



(45) 授权公告日 2015.09.16

权利要求书2页 说明书17页 附图11页

[illegible]

1. 一种固体电解质型燃料电池,是通过使燃料气体和氧化剂气体进行电化学反应来发电的固体电解质型燃料电池,其特征在于,具有:

固体电解质型燃料电池单电池,配置在固体电解质型燃料电池模块内;

重整器,是对燃料气体进行重整并向上述燃料电池单电池供给的重整器,其根据规定的温度区域利用如下任意一个重整反应将燃料气体重整为氢,该重整反应包括通过使燃料气体和氧化剂气体进行化学反应而对燃料气体进行部分氧化重整的重整反应即 POX、通过使燃料气体和水蒸气进行化学反应而对燃料气体进行水蒸气重整的重整反应即 SR、以及通过并用上述 POX 和上述 SR 而对燃料气体进行自热重整的重整反应即 ATR;

重整状态温度检测器,检测用于上述重整器变更重整状态的重整状态温度;

及控制装置,控制上述燃料电池模块的运行,

上述控制装置具备控制上述燃料电池模块的运行起动的起动控制装置和控制上述燃料电池模块的运行停止的停止控制装置,

上述起动控制装置在使燃料气体点燃并燃烧后,在上述重整状态温度检测器检测出的上述重整状态温度比上述 POX 开始的 POX 开始温度低时,执行利用燃料气体的燃烧热量使上述重整器升温的燃烧运行,

在上述重整状态温度处在上述 POX 开始温度以上且小于可实施上述水蒸气重整的温度的 POX 温度区域内时,为了使上述重整器升温而执行通常起动时的 POX,

在上述重整状态温度处在可实施伴随部分氧化重整的上述水蒸气重整的温度以上且小于不伴随部分氧化重整的可实施水蒸气重整的规定的恒定温度的 ATR 温度区域内时,为了使上述重整器升温而执行通常起动时的 ATR,

在上述重整状态温度处在上述规定的恒定温度以上时,为了使上述重整器升温而执行通常起动时的 SR,

上述起动控制装置还在伴随上述燃料电池模块从高温状态的停止而由上述停止控制装置执行停止处理,且上述重整状态温度在上述 POX 温度区域内而执行运行的再起动时,禁止基于上述通常起动时的 POX 的起动,同时,在上述重整状态温度降低至规定温度之前由上述停止控制装置使运行停止持续,在上述重整状态温度变为上述规定温度以下后执行与上述通常起动时的 POX 不同的 POX 温度区域内的再起动控制,

当上述重整状态温度处在上述 ATR 温度区域内而执行运行的再起动时,执行基于上述 ATR 的再起动。

2. 根据权利要求 1 所述的固体电解质型燃料电池,其特征在于,上述再起动控制在上述重整状态温度处在上述通常起动时的 POX 温度区域内的第 1 规定温度以上的第 1 温度区域时执行基于 ATR 的再起动,在比上述 POX 温度区域内的第 1 温度区域低的第 2 温度区域中执行与上述通常起动时的 POX 不同的 POX 温度区域内的再起动控制,在第 1 温度区域和第 2 温度区域之间的第 3 温度区域中禁止再起动,同时,在上述重整状态温度降低至小于上述规定温度的温度之前由上述停止控制装置使运行停止持续,在变为上述规定温度以下后执行与上述通常起动时的 POX 不同的 POX 温度区域内的再起动控制。

3. 根据权利要求 1 所述的固体电解质型燃料电池,其特征在于,通过上述再起动控制而进行的 POX 构成为,与上述通常起动时的 POX 相比使氧化剂气体的供给量减少。

4. 根据权利要求 2 所述的固体电解质型燃料电池,其特征在于,通过上述再起动控制

而进行的 POX 构成为,与上述通常起动时的 POX 相比使氧化剂气体的供给量减少。

固体电解质型燃料电池

技术领域

[0001] 本发明涉及一种固体电解质型燃料电池,尤其涉及一种通过使燃料气体和氧化剂气体进行电化学反应来发电的固体电解质型燃料电池。

背景技术

[0002] 固体电解质型燃料电池(Solid Oxide Fuel Cell:以下也称为“SOFC”)是将氧化物离子导电性固体电解质用作电解质,在其两侧安装电极,在一侧供给燃料气体,在另一侧供给氧化剂(空气、氧等),并在较高的温度下进行动作的燃料电池。

[0003] 在该 SOFC 中,利用经过氧化物离子导电性固体电解质的氧离子和燃料的反应生成水蒸气或二氧化碳,产生电能及热能。向 SOFC 外部取出电能,使用于各种电气用途。另一方面,热能传递给重整器、燃料及氧化剂等,使用于使它们的温度上升。

[0004] 在现有的 SOFC 中,运行中燃料气体供给系统的微电脑检测仪检测到异常,或发生伴随地震等的异常时,或者进行辅助设备类的维护等时,需要暂时使运行停止。而且,在上述异常等的暂时的主要原因解除后,或者在维护结束后,面向稳定的发电,要求尽可能短的时间内的迅速的运行再起动。

[0005] 在此,为了实现燃料电池系统的运行再起动的迅速化,在现有的 SOFC 中,例如,如专利文献 1 所记载,提出有在燃料电池系统的规定的控制处理中要求再起动时,并不是在全部执行燃料电池系统的停止处理程序后从最初的起动处理程序执行起动处理,而是在与要求再起动的时刻的控制处理同条件的时刻转入并执行起动处理。

[0006] 另一方面,例如在专利文献 2 所记载的现有的 SOFC 中,提出有通过将燃料电池电堆配置在收容容器内而提高热效率,同时通过使剩余气体在收容容器内燃烧,而与以往相比能够以高温的燃烧气体进行加热,即使在低负荷运行时也能够得到水蒸气重整所需的热量。在该现有的 SOFC 中,为了进行迅速的起动,在起动时燃料重整器的温度小于部分氧化反应开始温度时,进行利用燃烧气体的燃烧热量来加热燃料重整器的加热运行,当燃料重整器的温度上升至部分氧化反应开始温度以上且小于水蒸气重整可能温度的温度区域内的温度时,利用部分氧化反应的反应热量和燃料气体的燃烧热量来加热燃料重整器,从而进行部分氧化重整反应(以下称为“POX”)。而且,当燃料重整器的温度上升至水蒸气重整可能温度以上且小于恒定温度的温度区域时,控制部分氧化反应的反应热量、燃料气体的燃烧热量及水蒸气重整反应的吸热来加热燃料重整器,进行并用部分氧化重整和水蒸气重整的自热重整反应(以下称为“ATR”),当燃料重整器的温度变为恒定状态时,通过燃料气体的燃烧热量加热燃料重整器,进行水蒸气重整反应(以下称为“SR”)。即,在这种现有的 SOFC 中,随着起动时的燃料重整器的温度上升,按照 POX、ATR、SR 的顺序进行燃料重整并执行起动,因此,可实现稳定迅速的起动。

[0007] 专利文献 1:日本国特开 2006-269196 号公报

[0008] 专利文献 2:日本国特开 2004-319420 号公报

[0009] 但是,在上述的专利文献 1 及专利文献 2 的 SOFC 中,在运行的再起动时,如果还考

虑到残留在停止中的燃料电池单电池、电堆内的余热,则燃料电池单电池、电堆的一部分处于高温状态的情况较多。

[0010] 对此,本发明人发现了重要的新课题,当这种燃料电池单电池、电堆处于高温状态时,尤其利用 POX 进行再起动时,给予单电池较大的负担。

[0011] 更具体为,发现了如下的重要课题,即使控制上的重整器温度看起来处于可实施 POX 运行的状态,也由于从停止运行控制中进行再起动时,燃料电池单电池、电堆的一部分处于高温状态,因此作为燃料重整器的温度处在部分氧化反应开始温度以上且小于水蒸气重整可能温度的温度区域内而进行 POX 时,由于 POX 是投入空气并伴随部分氧化的发热反应,因此有时对单电池给予氧化影响,或者变为异常的高温状态,这使单电池自身的耐久性、发电能力逐渐降低。还应实现解决该课题,进而大幅度地缩短再起动所需的时间。

[0012] 另一方面,在上述的专利文献 1 及专利文献 2 中,对如下思想没有示出任何说明,即在为了在再起动时保护单电池并实现再起动的进一步的迅速化而从高温降低温度时的再起动时,即使处在通常起动时的 POX 温度区域内也禁止通常起动时的 POX,执行与通常起动时的 POX 不同的再起动控制这一思想,从而无法解决上述的新课题。

发明内容

[0013] 于是,本发明是为了解决上述的新课题而进行的,其目的在于提供一种固体电解质型燃料电池(SOFC),在伴随从高温降低温度的停止时,通过转而执行与通常起动时的 POX 不同的再起动控制,减轻对单电池的负担并提高耐久性,同时通过用于再起动而设定的再起动用控制进行再起动,因此,可防止对单电池的影响并缩短起动时间。

[0014] 为了达成上述目的,本发明是一种通过使燃料气体和氧化剂气体进行电化学反应来发电的固体电解质型燃料电池,其特征在于,具有:固体电解质型燃料电池单电池,配置在固体电解质型燃料电池模块内;重整器,是对燃料气体进行重整并向上述燃料电池单电池供给的重整器,其根据规定的温度区域利用如下任意一个重整反应将燃料气体重整为氢,该重整反应包括通过使燃料气体和氧化剂气体进行化学反应而对燃料气体进行部分氧化重整的重整反应即 POX、通过使燃料气体和水蒸气进行化学反应而对燃料气体进行水蒸气重整的重整反应即 SR、以及通过并用上述 POX 和上述 SR 而对燃料气体进行自热重整的重整反应即 ATR;重整状态温度检测器,检测用于上述重整器变更重整状态的重整状态温度;及控制装置,控制上述燃料电池模块的运行,上述控制装置具备控制上述燃料电池模块的运行起动的起动控制装置和控制上述燃料电池模块的运行停止的停止控制装置,上述起动控制装置在使燃料气体点燃并燃烧后,在上述重整状态温度检测器检测出的上述重整状态温度比上述 POX 开始的 POX 开始温度低时,执行利用燃料气体的燃烧热量使上述重整器升温的燃烧运行,在上述重整状态温度处在上述 POX 开始温度以上且小于可实施上述水蒸气重整的温度的 POX 温度区域内时,为了使上述重整器升温而执行通常起动时的 POX,在上述重整状态温度处在可实施上述水蒸气重整的温度以上且小于规定的恒定温度的 ATR 温度区域内时,为了使上述重整器升温而执行通常起动时的 ATR,在上述重整状态温度处在上述规定的恒定温度以上时,为了使上述重整器升温而执行通常起动时的 SR,上述起动控制装置还在伴随上述燃料电池模块从高温状态的停止而由上述停止控制装置执行停止处理,并在上述 POX 温度区域内执行运行的再起动时,在上述重整状态温度至少处在上述 POX 温度

区域内的高温区域时禁止基于上述通常起动时的 POX 的起动,执行与该通常起动时的 POX 不同的再起动控制。

[0015] 在如此构成的本发明中,构成为在燃料电池模块从高温状态停止且通过停止控制装置执行停止处理时,在通常起动时的 POX 温度区域内发生再起动时,即使重整状态温度处在通常起动时的 POX 温度区域内,也至少在处于 POX 温度区域内的高温区域时禁止执行通常起动时所使用的 POX,且执行与通常起动时的 POX 不同的再起动控制。其结果,与直接执行通常起动时的 POX 时相比,能够减轻即使表观上的温度较低也因为蓄积在燃料电池单电池、重整器的一部分等内的较大的余热而对燃料电池单电池给予氧化影响,或者因变为未预期的高温状态所引起的对单电池的负担,可以提高单电池的耐久性。而且,通过设法执行积极地利用了残留在燃料电池单电池、重整器内的余热的再起动控制,可不对单电池给予影响地加快燃料电池模块的温度恢复,并缩短起动时间。

[0016] 在本发明中,优选上述再起动控制在上述重整状态温度处在上述 ATR 温度区域内时执行基于上述 ATR 的再起动,另一方面,在上述重整状态温度处在上述 POX 温度区域内时禁止基于通常起动时的 POX 的再起动,同时,在上述重整状态温度降低至规定温度之前由上述停止控制装置使运行停止持续,在变为规定温度以下后执行再起动。

[0017] 在如此构成的本发明中,由于在基于起动控制装置的运行再起动时,在通常起动时的 POX 温度区域内禁止基于通常起动时的 POX 的再起动,同时在等到重整状态温度降低至规定温度之后执行再起动,因此可抑制因在高温状态下执行 POX 所引起的对单电池的损伤,并快速地进行再起动。

[0018] 在本发明中,优选上述再起动控制在上述重整状态温度处在上述通常起动时的 POX 温度区域内的规定温度以上时,禁止基于通常起动时的 POX 的再起动,在上述重整状态温度变为小于规定温度的温度之前由上述停止控制装置使运行停止持续,在变为规定温度以下后执行基于 POX 的再起动。

[0019] 在如此构成的本发明中,由于在基于起动控制装置的运行再起动时,在通常起动时的 POX 温度区域内禁止基于通常起动时的 POX 的再起动,同时在等到重整状态温度降低至规定温度之后通过 POX 执行再起动,因此可抑制因在高温状态下执行 POX 所引起的对单电池的损伤,并利用基于 POX 的发热反应迅速地实现燃料电池模块的温度恢复,快速地转入通常运行。

[0020] 在本发明中,优选上述再起动控制在上述重整状态温度处在上述通常起动时的 POX 温度区域的第一规定温度以上的第一温度区域时执行基于 ATR 的再起动,在比上述 POX 温度区域内的第一温度区域低的第一温度区域中执行基于 POX 的再起动,在第一温度区域和第二温度区域之间的第三温度区域中禁止再起动,在上述重整状态温度降低至小于规定温度的温度之前由上述停止控制装置使运行停止持续,在变为规定温度以下后执行基于 POX 的再起动。

[0021] 在如此构成的本发明中,在再起动时可积极地利用残留在燃料电池单电池、重整器内的余热的通常起动时的 POX 的温度区域内,将 ATR 的运行范围扩大至通常运行时的 POX 温度区域内的第一规定温度以上,以执行 ATR,在没有氧化影响的第二温度以下实现基于 POX 的再起动,在中间温度禁止再起动,并在通过停止处理控制实现了温度下降的基础上进行再起动,由此,能够抑制对单电池的影响,并在稳定的状态且短时间内实现温度上升。

[0022] 在本发明中,优选通过上述再起控制而进行的 POX 构成为,与上述通常起动时的 POX 相比使氧化剂气体的供给量减少。

[0023] 在如此构成的本发明中,通过积极地利用残留在固体电解质型燃料电池单电池、重整器内的余热可实现迅速的起动,另一方面,可防止因为较多地投入氧化剂气体而因余热的影响对燃料电池单电池给予氧化影响。

[0024] 另外,本发明是一种通过使燃料气体和氧化剂气体进行电化学反应来发电的固体电解质型燃料电池,其特征在于,具有:固体电解质型燃料电池单电池,配置在固体电解质型燃料电池模块内;重整部件,是对燃料气体进行重整并向上述燃料电池单电池供给的重整部件,其根据规定的温度区域利用如下任意一个重整反应将燃料气体重整为氢,该重整反应包括通过使燃料气体和氧化剂气体进行化学反应而对燃料气体进行部分氧化重整的重整反应即 POX、通过使燃料气体和水蒸气进行化学反应而对燃料气体进行水蒸气重整的重整反应即 SR、以及通过并用上述 POX 和上述 SR 而对燃料气体进行自热重整的重整反应即 ATR;重整状态温度检测部件,检测用于上述重整部件变更重整状态的重整状态温度;及控制部件,控制上述燃料电池模块的运行,上述控制部件具备控制上述燃料电池模块的运行起动的起动控制部件和控制上述燃料电池模块的运行停止的停止控制部件,上述起动控制部件在使燃料气体点燃并燃烧后,在上述重整状态温度检测部件检测出的上述重整状态温度比上述 POX 开始的 POX 开始温度低时,执行利用燃料气体的燃烧热量使上述重整部件升温的燃烧运行,在上述重整状态温度处在上述 POX 开始温度以上且小于可实施上述水蒸气重整的温度的 POX 温度区域内时,为了使上述重整部件升温而执行通常起动时的 POX,在上述重整状态温度处在可实施上述水蒸气重整的温度以上且小于规定的恒定温度的 ATR 温度区域内时,为了使上述重整部件升温而执行通常起动时的 ATR,在上述重整状态温度处在上述规定的恒定温度以上时,为了使上述重整部件升温而执行通常起动时的 SR,上述起动控制部件还在伴随上述燃料电池模块从高温状态的停止而由上述停止控制部件执行停止处理,并在上述 POX 温度区域内执行运行的再起控制时,在上述重整状态温度至少处在上述 POX 温度区域内的高温区域时禁止基于上述通常起动时的 POX 的起动,执行与该通常起动时的 POX 不同的再起控制。

[0025] 根据本发明的固体电解质型燃料电池(SOFC),在从高温状态停止时的再起控制时,通过禁止通常起动时的 POX 转而执行与该通常起动时的 POX 不同的再起控制,可减轻对单电池的负担并提高耐久性,同时可通过积极地利用了余热的运行而大幅度地缩短再起控制时的起动时间。

附图说明

[0026] 图 1 是表示本发明一个实施方式的固体电解质型燃料电池(SOFC)的整体结构图。

[0027] 图 2 是表示本发明一个实施方式的固体电解质型燃料电池(SOFC)的燃料电池模块的正面剖视图。

[0028] 图 3 是沿图 2 的 III-III 线的剖视图。

[0029] 图 4 是表示本发明一个实施方式的固体电解质型燃料电池(SOFC)的燃料电池单电池单元的局部剖视图。

[0030] 图 5 是表示本发明一个实施方式的固体电解质型燃料电池(SOFC)的燃料电池电

堆的立体图。

[0031] 图 6 是表示本发明一个实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 的框图。

[0032] 图 7 是表示本发明一个实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 起动时的动作的时间图。

[0033] 图 8 是表示本发明一个实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 运行停止时的动作的时间图。

[0034] 图 9 是表示本发明一个实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 的通常起动时和再起动时的动作的各运行状态中的燃料流量、重整用空气流量、发电用空气流量、水流量以及重整器及电堆的转移温度条件的数据图表。

[0035] 图 10 是表示在本发明一个实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 中用于进行再起动的再起控制流程的流程图。

[0036] 图 11 是对于表示根据图 10 所示的本发明一个实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 的再起控制流程执行再起时的动作的时间图,与表示通常起动时的动作的时间图进行对比的图。

[0037] 符号说明

[0038] 1- 固体电解质型燃料电池 ;2- 燃料电池模块 ;4- 辅助设备单元 ;8- 密封空间 ;10- 发电室 ;12- 燃料电池单电池集合体 ;14- 燃料电池电堆 ;16- 燃料电池单电池单元 ;18- 燃烧室 ;20- 重整器 ;22- 空气用换热器 ;24- 供水源 ;26- 纯水箱 ;28- 水流量调节单元 ;30- 燃料供给源 ;38- 燃料流量调节单元 ;40- 空气供给源 ;44- 重整用空气流量调节单元 ;45- 发电用空气流量调节单元 ;46- 第 1 加热器 ;48- 第 2 加热器 ;50- 温水制造装置 ;52- 控制箱 ;54- 逆变器 ;83- 点火装置 ;84- 燃料电池单电池 ;110- 控制部 ;112- 操作装置 ;114- 显示装置 ;116- 警报装置 ;126- 电力状态检测传感器 ;142- 发电室温度传感器 ;150- 外气温度传感器。

具体实施方式

[0039] 下面,参照附图说明本发明实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC)。

[0040] 图 1 是表示本发明一个实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 的整体结构图。如该图 1 所示,本发明一个实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 1 具备燃料电池模块 2 和辅助设备单元 4。

[0041] 燃料电池模块 2 具备壳体 6,在该壳体 6 的内部隔着绝热材料(未图示,但是绝热材料不是必需的结构,没有也是可以的)形成有密封空间 8。另外,也可以不设置绝热材料。在该密封空间 8 的下方部分即发电室 10 配置有利用燃料气体和氧化剂(空气)进行发电反应的燃料电池单电池集合体 12。该燃料电池单电池集合体 12 具备 10 个燃料电池电堆 14(参照图 5),该燃料电池电堆 14 由 16 根燃料电池单电池单元 16(参照图 4)构成。如此,燃料电池单电池集合体 12 具有 160 根燃料电池单电池单元 16,这些燃料电池单电池单元 16 全部串联连接。

[0042] 在燃料电池模块 2 的密封空间 8 的上述发电室 10 的上方形形成有燃烧室 18,发电反应中未使用的剩余的燃料气体和剩余的氧化剂(空气)在该燃烧室 18 内燃烧,生成排放气体。

[0043] 而且,在该燃烧室 18 的上方配置有对燃料气体进行重整的重整器 20,利用前述剩余气体的燃烧热量将重整器 20 加热至可进行重整反应的温度。而且,在该重整器 20 的上方配置有用于接收燃烧热量以加热空气的空气用换热器 22。

[0044] 接下来,辅助设备单元 4 具备:纯水箱 26,贮存来自水管等供水源 24 的水并通过过滤器使其成为纯水;及水流量调节单元 28(由电动机驱动的“水泵”等),调节从该贮水箱供给的水的流量。而且,辅助设备单元 4 具备:气体截止阀 32,截断从城市煤气等的燃料供给源 30 供给的燃料气体;脱硫器 36,用于从燃料气体除去硫磺;及燃料流量调节单元 38(由电动机驱动的“燃料泵”等),调节燃料气体的流量。辅助设备单元 4 还具备截断从空气供给源 40 供给的氧化剂即空气的电磁阀 42、调节空气流量的重整用空气流量调节单元 44 及发电用空气流量调节单元 45(由电动机驱动的“空气鼓风机”等)、加热向重整器 20 供给的重整用空气的第 1 加热器 46 及加热向发电室供给的发电用空气的第 2 加热器 48。上述第 1 加热器 46 和第 2 加热器 48 是为了高效地进行起动时的升温而设置的,但是也可以省略。

[0045] 接下来,在燃料电池模块 2 上连接有温水制造装置 50,向其供给排放气体。向该温水制造装置 50 供给来自供水源 24 的自来水,该自来水利用排放气体的热量成为温水,以供给未图示的外部供热热水器的贮热水箱。

[0046] 而且,在燃料电池模块 2 上安装有控制箱 52,其用于控制燃料气体的供给量等。

[0047] 而且,在燃料电池模块 2 上连接有电力取出部(电力转换部)即逆变器 54,其用于向外部供给由燃料电池模块发出的电力。

[0048] 接下来,根据图 2 及图 3,说明本发明实施方式的固体电解质型燃料电池(SOFC)的燃料电池模块的内部结构。图 2 是表示本发明一个实施方式的固体电解质型燃料电池(SOFC)的燃料电池模块的正面剖视图,图 3 是沿图 2 的 III-III 线的剖视图。

[0049] 如图 2 及图 3 所示,在燃料电池模块 2 的壳体 6 的密封空间 8 内,如上所述,从下方依次配置有燃料电池单电池集合体 12、重整器 20、空气用换热器 22。

[0050] 重整器 20 安装有用于向其上游端侧导入纯水的纯水导入管 60 和用于导入将要重整的燃料气体和重整用空气的被重整气体导入管 62,而且,在重整器 20 的内部从上游侧依次形成有蒸发部 20a 和重整部 20b,在重整部 20b 填充有重整催化剂。导入该重整器 20 的混合有水蒸气(纯水)的燃料气体及空气通过填充在重整器 20 内的重整催化剂而被重整。作为重整催化剂适合使用在氧化铝的球体表面赋予镍的物质,或在氧化铝的球体表面赋予钨的物质。

[0051] 在该重整器 20 的下游端侧连接有燃料气体供给管 64,该燃料气体供给管 64 向下方延伸,进而在形成于燃料电池单电池集合体 12 下方的分流器 66 内水平延伸。在燃料气体供给管 64 的水平部 64a 的下方面形成有多个燃料供给孔 64b,从该燃料供给孔 64b 向分流器 66 内供给重整后的燃料气体。

[0052] 在该分流器 66 的上方安装有用于支撑上述燃料电池电堆 14 的具备贯穿孔的下支撑板 68,分流器 66 内的燃料气体被供给到燃料电池单电池单元 16 内。

[0053] 接下来,在重整器 20 的上方设置有空气用换热器 22。该空气用换热器 22 在上游侧具备空气汇集室 70,在下游侧具备 2 个空气分配室 72,这些空气汇集室 70 和空气分配室 72 通过 6 个空气流路管 74 连接。在此,如图 3 所示,3 个空气流路管 74 成为一组(74a、

74b、74c、74d、74e、74f)，空气汇集室 70 内的空气从各组空气流路管 74 流入各自的空气分配室 72。

[0054] 在空气用换热器 22 的 6 个空气流路管 74 内流动的空气利用在燃烧室 18 燃烧而上升的排放气体进行预热。

[0055] 在各个空气分配室 72 上连接有空气导入管 76，该空气导入管 76 向下方延伸，其下端侧与发电室 10 的下方空间连通，向发电室 10 导入预热后的空气。

[0056] 接下来，在分流器 66 的下方形成有排放气体室 78。而且，如图 3 所示，在沿壳体 6 长度方向的面即前面 6a 和后面 6b 的内侧，形成有在上下方向上延伸的排放气体通路 80，该排放气体通路 80 的上端侧与配置有空气用换热器 22 的空间连通，下端侧与排放气体室 78 连通。而且，在排放气体室 78 的下面大致中央连接有排放气体排出管 82，该排放气体排出管 82 的下游端连接于图 1 所示的上述温水制造装置 50。

[0057] 如图 2 所示，用于使燃料气体和空气开始燃烧的点火装置 83 设置于燃烧室 18。

[0058] 下面，根据图 4 对燃料电池单电池单元 16 进行说明。图 4 是表示本发明一个实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 的燃料电池单电池单元的局部剖视图。

[0059] 如图 4 所示，燃料电池单电池单元 16 具备燃料电池单电池 84 和分别连接于该燃料电池单电池 84 的上下方向端部的内侧电极端子 86。

[0060] 燃料电池单电池 84 是在上下方向上延伸的管状结构体，具备在内部形成燃料气体流路 88 的圆筒形内侧电极层 90、圆筒形外侧电极层 92、位于内侧电极层 90 和外侧电极层 92 之间的电解质层 94。该内侧电极层 90 是燃料气体经过的燃料极，为 (-) 极，另一方面，外侧电极层 92 是与空气接触的空气极，为 (+) 极。

[0061] 由于安装在燃料电池单电池单元 16 的上端侧和下端侧的内侧电极端子 86 为相同结构，所以在此具体地说明安装于上端侧的内侧电极端子 86。内侧电极层 90 的上部 90a 具备相对于电解质层 94 和外侧电极层 92 露出的外周面 90b 和上端面 90c。内侧电极端子 86 隔着导电性密封材料 96 与内侧电极层 90 的外周面 90b 连接，而且，通过与内侧电极层 90 的上端面 90c 直接接触而与内侧电极层 90 电连接。在内侧电极端子 86 的中心部形成有与内侧电极层 90 的燃料气体流路 88 连通的燃料气体流路 98。

[0062] 内侧电极层 90 例如由 Ni 和掺杂有从 Ca 或 Y、Sc 等稀土类元素中选择的至少一种元素的氧化锆的混合物、Ni 和掺杂有从稀土类元素中选择的至少一种元素的二氧化铈的混合物、Ni 和掺杂有从 Sr、Mg、Co、Fe、Cu 中选择的至少一种元素的镓酸镧的混合物中的至少一种形成。

[0063] 电解质层 94 例如由掺杂有从 Y、Sc 等稀土类元素中选择的至少一种元素的氧化锆、掺杂有从稀土类元素中选择的至少一种元素的二氧化铈、掺杂有从 Sr、Mg 中选择的至少一种元素的镓酸镧中的至少一种形成。

[0064] 外侧电极层 92 例如由掺杂有从 Sr、Ca 中选择的至少一种元素的锰酸镧、掺杂有从 Sr、Co、Ni、Cu 中选择的至少一种元素的铁酸镧、掺杂有从 Sr、Fe、Ni、Cu 中选择的至少一种元素的钴酸镧、银等中的至少一种形成。

[0065] 下面，根据图 5 对燃料电池电堆 14 进行说明。图 5 是表示本发明一个实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 的燃料电池电堆的立体图。

[0066] 如图 5 所示，燃料电池电堆 14 具备 16 根燃料电池单电池单元 16，这些燃料电池单

电池单元 16 的下端侧及上端侧分别被陶瓷制下支撑板 68 及上支撑板 100 支撑。在这些下支撑板 68 及上支撑板 100 上分别形成有内侧电极端子 86 可贯穿的贯穿孔 68a 及 100a。

[0067] 而且,在燃料电池单电池单元 16 上安装有集电体 102 及外部端子 104。该集电体 102 由与安装于燃料极即内侧电极层 90 的内侧电极端子 86 电连接的燃料极用连接部 102a 和与空气极即外侧电极层 92 的外周面整体电连接的空气极用连接部 102b 一体地形成。空气极用连接部 102b 由在外侧电极层 92 的表面沿上下方向延伸的铅垂部 102c 和从该铅垂部 102c 沿外侧电极层 92 的表面在水平方向上延伸的很多水平部 102d 形成。而且,燃料极用连接部 102a 从空气极用连接部 102b 的铅垂部 102c 朝向燃料电池单电池单元 16 的位于上下方向的内侧电极端子 86,向斜上方或斜下方直线延伸。

[0068] 而且,在位于燃料电池电堆 14 一端(图 5 中左端的里侧及跟前侧)的 2 个燃料电池单电池单元 16 的上侧端及下侧端的内侧电极端子 86 上分别连接有外部端子 104。这些外部端子 104 与位于邻接的燃料电池电堆 14 一端的燃料电池单电池单元 16 的外部端子 104(未图示)连接,如上所述,160 根燃料电池单电池单元 16 全部串联连接。

[0069] 下面,根据图 6 对安装于本实施方式的固体电解质型燃料电池(SOFC)的传感器类等进行说明。图 6 是表示本发明一个实施方式的固体电解质型燃料电池(SOFC)的框图。

[0070] 如图 6 所示,固体电解质型燃料电池 1 具备控制部 110,该控制部 110 连接有:操作装置 112,具备用于使用者操作的“开”、“关”等操作按钮;显示装置 114,用于显示发电输出值(瓦特数)等的各种数据;及警报装置 116,在异常状态时等发出警报(warning)。另外,该警报装置 116 也可以是与位于远距离地点的管理中心连接,向该管理中心通知异常状态的形式。

[0071] 接下来,向控制部 110 输入来自以下说明的各种传感器的信号。

[0072] 首先,可燃气体检测传感器 120 是用于检测气体泄漏的元件,安装于燃料电池模块 2 及辅助设备单元 4。

[0073] CO 检测传感器 122 是用于检测原本经过排放气体通路 80 等向外部排出的排放气体中的 CO 是否泄漏在覆盖燃料电池模块 2 及辅助设备单元 4 的外部壳体(未图示)中的元件。

[0074] 热水贮存状态检测传感器 124 是用于检测未图示的供热水器的热水温度、水量等的元件。

[0075] 电力状态检测传感器 126 是用于检测逆变器 54 及配电板(未图示)的电流及电压等的元件。

[0076] 发电用空气流量检测传感器 128 是用于检测向发电室 10 供给的发电用空气的流量的元件。

[0077] 重整用空气流量传感器 130 是用于检测向重整器 20 供给的重整用空气的流量的元件。

[0078] 燃料流量传感器 132 是用于检测向重整器 20 供给的燃料气体的流量的元件。

[0079] 水流量传感器 134 是用于检测向重整器 20 供给的纯水(水蒸气)的流量的元件。

[0080] 水位传感器 136 是用于检测纯水箱 26 的水位的元件。

[0081] 压力传感器 138 是用于检测重整器 20 的外部上游侧的压力的元件。

[0082] 排气温度传感器 140 是用于检测流入温水制造装置 50 的排放气体的温度的元件。

[0083] 如图 3 所示,发电室温度传感器 142 设置在燃料电池单电池集合体 12 附近的前面侧和背面侧,是用于检测燃料电池电堆 14 附近的温度,从而推断燃料电池电堆 14(即燃料电池单电池 84 自身)的温度的元件。

[0084] 燃烧室温度传感器 144 是用于检测燃烧室 18 的温度的元件。

[0085] 排放气体室温度传感器 146 是用于检测排放气体室 78 的排放气体的温度的元件。

[0086] 重整器温度传感器 148 是用于检测重整器 20 的温度的元件,根据重整器 20 的入口温度和出口温度计算出重整器 20 的温度。

[0087] 外气温度传感器 150 是当固体电解质型燃料电池(SOFC)配置在室外时用于检测外气温度的元件。而且,也可以设置测定外气湿度等的传感器。

[0088] 来自这些传感器类的信号发送至控制部 110,控制部 110 根据基于这些信号的数据,向水流量调节单元 28、燃料流量调节单元 38、重整用空气流量调节单元 44、发电用空气流量调节单元 45 发送控制信号,以控制这些单元的各流量。

[0089] 而且,控制部 110 向逆变器 54 发送控制信号,以控制电力供给量。

[0090] 下面,根据图 7 说明本实施方式的固体电解质型燃料电池(SOFC)起动时的动作。图 7 是表示本发明一个实施方式的固体电解质型燃料电池(SOFC)起动时的动作的时间图。

[0091] 最初,为了加热燃料电池模块 2,在无负荷状态,即,使包括燃料电池模块 2 的电路在开路状态下开始运行。此时,由于电路中未流动电流,所以燃料电池模块 2 不进行发电。

[0092] 首先,从重整用空气流量调节单元 44 经由第 1 加热器 46 向燃料电池模块 2 的重整器 20 供给重整用空气。而且,与此同时从发电用空气流量调节单元 45 经由第 2 加热器 48 向燃料电池模块 2 的空气用换热器 22 供给发电用空气,该发电用空气到达发电室 10 及燃烧室 18。

[0093] 随后,还从燃料流量调节单元 38 供给燃料气体,混合有重整用空气的燃料气体经过重整器 20 及燃料电池电堆 14、燃料电池单电池单元 16,到达燃烧室 18。

[0094] 之后,通过点火装置 83 点火,使燃烧室 18 内的燃料气体和空气(重整用空气及发电用空气)燃烧。通过该燃料气体和空气的燃烧生成排放气体,利用该排放气体加热发电室 10,而且,排放气体在燃料电池模块 2 的密封空间 8 内上升时,在加热重整器 20 内的包含重整用空气的燃料气体的同时,还加热空气换热器 22 内的发电用空气。

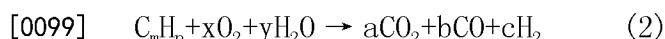
[0095] 此时,由于通过燃料流量调节单元 38 及重整用空气流量调节单元 44 向重整器 20 供给混合有重整用空气的燃料气体,所以在重整器 20 中,进行式(1)所示的部分氧化重整反应 POX。由于该部分氧化重整反应 POX 是发热反应,所以起动性良好。而且,该升温后的燃料气体通过燃料气体供给管 64 向燃料电池电堆 14 的下方供给,由此,燃料电池电堆 14 从下方被加热,而且,由于燃烧室 18 也通过燃料气体和空气的燃烧而升温,所以燃料电池电堆 14 还从上方被加热,结果燃料电池电堆 14 可以大致均等地在上下方向上升温。即使进行该部分氧化重整反应 POX,在燃烧室 18 中也仍然持续保持燃料气体和空气的燃烧反应。

[0096]
$$C_mH_n + xO_2 \rightarrow aCO_2 + bCO + cH_2 \quad (1)$$

[0097] 部分氧化重整反应 POX 开始后,当通过重整器温度传感器 148 检测出重整器 20 变为规定温度(例如 600℃)时,通过水流量调节单元 28、燃料流量调节单元 38 及重整用空气流量调节单元 44 向重整器 20 供给预先混合有燃料气体、重整用空气及水蒸气的气体。此时,在重整器 20 中,进行并用有上述的部分氧化重整反应 POX 和后述的水蒸气重整反应 SR

的自热重整反应 ATR。由于该自热重整反应 ATR 可取得热量内部平衡,所以在重整器 20 内以热量自足的状态进行反应。即,当氧(空气)较多时,基于部分氧化重整反应 POX 的发热占支配地位,当水蒸气较多时,基于水蒸气重整反应 SR 的吸热反应占支配地位。由于在该阶段中,已经过起动的初期阶段,发电室 10 内已升温至一定程度的温度,所以即使吸热反应占支配地位也不会引起大幅度的温度降低。而且,在自热重整反应 ATR 进行中,在燃烧室 18 中也仍然持续进行燃烧反应。

[0098] 式(2)所示的自热重整反应 ATR 开始后,当通过重整器温度传感器 146 检测出重整器 20 变为规定温度(例如 700℃)时,在停止基于重整用空气流量调节单元 44 的重整用空气的供给的同时,增加基于水流量调节单元 28 的水蒸气的供给。由此,向重整器 20 供给不含空气而仅包含燃料气体和水蒸气的气体,在重整器 20 中,进行式(3)的水蒸气重整反应 SR。



[0101] 由于该水蒸气重整反应 SR 是吸热反应,所以与来自燃烧室 18 的燃烧热量取得热平衡并进行反应。由于该阶段是燃料电池模块 2 起动的最终阶段,所以发电室 10 内升温至足够高的温度,因此,即使进行吸热反应,也不会导致发电室 10 大幅度的温度降低。而且,即使进行水蒸气重整反应 SR,在燃烧室 18 中也仍然持续进行燃烧反应。

[0102] 如此,燃料电池模块 2 通过点火装置 83 点火后,通过依次进行部分氧化重整反应 POX、自热重整反应 ATR、水蒸气重整反应 SR,使发电室 10 内的温度逐渐上升。之后,当发电室 10 内及燃料电池单电池 84 的温度达到比使燃料电池模块 2 稳定地工作的额定温度低的规定的发电温度后,使包括燃料电池模块 2 的电路闭路,开始基于燃料电池模块 2 的发电,由此,在电路中流过电流。通过燃料电池模块 2 的发电,燃料电池单电池 84 自身也发热,燃料电池单电池 84 的温度也上升。结果使燃料电池模块 2 工作的额定温度达到例如 600℃至 800℃。

[0103] 此后,为了保持额定温度,供给比燃料电池单电池 84 中消耗的燃料气体及空气的量的燃料气体及空气,使燃烧室 18 中的燃烧持续。另外,在发电中以重整效率高的水蒸气重整反应 SR 进行发电。

[0104] 下面,根据图 8 说明本实施方式的固体电解质型燃料电池(SOFC)运行停止时的动作。图 8 是通过本实施方式表示固体电解质型燃料电池(SOFC)运行停止时的动作的时间图。

[0105] 如图 8 所示,进行燃料电池模块 2 的运行停止时,首先,操作燃料流量调节单元 38 及水流量调节单元 28,减少燃料气体及水蒸气对重整器 20 的供给量。

[0106] 而且,进行燃料电池模块 2 的运行停止时,在减少燃料气体及水蒸气对重整器 20 的供给量的同时,增大基于发电用空气流量调节单元 45 的发电用空气对燃料电池模块 2 内的供给量,利用空气冷却燃料电池单电池集合体 12 及重整器 20,使它们的温度降低。其后,当发电室的温度降低至规定温度例如 400℃时,停止向重整器 20 供给燃料气体及水蒸气,结束重整器 20 的水蒸气重整反应 SR。该发电用空气的供给持续至重整器 20 的温度降低至规定温度例如 200℃,在变为该规定温度时,停止从发电用空气流量调节单元 45 供给发电用空气。

[0107] 如此,在本实施方式中,由于进行燃料电池模块 2 的运行停止时,并用基于重整器 20 的水蒸气重整反应 SR 和基于发电用空气的冷却,所以能够在较短的时间内使燃料电池模块的运行停止。

[0108] 下面,参照图 9 ~ 图 11 说明本实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 的再起启动时的动作。图 9 是表示本实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 的通常启动时和再起启动时的动作的各运行状态中的燃料流量、重整用空气流量、发电用空气流量、水流量以及重整器及电堆的转移温度条件的数据图表。

[0109] 首先,如图 9 所示,本实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 具备如下控制模式 (以下称为“通常启动模式”),作为运行的通常启动时的动作执行与上述的图 7 所示的本实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 的启动时的动作相同的动作。

[0110] 而且,本实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 具备如下再起启动控制模式 (以下称为“再起启动模式”),在图 8 所示的本实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 的停止动作已被执行的状态下要求运行的启动 (所谓的“再起启动”) 时执行该运行的再起启动,上述的再起启动模式分别根据所对应的再起启动控制流程来执行。

[0111] 另外,在后面详细说明图 9 中的通常启动模式及再起启动模式。

[0112] 接下来,根据图 10,具体地说明本实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 的再起启动控制流程。图 10 是表示在本发明一个实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 中用于进行再起启动的再起启动控制流程的流程图。在图 10 中, S 表示各步骤。

[0113] 首先,在 S1 中,判定燃料电池模块 2 是否处于停止运行中,处于停止运行中时,进入 S2,判定是否要求再起启动。

[0114] 在 S2 中,当判定为要求再起启动时,进入 S3,通过检测出用于重整器 20 变更重整状态的重整状态温度的重整状态温度检测部件的一部分即重整器温度传感器 148 测定重整器 20 的温度 (以下称为“重整器温度 T_r ”) 后,进入 S4,通过检测出用于重整器 20 变更重整状态的重整状态温度的重整状态温度检测部件的一部分即发电室温度传感器 142 测定燃料电池电堆 14 (即燃料电池单电池 84 自身) 附近的温度即电堆温度 T_s 。

[0115] 接下来,进入 S5,判定重整器温度 T_r 是否为 500°C 以上。

[0116] 在 S5 中,当判定为重整器温度 T_r 不为 500°C 以上时,进入 S6,判定重整器温度 T_r 是否小于 200°C 。

[0117] 在 S6 中,当判定为重整器温度 T_r 不小于 200°C ,即重整器温度 T_r 为 200°C 以上且小于 500°C 时,进入 S7,判定重整器温度 T_r 是否为 200°C 以上且小于 230°C 。

[0118] 在 S7 中,当判定为重整器温度 T_r 不符合 200°C 以上且小于 230°C 的条件,即重整器温度 T_r 为 230°C 以上且小于 500°C 时,进入 S8,禁止用点火装置 83 点燃燃料气体并保留再起启动,使停止运行持续。

[0119] 而且,在重整器温度 T_r 降低至 200°C 以上且小于 230°C 的温度区域内的时刻,从 S7 进入 S9,开始用点火装置 83 点燃燃料气体,在该刚刚点燃之后执行图 9 所示的数据图表中的基于“再起启动模式”的“再起启动 POX”。

[0120] 而且,在 S5 中,当判定为重整器温度 T_r 为 500°C 以上时,进入 S10,判定重整器温度 T_r 是否为 600°C 以上。

[0121] 在 S10 中,当判定为重整器温度 T_r 不为 600°C 以上,即重整器温度 T_r 为 500°C 以

上且小于 600℃时,进入 S11,执行图 9 所示的数据图表中的基于“再起动模式”的“通常起动 ATR”。

[0122] 另一方面,在 S10 中,当判定为重整器温度 T_r 为 600℃以上时,进入 S12,判定通过发电室温度传感器 142 测定的电堆温度 T_s 是否为 600℃以上。

[0123] 在 S12 中,当判定为电堆温度 T_s 为 600℃以上时,进入 S13,执行图 9 所示的数据图表中的基于“再起动模式”的“通常起动 SR”。另一方面,在 S12 中,当判定为电堆温度 T_s 不为 600℃以上,即尽管重整器温度 T_r 为 600℃以上,但是电堆温度 T_s 小于 600℃时,进入 S11,执行图 9 所示的数据图表中的基于“再起动模式”的“通常起动 ATR”。

[0124] 接下来,在 S1 中,判定燃料电池模块 2 是否处于停止运行中,当未处于停止运行中时,进入 S14,判定是否存在基于起动中熄火的再起动要求。

[0125] 在 S14 中,当判定为存在基于熄火的再起动要求时,以及在 S6 中,当判定为重整器温度 T_r 小于 200℃时,即使温度传感器的值在表观上较高,也由于燃料电池模块整体并未长时间处于高温状态,因此并未处于平均地蓄热的状况,由此,并未处于可执行基于余热的再起动控制的状况,因此,进入 S15,根据图 9 所示的数据图表中的“通常起动模式”执行再起动。

[0126] 接下来,参照图 9 ~ 图 11,更具体地说明根据图 10 所示的本实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 的再起动控制流程执行再起动时的动作。

[0127] 图 11 是对于表示根据图 10 所示的本实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 的再起动控制流程执行再起动时的动作的时间图,与表示通常起动时的动作的时间图进行对比的图。

[0128] 另外,图 11 上段的时间图是表示执行图 9 所示的数据图表中的“通常起动模式”时的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 的通常起动的动作的时间图,图 11 下段的时间图是表示执行图 9 所示的数据图表中的“再起动模式”时的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 的再起动的动作的时间图。

[0129] 而且,对于以下的基于本实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 的再起动控制流程的再起动的动作说明,仅参照图 9 所示的与“通常起动模式”和“再起动模式”相关的数据图表,同时与基于“通常起动模式”的通常起动时的动作对比并说明图 11 所示的本实施方式的固体电解质型燃料电池 (SOFC) 的基于“再起动模式”的再起动时的动作。

[0130] 首先,对图 9 所示的“通常起动模式”的数据图表的表示方法进行说明。

[0131] 图 9 所示的“通常起动模式”的“状态”这一栏从上段向下段按时序顺序分别表示通常起动时的各运行状态,对于各运行状态,简要记述并区别为“点燃时”、“燃烧运行”、“通常起动 POX”、“通常起动 ATR”、“通常起动 SR”。

[0132] 即,对于图 11 中的“通常起动模式”的时间图的横轴即时间 t ,使“点燃时”的时间为 t_1 ,使依次转入“通常起动 POX”、“通常起动 ATR”及“通常起动 SR”时的时间分别为 t_2 、 t_3 及 t_4 ,在时间 t 中使重整器温度传感器 148 检测出的重整器 20 的温度为 $T_r(t)$,在时间 t 中使由发电室温度传感器 142 测定的电堆温度为 $T_s(t)$ 。

[0133] 图 9 所示的“通常起动模式”的“点燃时”这一运行状态是使点火装置 83 点火,点燃燃料气体而开始燃烧的状态,使该点燃时 ($t = t_1$) 重整器温度传感器 148 检测出的重整器 20 的温度为“点燃时温度 $T_r(t_1)$ ”,该点燃时温度 $T_r(t_1)$ 比 POX 开始时 ($t = t_2$) 的重

重整器 20 的温度（以下称为“POX 开始温度 $Tr(t_2)$ ”）（ $= 300^{\circ}\text{C}$ ）低。

[0134] 接下来，“通常起动模式”的“燃烧运行”这一运行状态为，在燃料气体点燃后而开始燃烧后，在利用该燃料气体的燃烧热量加热重整器 20 而执行燃烧运行的控制区域（以下称为“燃烧运行控制区域 B1”）内控制起动，并在重整器温度传感器 148 检测出的重整器 20 的温度为从点燃时温度 $Tr(t_1)$ 至小于 POX 开始温度 $Tr(t_2)$ （ $= 300^{\circ}\text{C}$ ）的温度区域 W1 内执行的运行状态。

[0135] 接下来，“通常起动模式”的“通常起动 POX”这一运行状态为，重整器温度传感器 148 检测出的重整器 20 的温度 $Tr(t)$ 处在 POX 开始温度 $Tr(t_2)$ （ $= 300^{\circ}\text{C}$ ）以上且小于可实施 SR 的 SR 可能温度（以下称为“SR 可能温度 $Tr(t_3)$ ”）（ $= 600^{\circ}\text{C}$ ）的温度区域（以下称为“通常起动 POX 温度区域 W2”）内时（ $300^{\circ}\text{C} \leq Tr(t) < 600^{\circ}\text{C}$ ），在利用基于 POX 的反应热量和燃料气体的燃烧热量加热重整器 20 从而执行 POX 的控制区域（以下称为“通常起动模式 POX 控制区域 B2”）内控制起动。

[0136] 接下来，“通常起动模式”的“通常起动 ATR”这一运行状态为，在重整器温度传感器 148 检测出的重整器 20 的温度 $Tr(t)$ 处在 SR 可能温度 $Tr(t_3)$ （ $= 600^{\circ}\text{C}$ ）以上且小于规定的恒定温度 $Tr(t_4)$ （ $= 650^{\circ}\text{C}$ ）的温度区域（ $600^{\circ}\text{C} \leq Tr(t) < 650^{\circ}\text{C}$ ）（以下称为“通常起动 ATR 温度区域 W3”）内，并且，由发电室温度传感器 142 测定的电堆温度 T_s 处在 250°C 以上且小于 600°C 的温度区域（ $250^{\circ}\text{C} \leq T_s < 600^{\circ}\text{C}$ ）内时，控制基于 POX 的反应热量、燃料气体的燃烧热量及基于 SR 的吸热从而加热重整器 20，在执行 ATR 的控制区域（以下称为“通常起动模式 ATR 控制区域 B3”）内控制起动。

[0137] 接下来，“通常起动模式”的“通常起动 SR”这一运行状态为，在重整器温度传感器 148 检测出的重整器 20 的温度 $Tr(t)$ 为 650°C 以上的规定的恒定温度 $Tr(t_4)$ ，并且，由发电室温度传感器 142 测定的电堆温度 T_s 为 600°C 以上时，在执行 SR 的控制区域（以下称为“通常起动模式 SR 控制区域 B4”）内控制起动。

[0138] 另外，图 9 所示的“燃料流量”这一栏示出从辅助设备单元 4 的燃料气体供给部件即燃料流量调节单元 38 向重整器 20 供给的燃料气体的流量 [L/min]。

[0139] 而且，图 9 所示的“重整用空气流量”这一栏示出在各运行状态中，从辅助设备单元 4 的氧化剂气体供给部件即重整用空气流量调节单元 44 经由氧化剂气体加热部件即第 1 加热器 46 向重整器 20 供给的氧化剂气体（重整用空气）的流量 [L/min]。

[0140] 而且，图 9 所示的“发电用空气流量”这一栏示出在各运行状态中，从辅助设备单元 4 的发电用空气流量调节单元 45 经由第 2 加热器 48 向发电室 10 供给的发电用空气的流量 [L/min]。

[0141] 而且，图 9 所示的“水流量”这一栏示出在各运行状态中，从辅助设备单元 4 的生成纯水并向重整器 20 供给的供水部件即水流量调节单元 28 向重整器 20 供给的纯水的流量 [cc/min]。

[0142] 而且，对于图 9 所示的“转移温度条件”的“重整器温度”及“电堆温度”这一栏，示出运行状态转入下一个运行状态时的重整器 20 的温度及燃料电池电堆 14 的温度。

[0143] 更具体地说明时，例如“通常起动模式”的“燃烧运行”的状态栏中的“转移温度条件”的“重整器温度”示出了“ 300°C 以上”，这意味着重整器温度传感器 148 检测出的重整器 20 的温度 $Tr(t)$ 变为 300°C 以上时，“燃烧运行”的运行状态转入“通常起动 POX”的运行状

态。

[0144] 同样,“通常起动模式”的“通常起动 POX”的状态栏中的“转移温度条件”的“重整器温度”示出了“600℃以上”,“电堆温度”示出了“250℃以上”,这意味着重整器温度传感器 148 检测出的重整器 20 的温度 $Tr(t)$ 变为 600℃以上,由发电室温度传感器 142 测定的电堆温度 Ts 变为 250℃以上时,从“通常起动 POX”的运行状态转入“通常起动 ATR”的运行状态。

[0145] 接下来,对图 9 所示的“再起动模式”的数据图表的表示方法进行说明,但是由于与上述的“通常起动模式”的数据图表的表示方法基本相同,因此着眼于与“通常起动模式”的数据图表的不同点或特征点进行说明。

[0146] 首先,图 9 所示的“再起动模式”的“状态”这一栏从上段向下段按时序顺序分别表示再起动时的各运行状态,对于各运行状态,简要记述为“点燃时”、“再起动 POX”、“点燃禁止”、“通常起动 ATR”、“通常起动 SR”。

[0147] 即,对于图 11 中的“再起动模式”的时间图的横轴即时间 t ,使“点燃时”的时间为 t_{11} ,使依次转入“再起动 POX”、“通常起动 ATR”及“通常起动 SR”时的时间分别为 t_{12} 、 t_{13} 及 t_{14} 。

[0148] 接下来,图 9 所示的“再起动模式”的“点燃时”这一运行状态为,在燃料电池模块 2 的停止运行中要求再起动时,在重整器温度传感器 148 检测出的重整器 20 的温度 $Tr(t)$ 小于比上述的“通常起动模式”的通常起动模式 POX 控制区域 B2 的 POX 开始温度 $Tr(t_2)$ ($= 300^{\circ}\text{C}$) 低的规定温度 $Tr(t_{11})$ ($= 200^{\circ}\text{C}$) 时,基于“通常起动模式”的通常起动从“通常起动模式”的点燃后的“燃烧运行”开始执行(参照图 10 的 S6 及 S15)。

[0149] 另一方面,重整器 20 的温度 $Tr(t_{11})$ 为规定温度 ($= 200^{\circ}\text{C}$) 以上时,使点火装置 83 点火,在燃料气体点燃后,立即转入“再起动模式”的“再起动 POX”的运行状态(参照图 10 的 S7 及 S9)。

[0150] 另外,图 9 所示的“再起动模式”的“点燃时”的“燃料流量”为 5.5[L/min],比“通常起动模式”的“点燃时”的“燃料流量”(6.0[L/min])少。

[0151] 接下来,图 9 及图 10 的 S9 所示的“再起动模式”的“再起动 POX”这一运行状态为,在重整器温度传感器 148 检测出的重整器 20 的温度 $Tr(t_{11})$ 为规定温度 ($= 200^{\circ}\text{C}$) 以上时,使点火装置 83 点火,在燃料气体点燃后,立即进行转移从而在执行 POX 的控制区域(以下称为“再起动模式 POX 控制区域 B12”)内控制再起动。

[0152] 该在“再起动模式”的再起动模式 POX 控制区域 B12 内执行的“再起动 POX”的运行状态是与在“通常起动模式”的通常起动模式 POX 控制区域 B2 内执行的“通常起动 POX”不同的运行状态。

[0153] 更具体地说明时,在“再起动模式”的再起动模式 POX 控制区域 B 12 内执行“再起动 POX”的重整器 20 的温度区域(以下称为“再起动 POX 温度区域 W12”)与在“通常起动模式”的通常起动模式 POX 控制区域 B2 内执行“通常起动 POX”的通常起动 POX 温度区域 W2 ($300^{\circ}\text{C} \leq Tr(t) < 600^{\circ}\text{C}$) 相比,处在低温侧的温度区域 ($200^{\circ}\text{C} \leq Tr(t) < 230^{\circ}\text{C}$) 内。

[0154] 而且,“再起动模式”的“再起动 POX”的运行状态中的“燃料流量”为 5.5[L/min],虽然比“通常起动模式”的“点燃时”及“燃烧运行”的运行状态中的“燃料流量”(6.0[L/min])少,但是比“通常起动模式”的“通常起动 POX”的运行状态中的“燃料流量”(5.0[L/min])少。

min)) 多。

[0155] 而且,“再起启动模式”的“再起启动 POX”的运行状态中的“重整用空气流量”为 17.0[L/min],比“通常启动模式”的“通常启动 POX”的运行状态中的“重整用空气流量”(18.0[L/min])少。

[0156] 接下来,图 9 所示的“再起启动模式”的“点燃禁止”这一运行状态为,禁止用点火装置 83 点燃燃料气体从而禁止再起启动,在使停止运行持续的控制区域(以下称为“再起启动模式点燃禁止控制区域”)内控制再起启动(参照图 10 的 S8)。

[0157] 更具体地说明时,在“再起启动模式”的再起启动模式点燃禁止控制区域内执行“点燃禁止”的重整器 20 的温度区域(以下称为“点燃禁止温度区域”)与“再起启动模式”的再起启动 POX 温度区域 W12 相比,处在位于高温侧的 230℃以上且小于 500℃的温度区域内。

[0158] 而且,尽管在“再起启动模式”的再起启动模式点燃禁止控制区域中,尤其是“再起启动模式”的点燃禁止温度区域内的 300℃以上且小于 500℃的部分与“通常启动模式”的通常启动 POX 温度区域 W2 ($300^{\circ}\text{C} \leq \text{Tr}(t) < 600^{\circ}\text{C}$) 内的一部分温度区域重叠,但是不执行“通常启动模式”的“通常启动 POX”。

[0159] 而且,在“再起启动模式”的再起启动模式点燃禁止控制区域中,在重整器温度 Tr 从点燃禁止控制区域内 ($230^{\circ}\text{C} \leq \text{Tr} < 500^{\circ}\text{C}$) 降低至小于 230℃的时刻,开始用点火装置 83 点燃燃料气体,在该刚刚点燃之后,执行图 9 所示的数据图表中的基于“再起启动模式”的“再起启动 POX”(参照图 10 的 S7 及 S9)。

[0160] 接下来,图 9 及图 10 的 S11 所示的“再起启动模式”的“通常启动 ATR”这一运行状态为,重整器 20 的温度 $\text{Tr}(t)$ 处在相当于“通常启动模式”的通常启动 POX 温度区域 W2 的温度区域内,并且与“再起启动模式”的点燃禁止温度区域相比处在位于高温侧的 500℃以上且小于 600℃的温度区域(以下称为“再起启动 ATR 温度区域 W13”)内时,在执行与“通常启动模式”的“通常启动 ATR”相同的 ATR 的控制区域(以下称为“再起启动模式 ATR 控制区域 B13”)内控制再起启动。

[0161] 接下来,图 9 及图 10 的 S13 所示的“再起启动模式”的“通常启动 SR”这一运行状态为,在通过与“通常启动模式”的“通常启动 SR”的“转移温度条件”相同的条件执行与“通常启动模式”的“通常启动 SR”相同的 SR 的控制区域(以下称为“再起启动模式 SR 控制区域 B14”)内控制再起启动。

[0162] 而且,如图 11 所示,从“再起启动模式”的“再起启动 POX”转入“通常启动 ATR”时的时间 t_{13} 与从“通常启动模式”的“通常启动 POX”转入“通常启动 ATR”时的时间 t_3 相比,为较少的时间。

[0163] 而且,对于从“再起启动模式”的“通常启动 ATR”转入“通常启动 SR”时的时间 t_{14} ,与从“通常启动模式”的“通常启动 ATR”转入“通常启动 SR”时的时间 t_4 相比,也为较少的时间,基于再起启动的启动时间比基于通常启动的启动时间短。

[0164] 根据上述的本实施方式的固体电解质型燃料电池(SOFC)中的基于再起启动控制流程的再起启动控制,在因燃料电池模块 2 的运行停止,重整器 20 的温度 $\text{Tr}(t)$ 处在相当于“通常启动模式”的通常启动 POX 温度区域 W2 的温度区域内时,通过积极地利用残留在燃料电池电堆 14、重整器 20 内的余热,即使重整器 20 的温度 $\text{Tr}(t)$ 处在通常启动 POX 温度区域 W2 内,也禁止执行基于“通常启动模式”的通常启动模式 POX 控制区域 B2 的“通常启动 POX”,

可代替该禁止的“通常起动模式”的“通常起动 POX”，执行与该“通常起动 POX”不同的再起起动控制。

[0165] 其结果，与在再起起动时未禁止执行基于“通常起动模式”的通常起动模式 POX 控制区域 B2 的通常起动 POX，而是直接执行通常起动 POX 时相比，能够减轻燃料电池单电池 84 的氧化、异常高温所引起的对燃料电池单电池 84 的负担，可提高燃料电池单电池 84 的耐久性。

[0166] 而且，通过积极地利用残留在燃料电池单电池 84、重整器 20 内的余热，执行与“通常起动模式”的“通常起动 POX”不同的再起起动控制，可大幅度地缩短起动时间。

[0167] 而且，例如在基于起动时的熄火而进行再起起动时（参照图 10 的 S14 及 S15），可禁止基于“再起起动模式”的再起起动，并执行基于“通常起动模式”的起动，因此，可抑制燃料电池单电池单元 16 损伤。

[0168] 而且，根据本实施方式的固体电解质型燃料电池（SOFC）中的基于再起起动控制流程的再起起动控制，在与“再起起动模式”的点燃禁止温度区域（ $230^{\circ}\text{C} \leq \text{Tr} < 500^{\circ}\text{C}$ ）相比位于高温侧的“再起起动模式”的再起起动 ATR 温度区域 W13（ $500^{\circ}\text{C} \leq \text{Tr} < 600^{\circ}\text{C}$ ）中，执行基于与“通常起动模式”的通常起动模式 ATR 控制区域 B3 的通常起动 ATR 相同的 ATR 的再起起动，另一方面，在“再起起动模式”的点燃禁止温度区域（ $230^{\circ}\text{C} \leq \text{Tr} < 500^{\circ}\text{C}$ ）中禁止基于“通常起动模式”的“通常起动 POX”的再起起动，同时在等到重整器 20 的温度 $\text{Tr}(t)$ 降低至小于 230°C 后，执行基于“再起起动模式”的“再起起动 POX”的再起起动，因此，可抑制在高温状态下执行 POX 所引起的对燃料电池单电池 84 的损伤，并利用基于 POX 的发热反应迅速地实现燃料电池模块的温度恢复，快速地进行再起起动。

[0169] 而且，根据本实施方式的固体电解质型燃料电池（SOFC）中的基于再起起动控制流程的再起起动控制，在再起起动时积极地利用残留在燃料电池单电池 84、重整器 20 内的余热，将执行“再起起动模式”的“通常起动 ATR”的温度范围扩大至“通常起动模式”的“通常起动 POX”的 POX 温度区域 W2 内的规定温度以上的范围（ $500^{\circ}\text{C} \leq \text{Tr} < 600^{\circ}\text{C}$ ），由此，能够抑制对燃料电池单电池 84 的影响，并在稳定的状态且短时间内实现温度上升。

[0170] 即，在能够在再起起动时积极地利用残留在重整器 20、燃料电池电堆 14 内的余热的“通常起动模式”的 POX 温度区域 W2（ $300^{\circ}\text{C} \leq \text{Tr} < 600^{\circ}\text{C}$ ， $\text{Ts} < 250^{\circ}\text{C}$ ）中，将“再起起动模式”的“通常起动 ATR”的运行范围扩大至“通常起动模式”的 POX 温度区域 W2（ $300^{\circ}\text{C} \leq \text{Tr} < 600^{\circ}\text{C}$ ， $\text{Ts} < 250^{\circ}\text{C}$ ）内的规定温度以上（ $500^{\circ}\text{C} \leq \text{Tr} < 600^{\circ}\text{C}$ ），以执行“再起起动模式”的“通常起动 ATR”，在没有氧化影响的规定温度以下（ $200^{\circ}\text{C} \leq \text{Tr} < 230^{\circ}\text{C}$ ）实现基于“再起起动模式”的“再起起动 POX”的再起起动，在中间温度（ $230^{\circ}\text{C} \leq \text{Tr} < 500^{\circ}\text{C}$ ）禁止再起起动，并在通过停止处理控制实现了温度下降的基础上进行再起起动，由此，能够抑制对燃料电池电堆 14 的影响，并在稳定的状态且短时间内实现温度上升。

[0171] 而且，根据本实施方式的固体电解质型燃料电池（SOFC）中的基于再起起动控制流程的再起起动控制，在执行“再起起动模式”的“再起起动 POX”的再起起动模式 POX 控制区域 B12 中，通过积极地利用残留在燃料电池单电池 84、重整器 20 内的余热，可实现迅速的起动，另一方面，可利用比在执行“通常起动模式”的“通常起动 POX”的通常起动模式 POX 控制区域 B2 中从氧化剂气体供给部件即重整用空气流量调节单元 44 向重整器 20 供给的氧化剂气体（重整用气体）的供给量少的氧化剂气体（重整用空气）来执行“再起起动 POX”，可防止

因为较多地投入氧化剂气体而在余热的影响下给予燃料电池电堆 14 氧化影响。

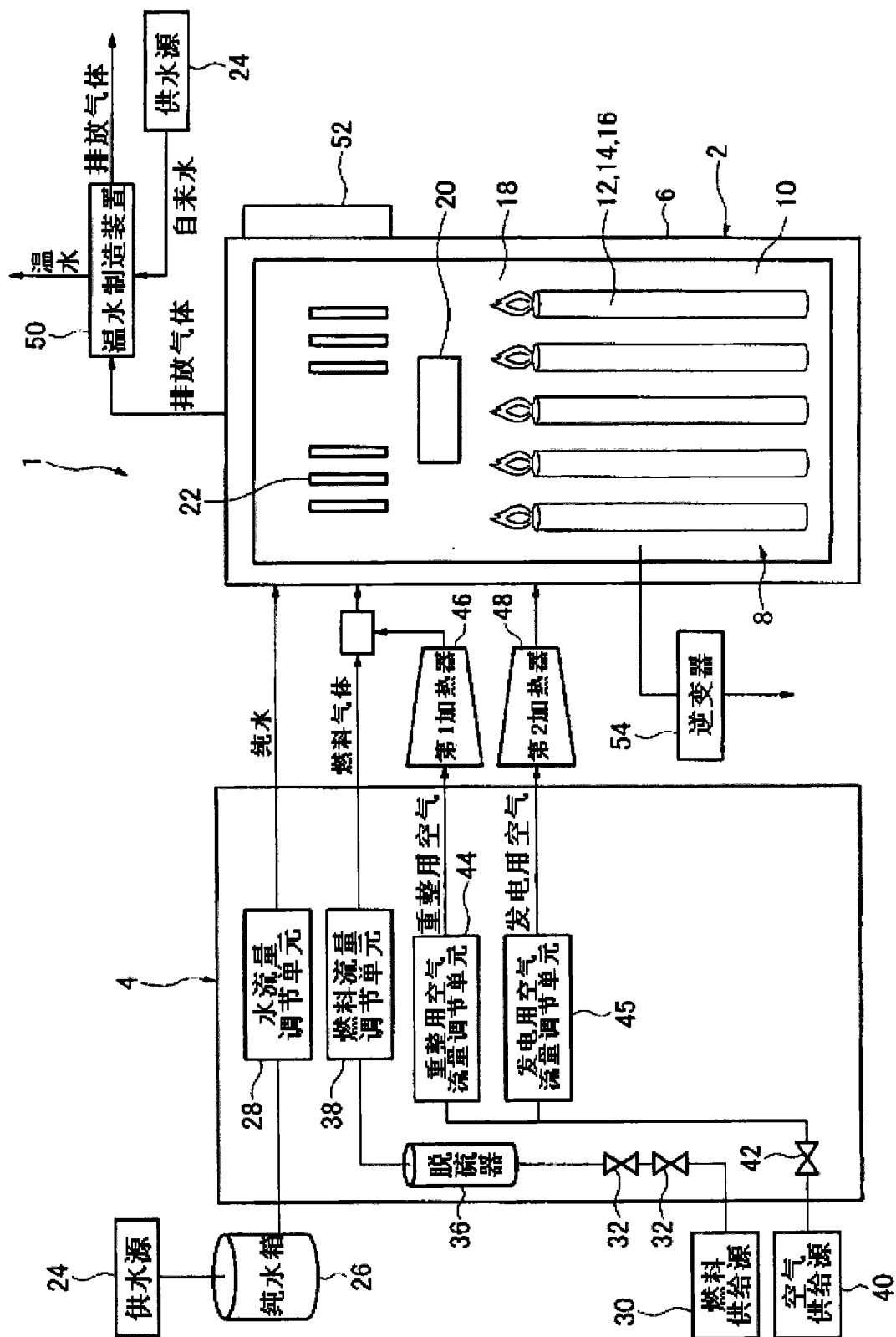


图 1

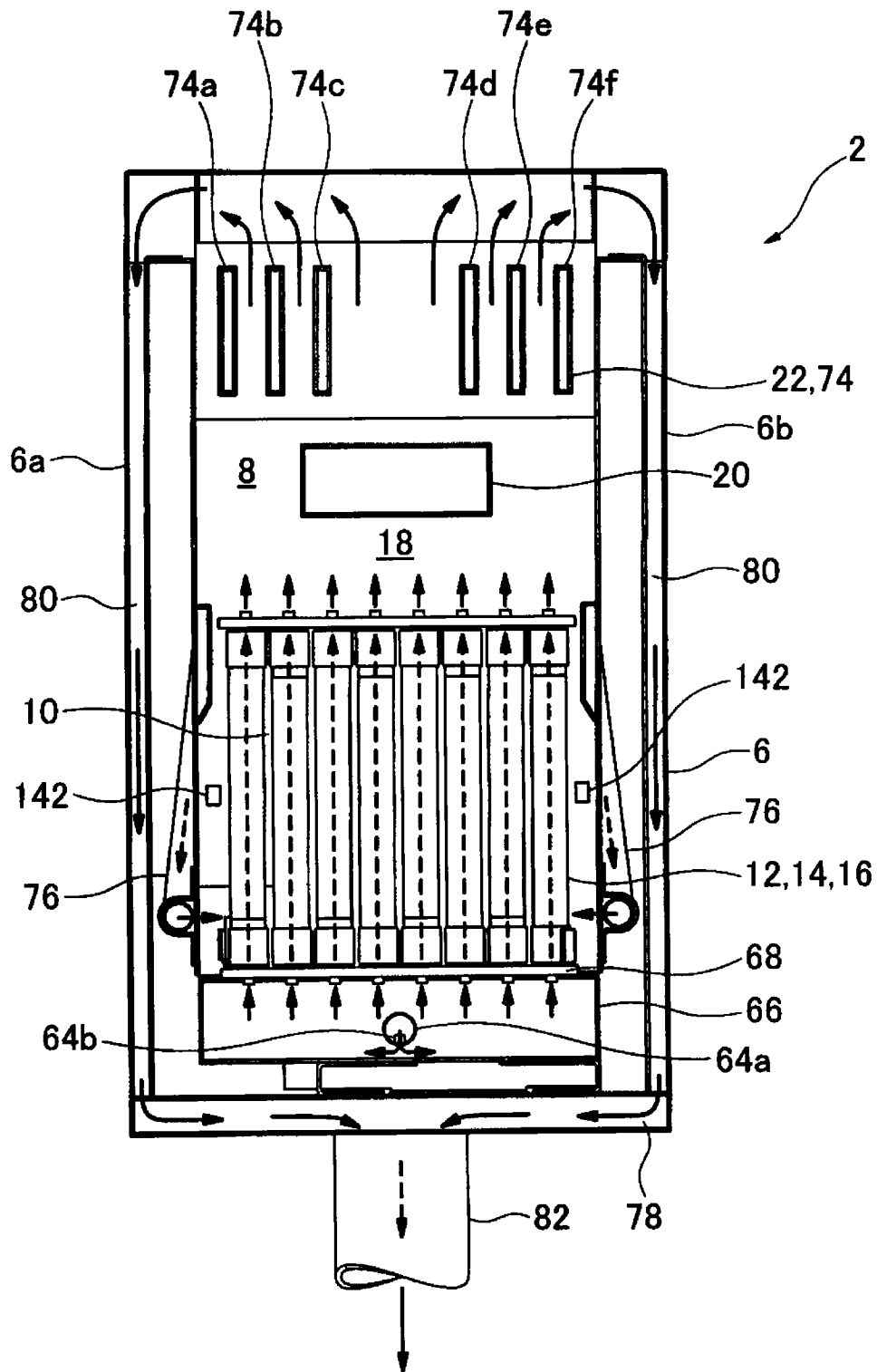


图 3

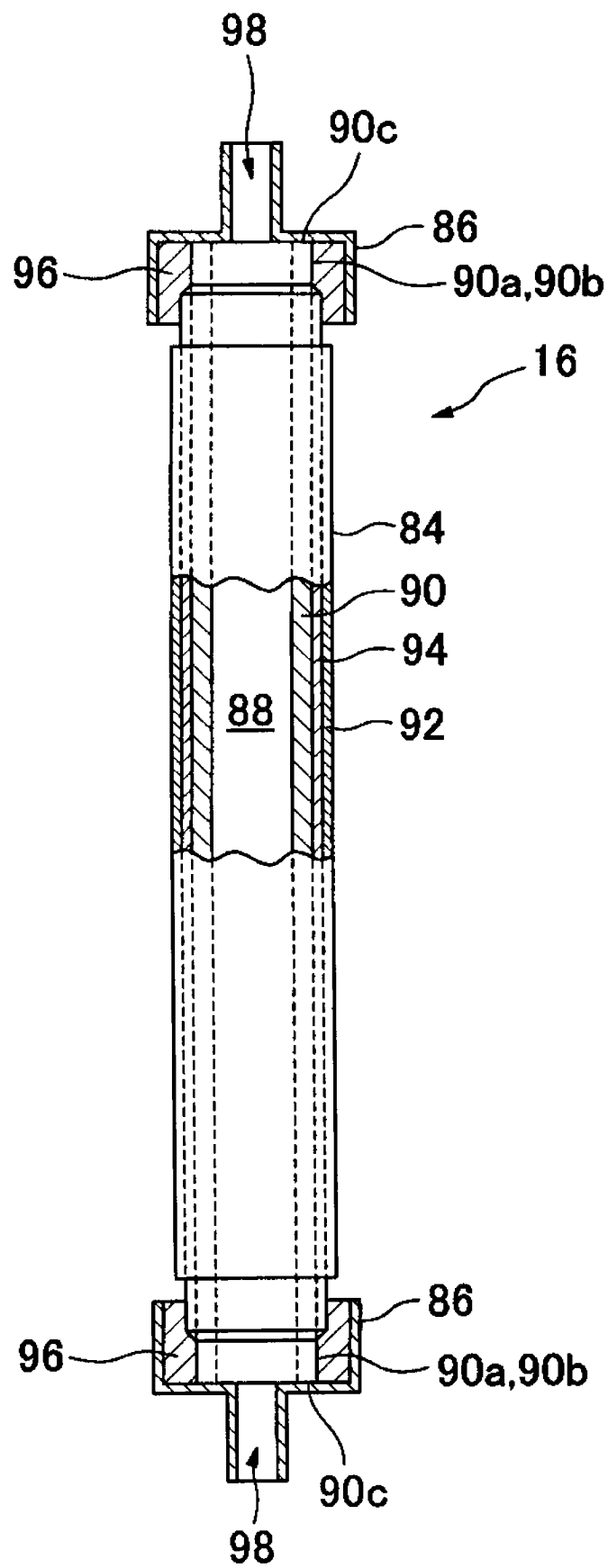


图 4

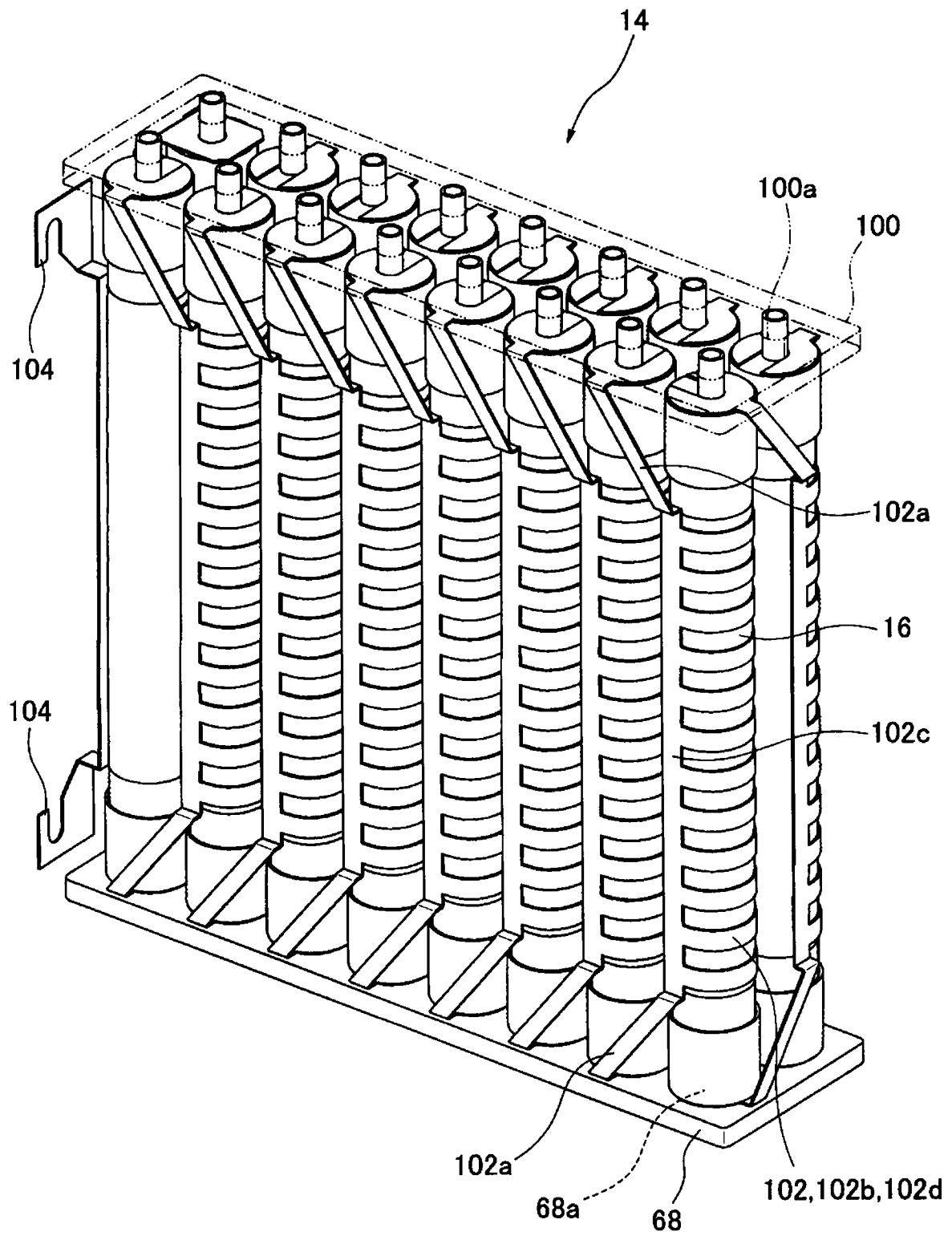


图 5

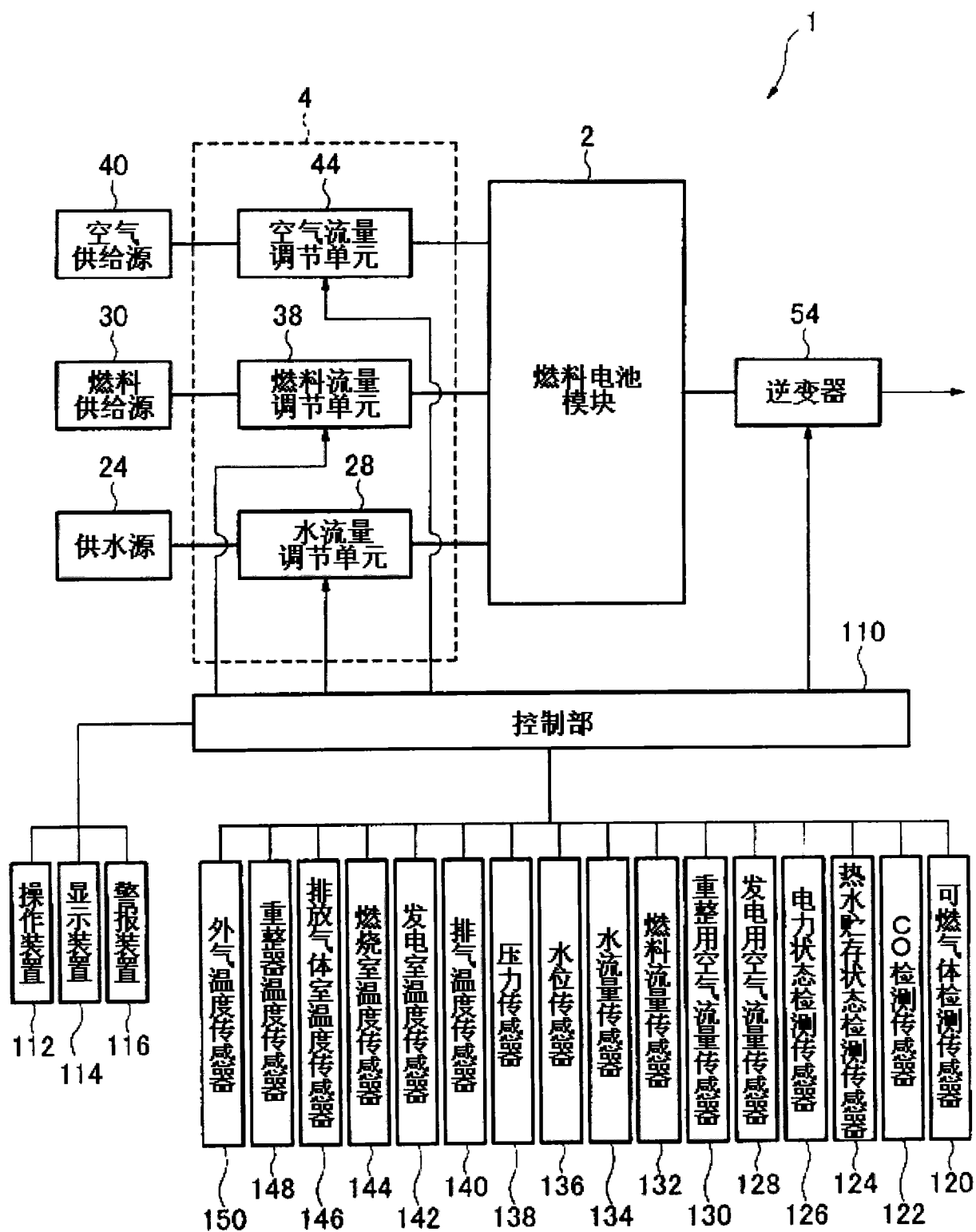


图 6

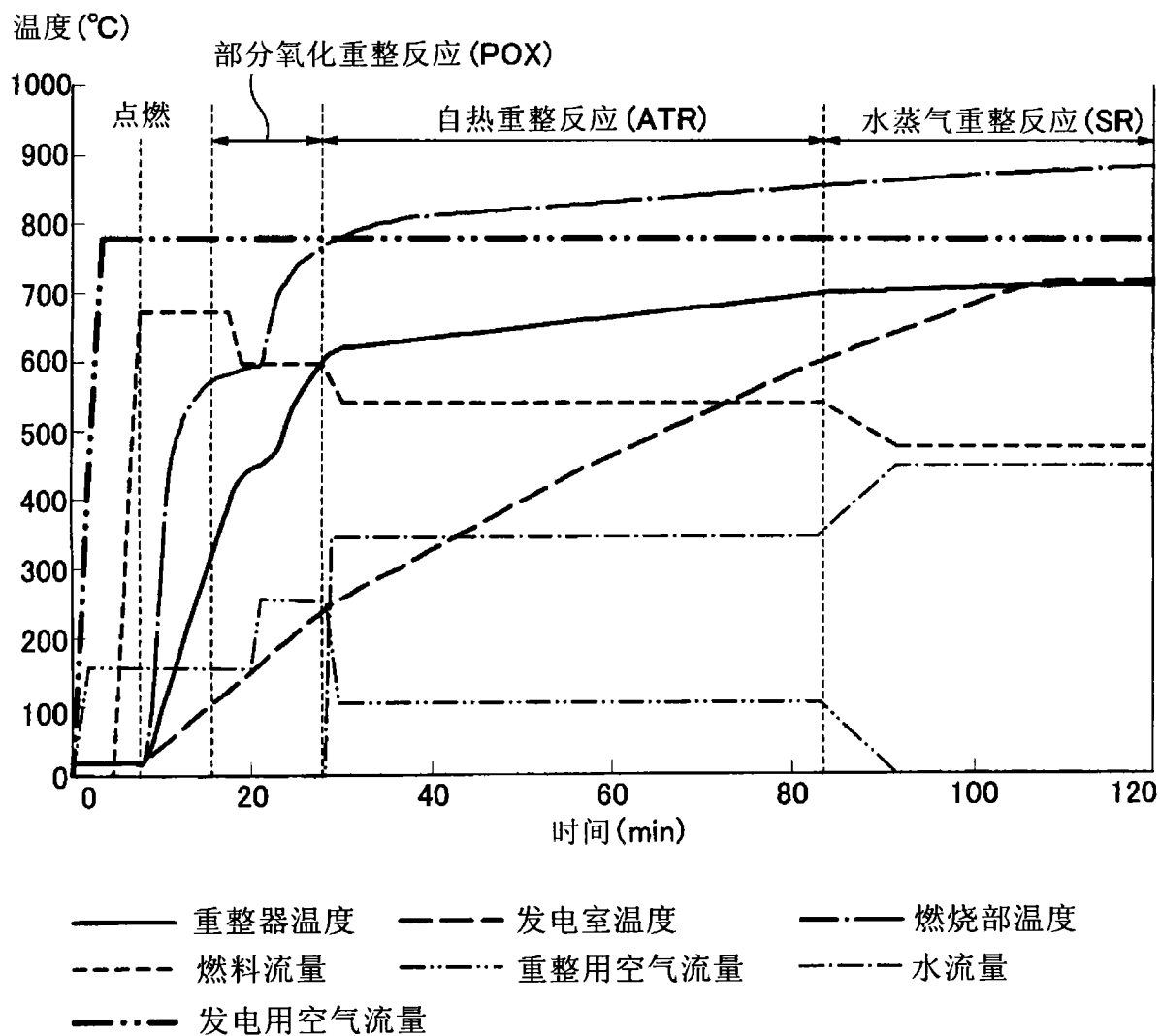


图 7

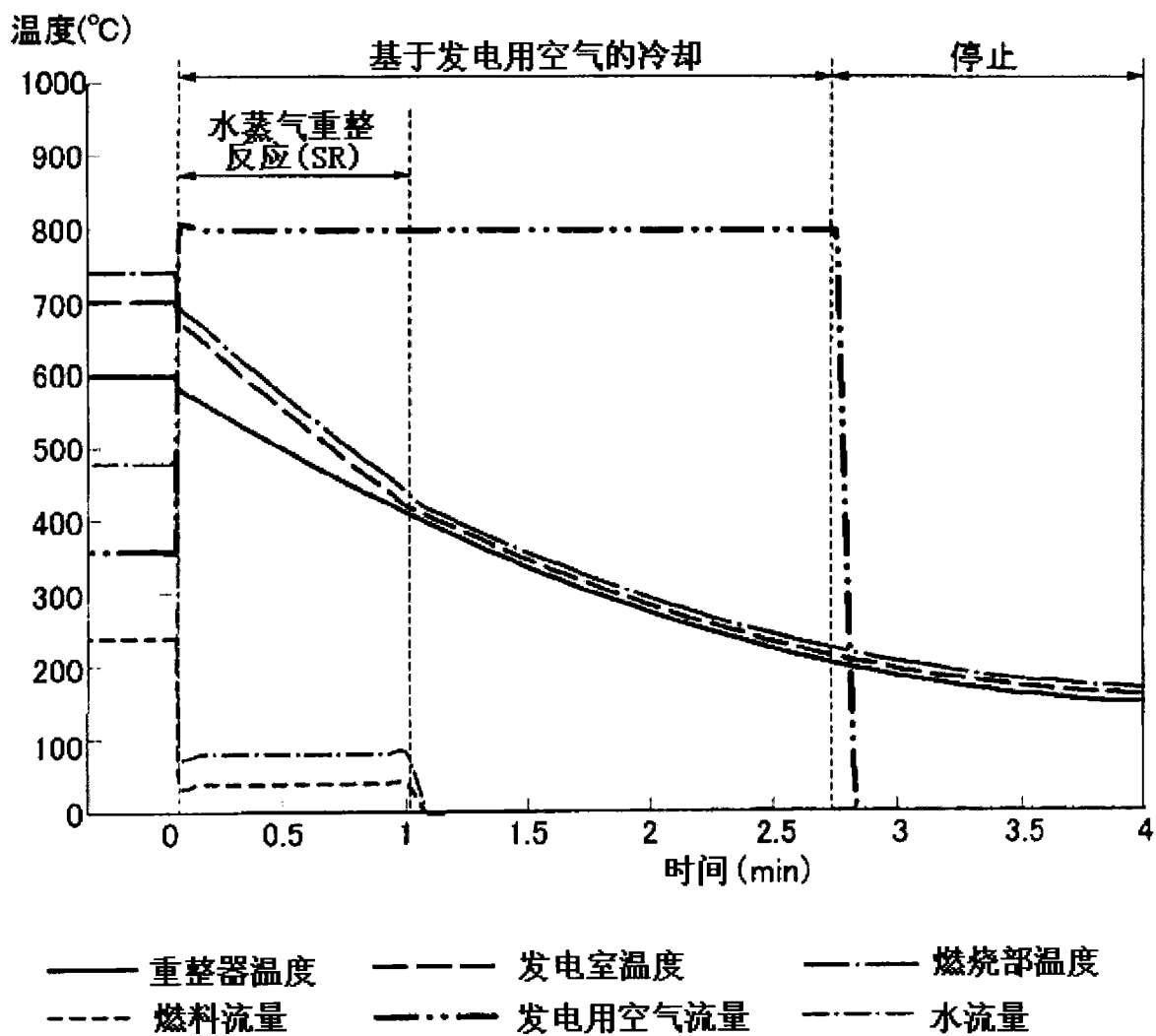


图 8

模式	状态	燃料流量 (L/min)	重整用 空气流量 (L/min)	发电用 空气流量 (L/min)	水流量 (cc/min)	转移温度条件 (°C) 重整器温度 Tr	电堆温度 Ts
通常启动 模式	点燃时	6.0	10.0	100.0	0.0	-	-
	燃烧运行	6.0	10.0	100.0	0.0	300°C 以上	-
	通常启动POX	5.0	18.0	100.0	0.0	600°C 以上	250°C 以上
	通常启动ATR	4.0	4.0	100.0	3.0	650°C 以上	600°C 以上
	通常启动SR	3.0	0.0	100.0	8.0	650°C 以上	700°C 以上
再启动 模式	点燃时	6.0	10.0	100.0	0.0	如果为200°C以上则点燃。点燃后立即转入再启动POX	-
	再启动POX	5.5	17.0	100.0	0.0	230°C 以上	-
	点燃禁止	230°C ≤ 重整器温度 < 500°C 温度的范围禁止点燃。持续停止。在变为230°C以下的时刻点燃后转入再启动POX					
	通常启动ATR	4.0	4.0	100.0	3.0	600°C 以上	600°C 以上
	通常启动SR	3.0	0.0	100.0	8.0	650°C 以上	700°C 以上

图 9

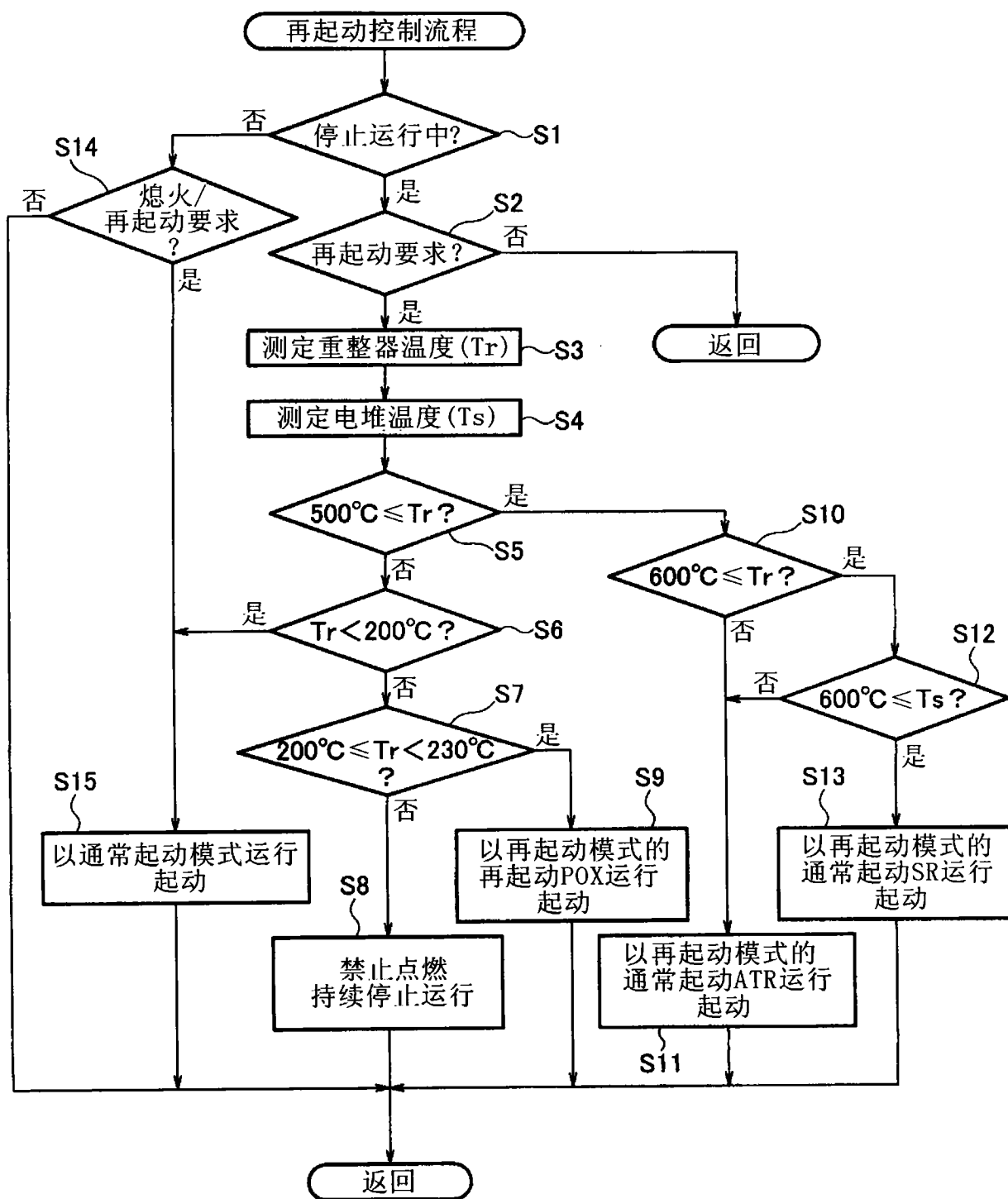


图 10

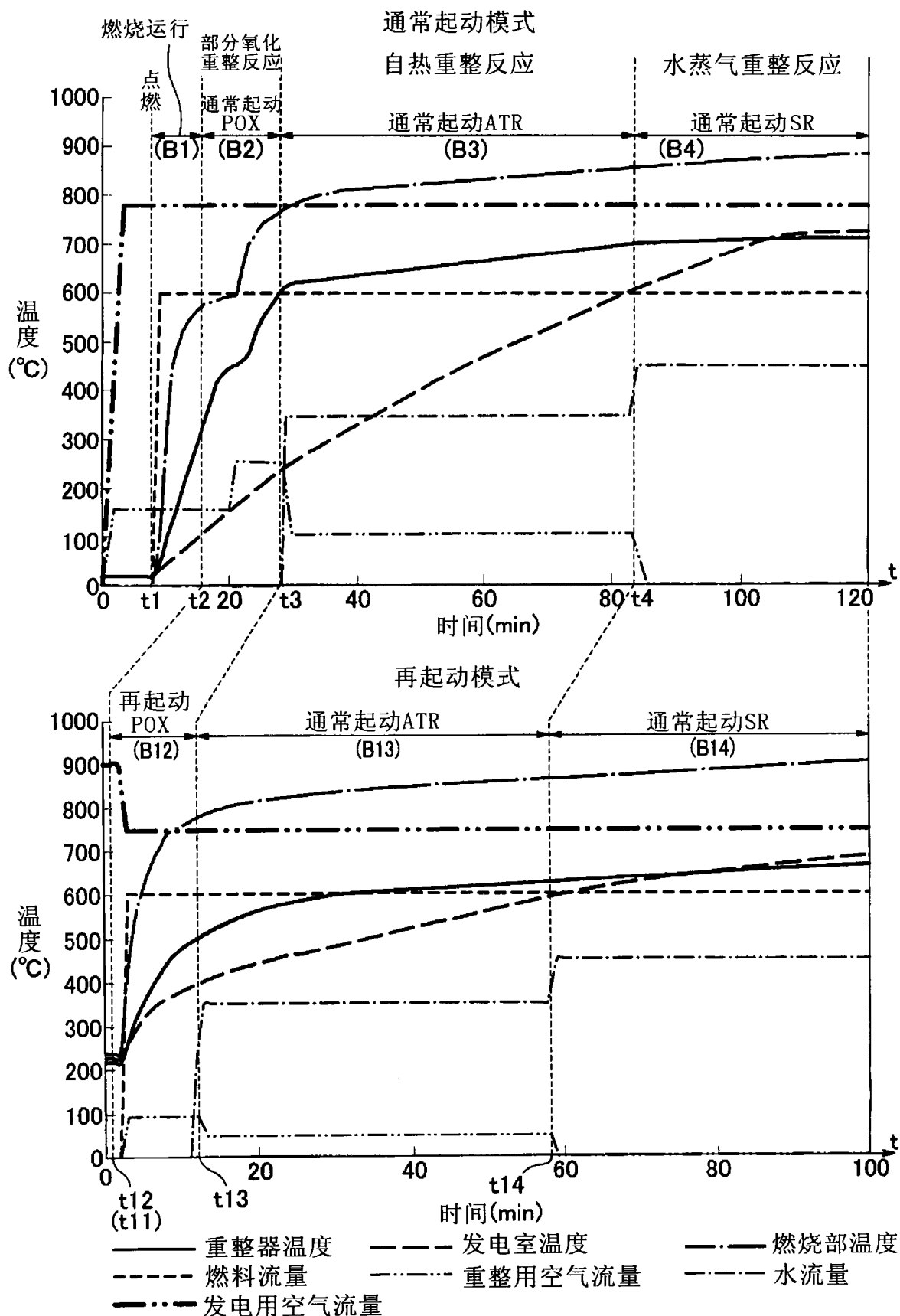


图 11