因此，可比较迅速地进行催化燃烧器 7 的活化。

并且，作为选择，在点火阶段将混合气体中的燃料气体的最大浓度控制在给定范围内。在这种情况下，废气可安全地排出到系统的外部，在其中存在着未燃烧的燃料气体被排放的可能性的点火阶段，在

任何时候都不会发生废气的点燃。

(第三实施例)

下面,参照图 6A 至 6C 和图 7,描述根据本发明第三实施例的燃料电池系统。第三实施例的燃料电池系统的结构类似于图 1 所示的结构。

本实施例的燃料电池系统与第一实施例的不同点在于,以点火阶段初步获得的氢浓度增加模式为基础提高阳极废气的流量,从而使混合气体中的氢浓度从比可燃贫乏限度低的浓度迅速变化成比可燃贫乏限度更高的浓度,并且使在点火阶段的平均氢浓度落入使燃烧温度达到大于催化燃烧器 7 的活化温度的值的浓度以上并且处于比氢的可燃贫乏限度低的氢浓度(4%,例如,3%)的值。

本实施例尝试采取以下结构,其中,阳极废气排放阀 35 由流动调节阀构成,并且进行控制使得随着催化燃烧器 7 的温度升高,阳极废气的流量增加,在温度保持低值、催化剂活性保持低值的条件下,所提供的阳极废气的流量保持低值,未燃烧氢的流量降低,因此,随着温度的升高,阳极废气的流量升高,由此抑制了系统安全性和可靠性的恶化。

然而,当这种情况发生时,在即使过去了给定模式预定的时间间隔之后催化燃烧器 7 的温度仍没有增加的情况下,例如催化剂恶化的情况,在终止了增加模式以便使催化燃烧器 7 具备活性之后,系统控制器 34 实现与第一实施例相同的控制。

图 6A 至 6C 是用于说明形成本实施例一部分的系统控制器 34 如何控制混合气体浓度的时序图,图 6A 表示供应给催化燃烧器的氢浓度,图 6B 是催化燃烧器的温度,图 6C 是从催化燃烧器放出的废氢的浓度。

首先,在时间 t_1 ,当催化燃烧器 7 的温度完全保持在低于催化剂活化温度时,系统控制器 34 对由温度检测器 32 产生的检测信号作出响应,并打开阳极废气排放阀 35 以开始向催化燃烧器 7 提供在氢或阳极废气和空气或阴极废气之间的混合气体。此后,根据选择的氢浓度

增加模式，系统控制器 34 增加阳极废气排放阀 35 的打开程度，以增加将被提供给催化燃烧器 7 的阳极废气的流量，从而增加在催化燃烧器 7 中的混合气体中的氢浓度。

当以高于催化剂活化下限并低于可燃贫乏限度的氢浓度开始提供混合气体时，由于催化燃烧器 7 基本上没有活性，在最初阶段排放出具有接近于供应氢浓度的氢浓度的废气。然而，由于在 t_1 和 t_2 之间的点火阶段进行催化剂的活化以提高转换效率，因此将被排出的废氢浓度下降，催化燃烧器的温度上升。

并且，在时间 t_2 ，当催化燃烧器 7 的温度已经在 t_2 达到催化剂活化温度时，系统控制器 34 增大阳极废气排放阀 35 的打开程度，从而增加将供应给催化燃烧器 7 的阳极废气的流量，由此将提供给催化燃烧器 7 的混合气体中的氢浓度增加至大于可燃贫乏限度的值。虽然这使氢浓度增加，但是由于催化燃烧器 7 的温度已经达到了催化剂活化温度，混合气体中的氢得以完全转化，因此废氢的浓度接近于零，并保持在远远低于可燃贫乏限度的低浓度。

下面，参照图 7 的控制流程图，描述由形成本实施例一部分的系统控制器进行的控制。

首先，在步骤 S50 中，系统控制器 34 判别燃料电池堆 3 是否保持在给定状态。这里，进行判别以查明由用于检测燃料电池堆 3 的输出电压的电压检测器 33 得到的检测电压值是否低于给定电压值。如果发现检测电压值超过给定电压值，操作返回至步骤 S50。

相反，如果发现检测电压值保持在低于给定电压值，操作进行至步骤 S52，以使系统控制器 34 产生需要净化操作的发出信号。在收到此发出信号时，系统控制器 34 打开阳极废气排放阀 35，以使阳极废气再循环单元 6 以给定流量把阳极废气排放到催化燃烧器 7，与此同时，控制氢气供应单元 1，以将氢的流量增加了基本上等于从燃料电池堆 3 排出的阳极废气流量的量，同时让氢的压力保持在固定值。

在下一步骤 S54 中，分别根据由压力检测器 26 和温度检测器 27 检测出的阳极废气的压力和温度估算阳极废气的流量。

在随后的步骤 S56 中, 根据估算出的阳极废气的流量, 系统控制器 34 选择阳极废气供应模式, 从而连续地提高将供应给催化燃烧器 7 的阳极废气的流量。在此方面, 根据经验得出多个阳极废气供应模式, 并将这些模式预先存储在系统控制器 34 中, 对于每种阳极废气流量这些模式都能够最短时间间隔内活化催化剂。

此外, 这些阳极废气供应模式包括下述模式: 在这些模式中, 将供应到催化燃烧器 7 的混合气体中的氢浓度维持在使燃烧温度高于催化燃烧器 7 的活化温度的浓度并且低于氢气的可燃贫乏限度(低于 4% 的值, 此处, 例如, 3%) 的浓度。

在随后的步骤 S58, 根据所选择的阳极废气供应模式, 系统控制器 34 进行操作, 以打开所控制的阳极废气排放阀 35, 从而开始阳极废气的排放, 同时计算从开始起经过的时间。

这里, 在开始放出阳极废气之后判别出催化燃烧器 7 被完全活化的点火阶段(图 6 中的 t_1 和 t_2 之间), 催化燃烧器 7 保持在比较低的温度, 转换效率不足, 存在着一部分阳极废气在未被燃烧的状态下排出的可能性。当这种情况发生时, 由于未燃烧的氢气保持在低于可燃贫乏限度的浓度, 在系统内部或外部没有发生点火, 不用担心会发生系统安全性的恶化。

在随后的步骤 S62 中, 系统控制器 34 根据所选择的阳极废气供应模式、以从放出阳极废气开始经过的时间间隔为基础、计算阳极废气的流量, 在步骤 S64 中, 调节阳极废气排放阀 35 的打开程度, 以达到计算出的流量, 由此调节流量。在步骤 S66 中, 进行判别以查明经过的时间间隔是否超过给定的时间间隔(图 6 中 t_2), 如果经过的时间间隔超过了给定时间间隔, 操作就返回至步骤 S62, 以根据选择的供应模式连续地排放阳极废气。

在步骤 S66 的判别中, 如果发现经过的时间间隔超过了给定的时间间隔, 操作就进行至步骤 S68, 判别由温度检测器 32 检测出的催化燃烧器 7 的温度是否超过活化温度。如果发现催化燃烧器 7 的温度低于活化温度, 在步骤 S66 中等待操作。

在发现催化燃烧器 7 的温度超过活化温度时, 由于催化燃烧器 7 完全被活化, 发生未燃烧氢被排出的可能性极低, 因此操作进行至步骤 S70, 以给定的阳极废气流量持续地排出阳极废气。

在随后的步骤 S72, 等待操作, 直至用于检测燃料电池堆 3 的输出电压的电压检测器 33 的检测电压值达到高于给定电压值的值。如果发现检测出的电压值超过了给定电压值, 操作进行至步骤 S74, 在步骤 S74 中, 阳极废气排放阀 35 关闭以中断阳极废气的排放, 同时操作恢复至给定的操作状态。

根据上面列出的第三实施例, 由于在点火阶段存在着瞬间增加地提供燃料气体的控制, 因此燃料气体猛烈地燃烧, 随后, 促进了催化燃烧器 7 的加热, 即使把燃料气体的浓度保持在可燃极限附近时, 燃料气体浓度也能够降低至低于可燃贫乏限度。在这种情况下, 燃料气体的热量值增加, 由此使点火时间间隔缩短。

并且, 相反, 在点火阶段根据预先获得的浓度增加模式, 空气流量的增加从最初值瞬间下降, 在点火阶段在混合气体中的氢平均浓度保持在给定范围, 同时将阳极废气保持在固定流量。在这种情况下, 由于能够提高热量值, 因此可比较迅速地进行催化燃烧器 7 的活化。

工业实用性

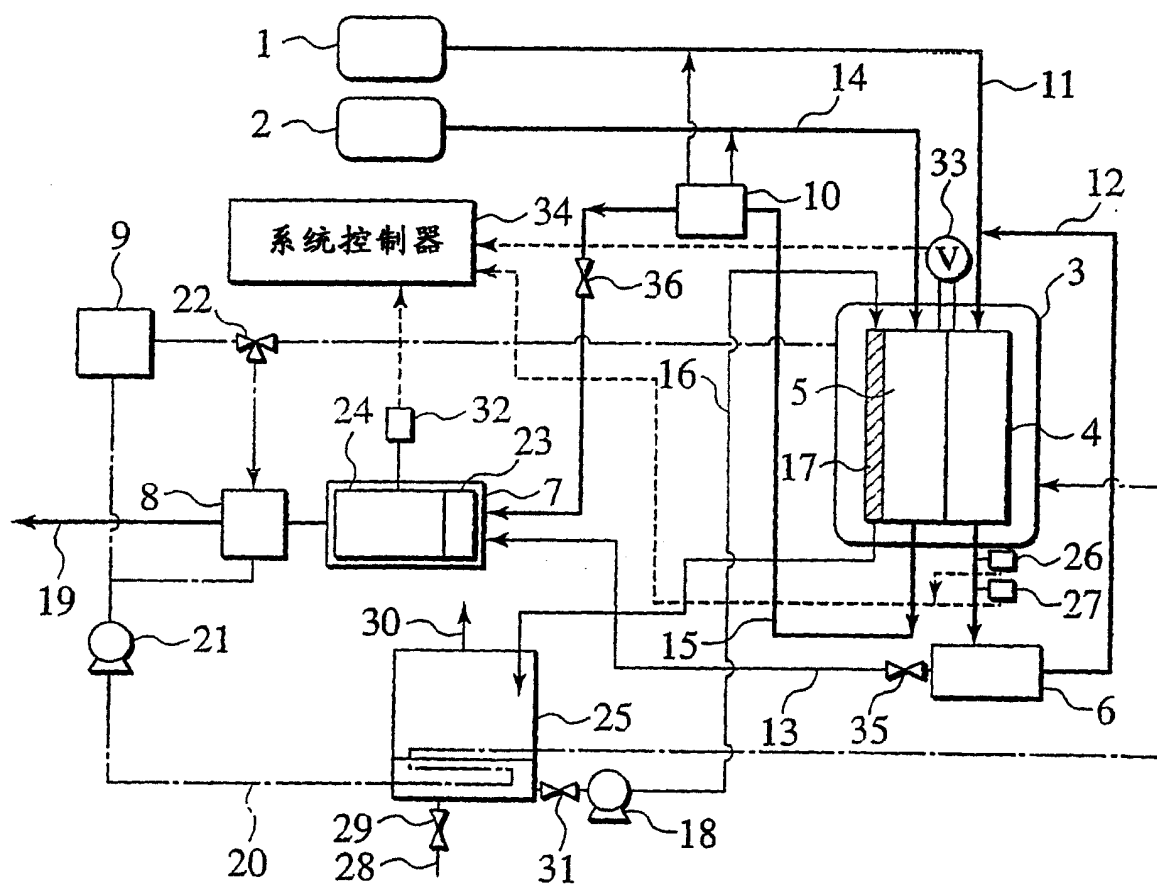
根据本发明, 由于具备以下功能: 在点火时间阶段, 进行判断, 至少从供应混合气体开始充分地活化催化燃烧器, 控制混合气体中的燃料气体浓度以保持在给定范围, 于是, 在进行判别之后, 催化燃烧器被充分地活化, 实现控制以使所提供的混合气体具有处于给定范围之外的值, 根据催化燃烧器的状态在适当条件下实现操作, 因此, 本发明具备的优点在于, 可提高热能的回收率, 同时避免催化燃烧器在结构上尺寸过大。

并且, 本发明不会将可燃气体排放到系统的外部, 因此改善了安全可靠。

在此将申请日为 2003 年 2 月 19 日的日本专利申请 P2003—041147 的全部内容引作参考。

虽然上面参照本发明的特定实施例描述的本发明，但本发明不限于上述实施例，鉴于上述启示，本领域技术人员可进行修改。本发明的保护范围由下述权利要求限定。

图1



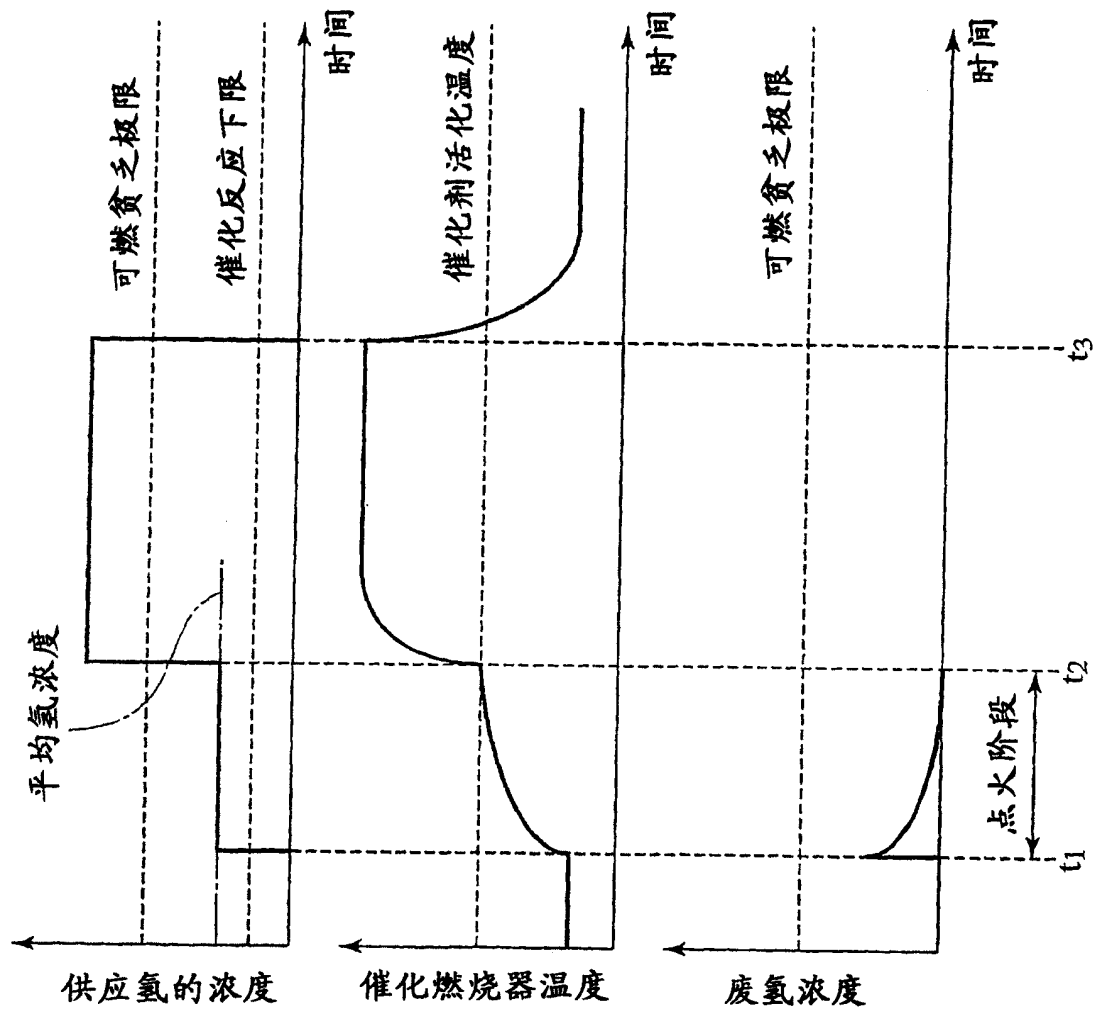
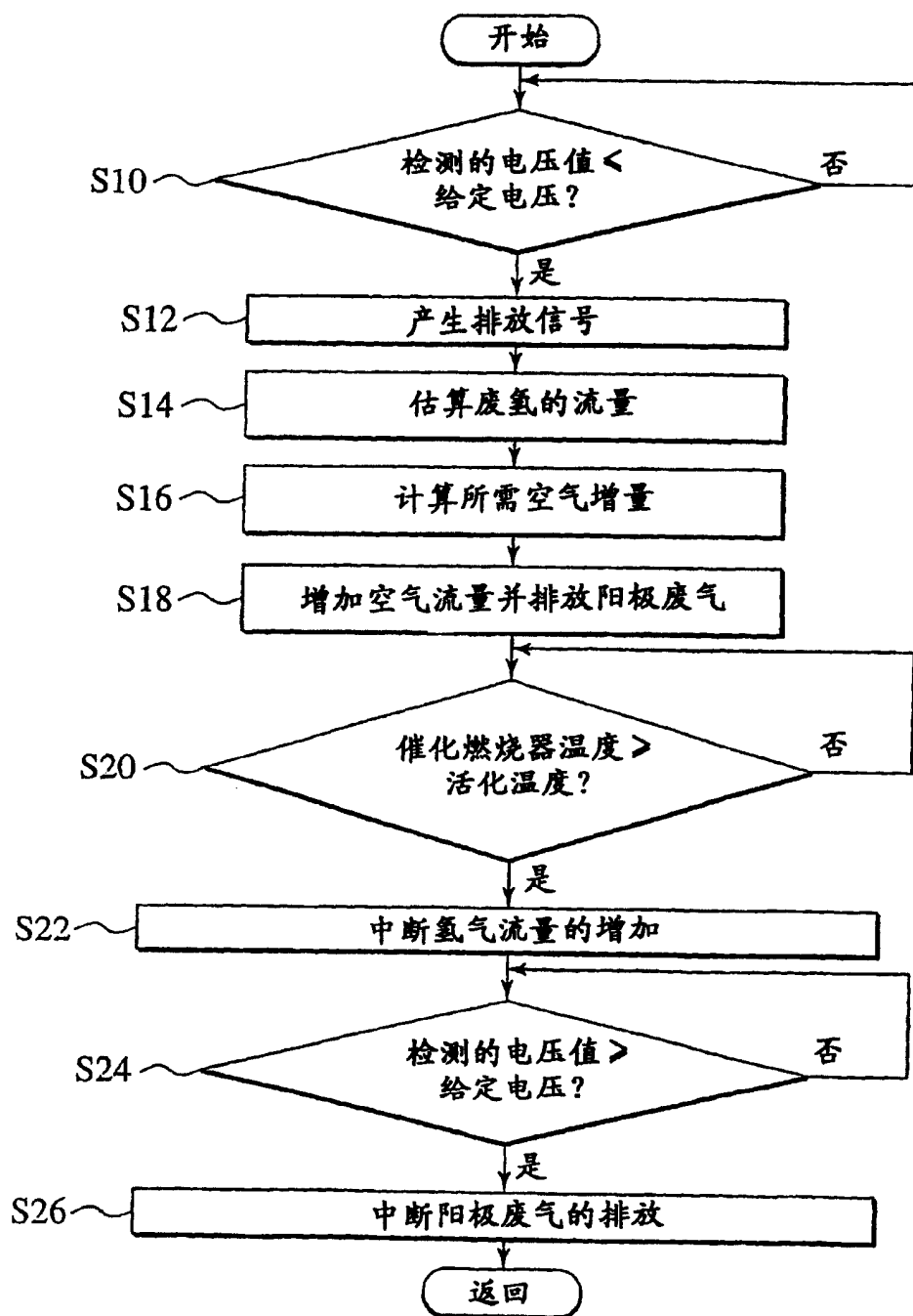


图 2A

图 2B

图 2C

图3



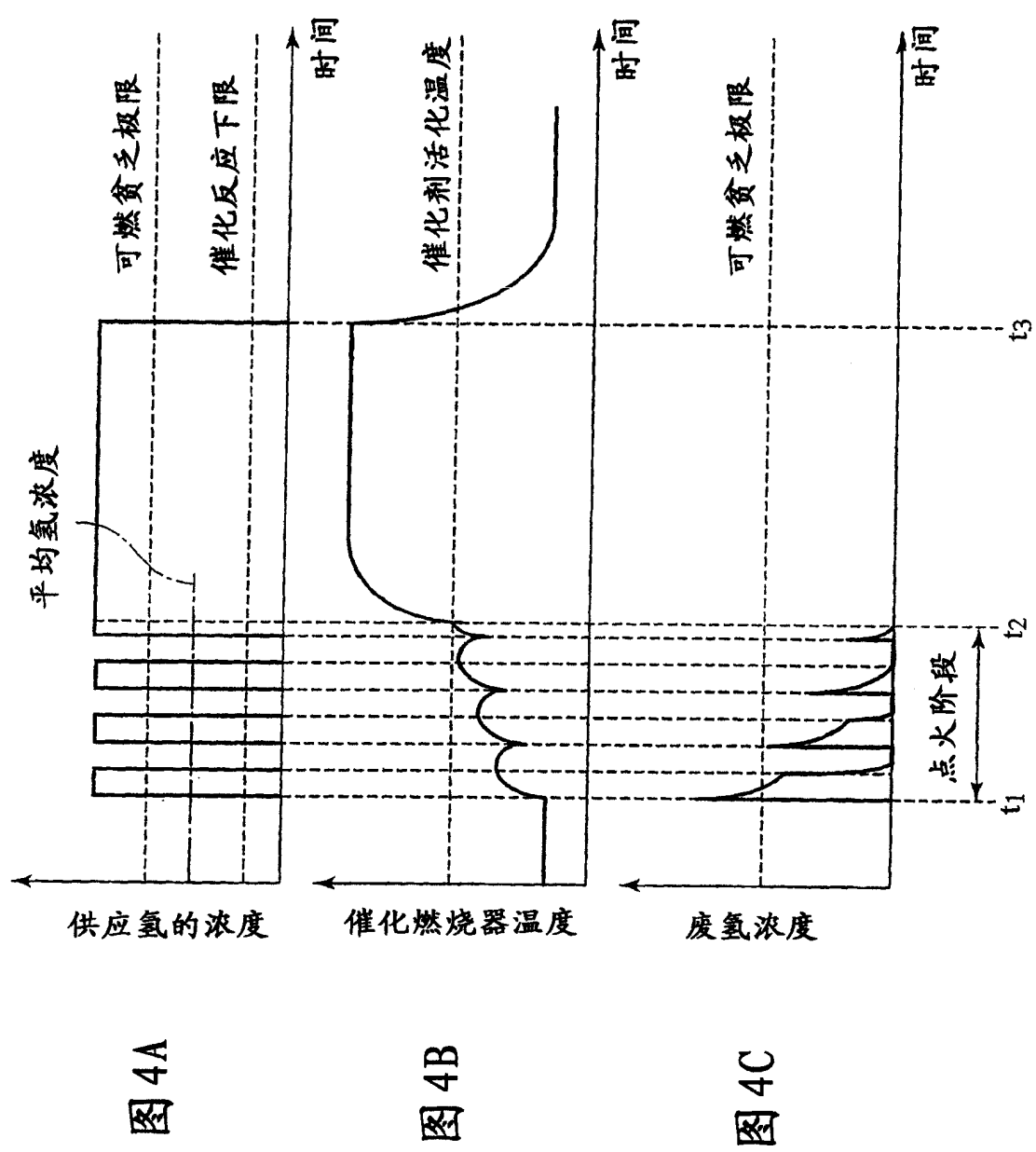
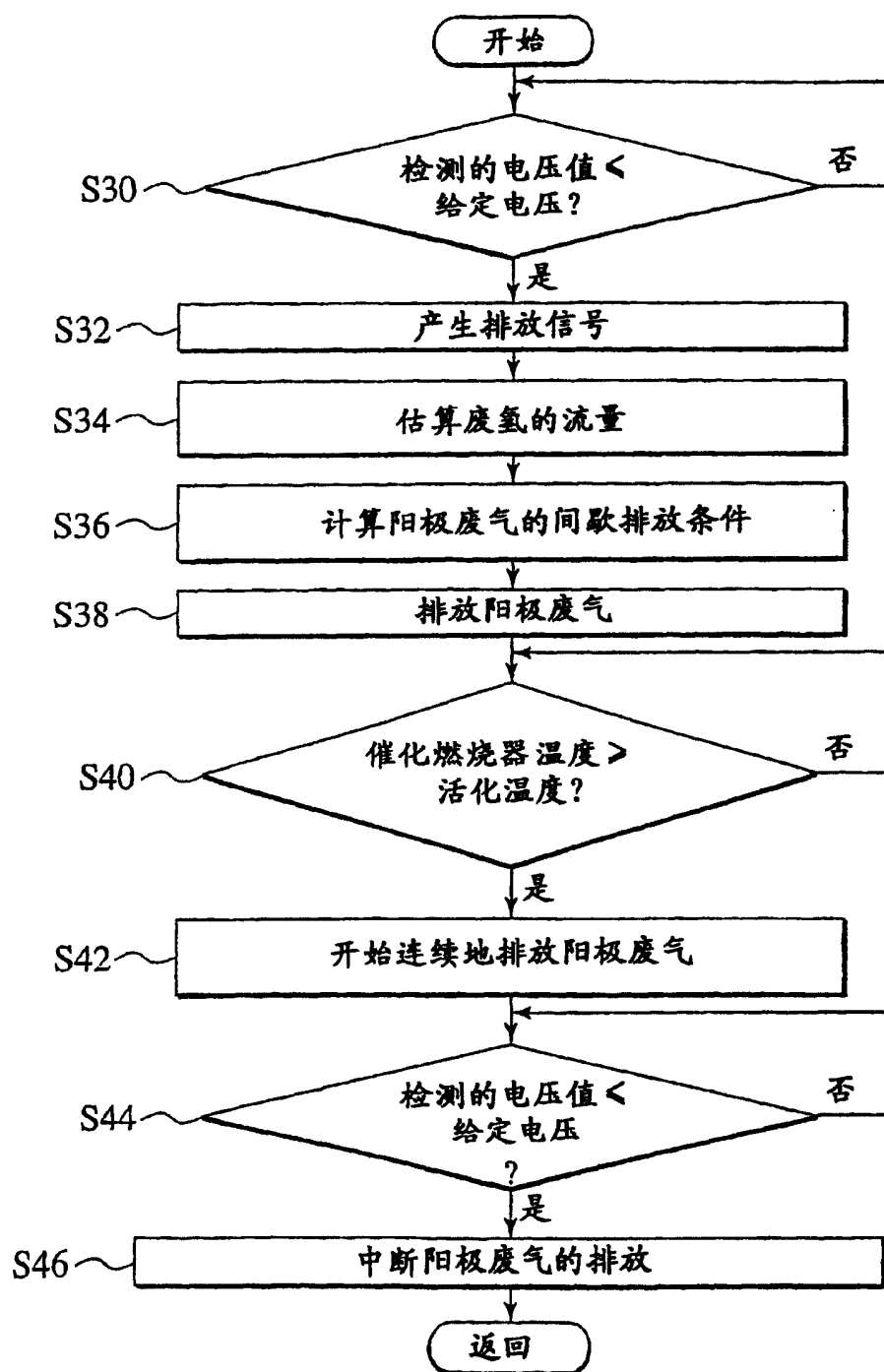


图5



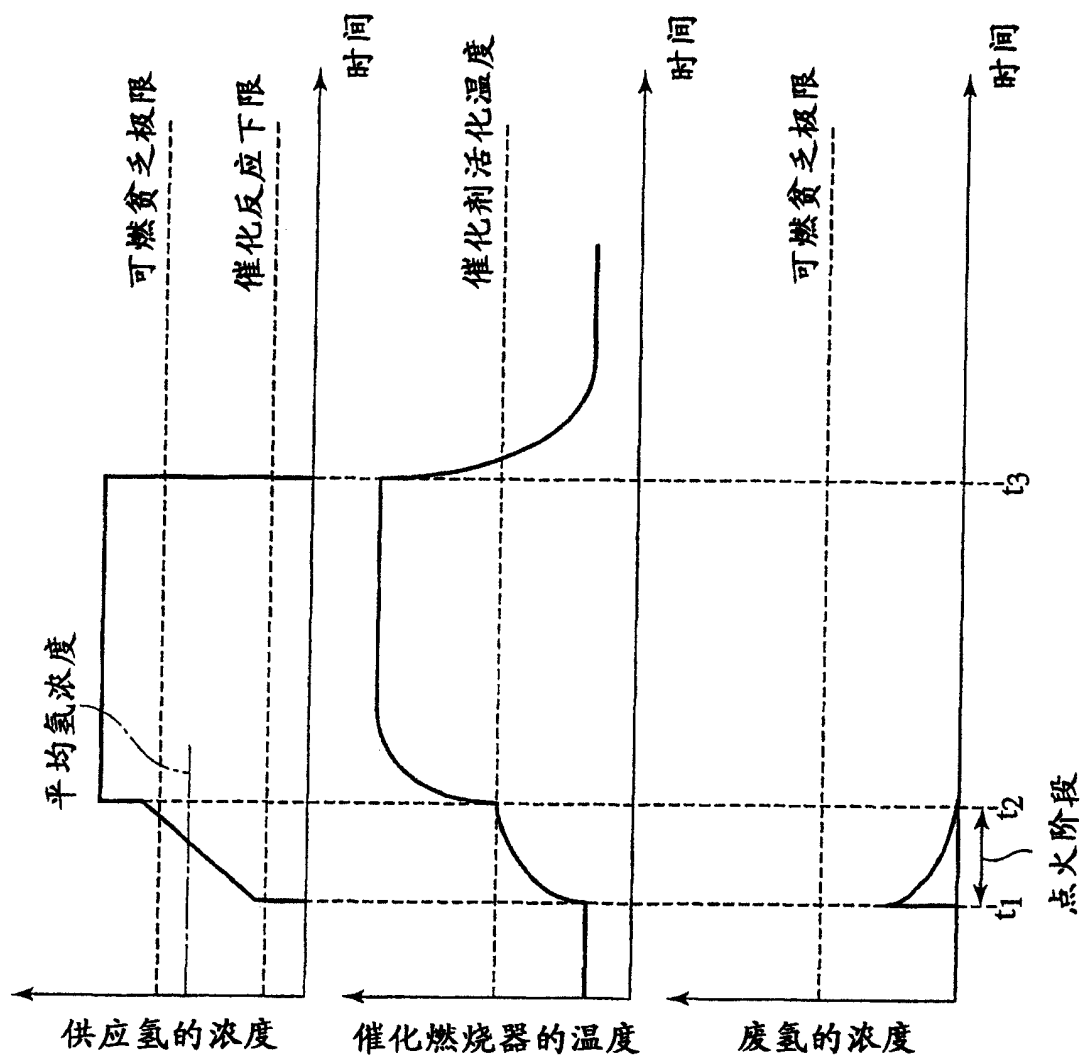


图6A

图6B

图6C

图7

