



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101292385 B

(45) 授权公告日 2010. 12. 15

(21) 申请号 200680039298. 0

代理人 龙淳

(22) 申请日 2006. 10. 19

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

H01M 8/04 (2006. 01)

304292/2005 2005. 10. 19 JP

H01M 8/10 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

(56) 对比文件

2008. 04. 21

JP 2003-178780 A, 2003. 06. 27, 全文.

(86) PCT申请的申请数据

JP 2004-363027 A, 2004. 12. 24, 全文.

PCT/JP2006/320877 2006. 10. 19

CN 1484870 A, 2004. 03. 24, 全文.

(87) PCT申请的公布数据

JP 2004-296384 A, 2004. 10. 21, 全文.

W02007/046483 JA 2007. 04. 26

审查员 尹朝丽

(73) 专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府

(72) 发明人 牟田葵 辻庸一郎 玄番美穗

(74) 专利代理机构 北京尚诚知识产权代理有限公司

公司 11322

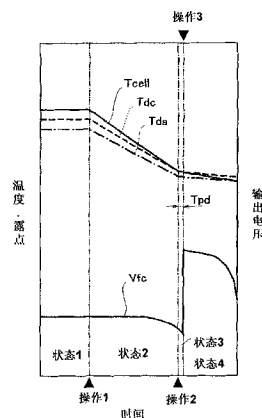
权利要求书 3 页 说明书 21 页 附图 16 页

(54) 发明名称

燃料电池系统及其运行方法

(57) 摘要

本发明提供一种燃料电池系统以及其运行方法,该燃料电池系统具备燃料电池、燃料气体供给装置和氧化剂气体供给装置、以及控制装置,还具备燃料电池的温度控制装置和加湿供给燃料电池的燃料气体以及氧化剂气体的加湿装置。在上述燃料电池系统中,通常根据情况切断燃料电池与负载的电连接而停止运行,但是经过长时间,燃料电池的发电性能会有随时间推移而劣化等的问题。本发明是通过在上述燃料电池系统中具备控制装置等来解决上述问题,该控制装置在切断燃料电池与负载的电连接之前,控制温度控制装置、加湿装置、燃料电池以及燃料气体供给装置中的至少任意一个,使燃料电池的温度 (Tcell) 与燃料气体的露点 (Tda) 以及氧化剂气体的露点 (Tdc) 中的至少一者相一致,之后,切断燃料电池与负载的电连接。



1. 一种燃料电池系统,其特征在于:

具备:

使用包含氢的燃料气体以及包含氧的氧化剂气体进行发电的燃料电池,

将所述燃料气体供给所述燃料电池的燃料气体供给装置,

将所述氧化剂气体供给所述燃料电池的氧化剂气体供给装置,

至少控制所述燃料电池、所述燃料气体供给装置以及所述氧化剂气体供给装置的控制装置;

进一步具备下述装置中的至少任意一个装置:控制所述燃料电池温度的温度控制装置,以及对供给所述燃料电池的所述燃料气体以及所述氧化剂气体的至少一方进行加湿的加湿装置;

所述控制装置根据所述燃料气体和所述氧化剂气体中的至少一者的露点或者与露点有关的信息,控制所述温度控制装置、所述加湿装置、所述燃料电池以及所述燃料气体供给装置中的至少任意一个,

在使所述燃料电池的温度与所述燃料气体和所述氧化剂气体中的至少一者的露点相一致之前,控制所述燃料气体和所述氧化剂气体的露点使其低于所述燃料电池的温度,使所述燃料电池发电,

在切断所述燃料电池与负载的电连接之前,使所述燃料电池的温度与所述燃料气体和所述氧化剂气体中的至少一者的露点相一致,

之后,切断所述燃料电池与所述负载的电连接。

2. 如权利要求 1 所述的燃料电池系统,其特征在于:

所述控制装置控制所述温度控制装置而降低所述燃料电池的温度,从而使该燃料电池的温度与所述燃料气体和所述氧化剂气体中的至少一者的露点相一致。

3. 如权利要求 2 所述的燃料电池系统,其特征在于:

所述控制装置使所述燃料电池的温度与所述燃料气体和所述氧化剂气体的较低露点一方的露点相一致。

4. 如权利要求 2 所述的燃料电池系统,其特征在于:

所述控制装置在进行所述降低时,将所述燃料电池的输出电流密度控制在所述发电时的输出电流密度以下。

5. 如权利要求 2 所述的燃料电池系统,其特征在于:

所述控制装置控制所述温度控制装置内的冷却介质的流量和温度中的至少一者而使燃料电池的温度降低。

6. 如权利要求 1 所述的燃料电池系统,其特征在于:

所述控制装置控制所述加湿装置而使所述燃料气体和所述氧化剂气体中的至少一者的露点上升,从而使所述燃料电池的温度与该燃料气体和该氧化剂气体中的至少一者的露点相一致。

7. 如权利要求 6 所述的燃料电池系统,其特征在于:

所述控制装置使所述燃料电池的温度与所述燃料气体和所述氧化剂气体的较低露点一方的露点相一致。

8. 如权利要求 6 所述的燃料电池系统,其特征在于:

所述控制装置在进行所述上升时,将所述燃料电池的输出电流密度控制在所述发电时的输出电流密度以下。

9. 如权利要求 6 所述的燃料电池系统,其特征在于:

所述控制装置利用所述燃料气体和所述氧化剂气体中的至少一者的流量和温度中的至少一者控制所述加湿装置内的加湿器的温度,从而使所述燃料气体和所述氧化剂气体中的至少一者的露点上升。

10. 如权利要求 1 所述的燃料电池系统,其特征在于:

所述与露点有关的信息是所述燃料气体供给装置中的蒸汽碳比和水蒸气重整反应的反应温度。

11. 一种燃料电池系统的运行方法,其特征在于:

驱动:

使用包含氢的燃料气体以及包含氧的氧化剂气体进行发电的燃料电池,

将所述燃料气体供给所述燃料电池的燃料气体供给装置,

将所述氧化剂气体供给所述燃料电池的氧化剂气体供给装置,以及

至少控制所述燃料电池、所述燃料气体供给装置和所述氧化剂气体供给装置的控制装置;

进一步驱动下述装置中的至少任意一个装置:控制所述燃料电池的温度的温度控制装置,以及对供给所述燃料电池的所述燃料气体和所述氧化剂气体中的至少一者进行加湿的加湿装置;

所述控制装置根据所述燃料气体和所述氧化剂气体中的至少一者的露点或者与露点有关的信息,驱动所述温度控制装置、所述加湿装置、所述燃料电池以及所述燃料气体供给装置中的至少任意一个,

在使所述燃料电池的温度与所述燃料气体和所述氧化剂气体中的至少一者的露点相一致之前,控制所述燃料气体和所述氧化剂气体的露点使其低于所述燃料电池的温度,使所述燃料电池发电,

在切断所述燃料电池与负载的电连接之前,使所述燃料电池的温度与所述燃料气体和所述氧化剂气体中的至少一者的露点相一致,

之后,切断所述燃料电池与所述负载的电连接。

12. 如权利要求 11 所述的燃料电池系统的运行方法,其特征在于:

所述控制装置控制所述温度控制装置而降低所述燃料电池的温度,从而使该燃料电池的温度与所述燃料气体和所述氧化剂气体中的至少一者的露点相一致。

13. 如权利要求 12 所述的燃料电池系统的运行方法,其特征在于:

所述控制装置使所述燃料电池的温度与所述燃料气体和所述氧化剂气体中的较低露点一方的露点相一致。

14. 如权利要求 12 所述的燃料电池系统的运行方法,其特征在于:

所述控制装置在进行所述降低时,将所述燃料电池的输出电流密度控制在所述发电时的输出电流密度以下。

15. 如权利要求 12 所述的燃料电池系统的运行方法,其特征在于:

所述控制装置控制所述温度控制装置内的冷却介质的流量和温度中的至少一者,从而

降低燃料电池的温度。

16. 如权利要求 11 所述的燃料电池系统的运行方法,其特征在于:

所述控制装置控制所述加湿装置而使所述燃料气体和所述氧化剂气体中的至少一者的露点上升,从而使所述燃料电池的温度与该燃料气体和该氧化剂气体中的至少一者的露点相一致。

17. 如权利要求 16 所述的燃料电池系统的运行方法,其特征在于:

所述控制装置使所述燃料电池的温度与所述燃料气体和所述氧化剂气体中的较低露点一方的露点相一致。

18. 如权利要求 16 所述的燃料电池系统的运行方法,其特征在于:

所述控制装置在进行所述上升时,将所述燃料电池的输出电流密度控制在所述发电时的输出电流密度以下。

19. 如权利要求 16 所述的燃料电池系统的运行方法,其特征在于:

所述控制装置利用所述燃料气体和所述氧化剂气体中的至少一者的流量和温度中的至少一者控制所述加湿装置内的加湿器的温度,从而使所述燃料气体和所述氧化剂气体中的至少一者的露点上升。

20. 如权利要求 11 所述的燃料电池系统的运行方法,其特征在于:

作为所述与露点有关的信息,所述控制装置利用所述燃料气体供给装置中的蒸汽碳比和水蒸气重整反应的反应温度。

燃料电池系统及其运行方法

技术领域

[0001] 本发明涉及利用包含氢的燃料气体以及包含氧的氧化剂气体来进行发电的燃料电池系统及其运行方法。

背景技术

[0002] 目前,可进行高效率的小规模发电的燃料电池系统容易进行为了利用在发电时所产生的热能而进行的系统构筑,所以作为能够实现高的能量利用效率的分散型的发电系统,正在不断进行着开发。

[0003] 燃料电池系统具备燃料电池作为其发电部的主体。作为该燃料电池,例如使用磷酸型燃料电池、熔融碳酸盐型燃料电池、碱性水溶液型燃料电池或者高分子电解质型燃料电池。在这些燃料电池中,高分子电解质型燃料电池可以在 $130^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ 程度的比较低的温度下进行发电,同时,具有输出密度高并且寿命长的特征。因此,高分子电解质型燃料电池被期待应用于要求高输出特性和短时间启动的电动汽车的动力电源以及要求具有长期可靠性的家庭用热电联供系统等。

[0004] 在 高分子电解质型燃料电池中,在发电运行时,向阳极侧供给包含氢的燃料气体,同时向阴极侧供给包含氧的氧化剂气体。这样,在 高分子电解质型燃料电池的阳极上,所供给的氢被转换成电子和质子。在阳极上所产生的电子经由连接于燃料电池系统的外部负载到达高分子电解质型燃料电池的阴极。还有,在阳极上所产生的质子通过高分子电解质膜而到达阴极。另一方面,在 高分子电解质型燃料电池的阴极上,经过外部负载而到达的电子和通过高分子电解质膜而到达的质子以及供给阴极侧的氧被利用而生成水。还有,燃料气体例如由从甲烷通过水蒸气重整反应而生成氢的燃料气体供给装置所供给。另外,氧化剂气体是由例如由西洛克风扇从大气中取入空气的氧化剂气体供给装置而供给的。

[0005] 但是,在具备高分子电解质型燃料电池的燃料电池系统中,为了确保从阳极侧到阴极侧的质子的传导性,有必要将高分子电解质膜维持在湿润状态。因此,在该燃料电池系统中,将被加湿的燃料气体以及被加湿的氧化剂气体分别供给阳极侧以及阴极侧。还有,在该燃料电池系统中,为了充分确保在将化学反应的自由能变化转换成电能时的能量的转换效率,例如,在把燃料气体的露点设定为 T_{da} 、把氧化剂气体的露点设定为 T_{dc} 、把高分子电解质型燃料电池的温度设定为 T_{cell} 的情况下,在满足 $T_{cell} > T_{da}$ 并且 $T_{cell} > T_{dc}$ 的相互关系的运行条件(以下称该运行条件为“低加湿运行条件”)之下运行高分子电解质型燃料电池。由此,燃料电池系统经过长时间稳定发挥指定的发电性能(例如参照专利文献 1)。

[0006] 另外,在燃料电池系统的发电运行中,在燃料电池系统生成的电能以及热能的任何一个都不需要的情况下,没有必要进行发电运行,所以通常根据情况采用启动或者停止高分子电解质型燃料电池的发电运行的启动停止型的运行方法。该在启动停止型的运行方法中,在电能以及热能的任何一个都不需要的情况下,燃料电池系统的控制装置使燃料气体供给装置以及氧化剂气体供给装置的动作停止,之后,切断高分子电解质型燃料电池和

外部负载的电连接。由此，高分子电解质型燃料电池成为开路状态。于是，控制装置为了防止高分子电解质膜的干燥，将加湿了的惰性气体封入高分子电解质型燃料电池的内部。或者，控制装置切断高分子电解质型燃料电池与燃料气体供给装置以及氧化剂气体供给装置的连接，密闭燃料气体用流路以及氧化剂气体用流路。由此，燃料电池系统防止经过长时间而产生的高分子电解质膜的干燥（例如，参照专利文献 2、3、4）。

[0007] 专利文献 1：日本特愿平 04-502749 号公报

[0008] 专利文献 2：日本特开平 06-251788 号公报

[0009] 专利文献 3：日本特开 2004-163037 号公报

[0010] 专利文献 4：日本特开 2004-006166 号公报

发明内容

[0011] 然而，在上述的现有技术的燃料电池系统中，尽管利用封入加湿的惰性气体或者密闭燃料气体用流路以及氧化剂气体用流路来防止经过长时间而产生的高分子电解质膜的干燥，但是存在着高分子电解质膜的劣化持续进行从而高分子电解质型燃料电池的发电性能随着时间而降低的问题。这是因为，在燃料电池系统停止发电运行的时候，在低加湿运行条件之下运行的高分子电解质型燃料电池被切断与外部负载的电连接，从而成为开路状态。

[0012] 本发明是为了解决上述课题而做出的，目的在于，提供可防止以低加湿运行条件进行运行的高分子电解质型燃料电池过渡到开路状态时的高分子电解质膜的劣化并且具备优良的耐久性的燃料电池系统以及其运行方法。

[0013] 本发明人为了达到上述目的经过反复专心研究，其结果是，基于以下事实：在低加湿运行条件之下运行燃料电池系统的情况下，由在该低加湿运行条件进行运行的状态到停止发电运行时，由高分子电解质膜的干燥引起的劣化特别容易进行，从而发现：在停止高分子电解质型燃料电池的放电前，一边将输出电压保持在比开路电压更低的指定的范围内，一边调节高分子电解质膜的含水量，这对达到上述目的是极为有效的，从而完成了本发明。

[0014] 即，本发明所涉及的燃料电池系统具备：使用包含氢的燃料气体以及包含氧的氧化剂气体进行发电的燃料电池，将上述燃料气体供给上述燃料电池的燃料气体供给装置，将上述氧化剂气体供给上述燃料电池的氧化剂气体供给装置，至少控制上述燃料电池、上述燃料气体供给装置以及上述氧化剂气体供给装置的控制装置；进一步具备控制上述燃料电池温度的温度控制装置以及对供给上述燃料电池的上述燃料气体以及上述氧化剂气体的至少之一进行加湿的加湿装置中的至少任意一个；上述控制装置在切断上述燃料电池与负载的电连接之前，根据上述燃料气体和上述氧化剂气体中的至少之一的露点或者与露点有关的信息，控制上述温度控制装置、上述加湿装置、上述燃料电池以及上述燃料气体供给装置中的至少任意一个；使上述燃料电池的温度与上述燃料气体和上述氧化剂气体的至少之一的露点相一致，之后，切断上述燃料电池与上述负载的电连接。

[0015] 另外，本发明所涉及的燃料电池系统的运行方法为，驱动：使用包含氢的燃料气体以及包含氧的氧化剂气体进行发电的燃料电池，将上述燃料气体供给上述燃料电池的燃料气体供给装置，将上述氧化剂气体供给上述燃料电池的氧化剂气体供给装置，至少控制上述燃料电池、上述燃料气体供给装置以及上述氧化剂气体供给装置的控制装置；进一步驱

动；控制上述燃料电池温度的温度控制装置以及对供给上述燃料电池的上述燃料气体和上述氧化剂气体中的至少之一进行加湿的加湿装置中的至少任意一个；上述控制装置在切断上述燃料电池与负载的电连接之前，根据上述燃料气体和上述氧化剂气体中的至少之一的露点或者与露点有关的信息，控制上述温度控制装置、上述加湿装置、上述燃料电池以及上述燃料气体供给装置中的至少任意一个；使上述燃料电池的温度与上述燃料气体和上述氧化剂气体中的至少之一的露点相一致，其后切断上述燃料电池与上述负载的电连接。

[0016] 根据这种构成，在使燃料电池系统的状态从发电运行状态向发电运行停止状态过渡的过程中，控制装置在控制温度控制装置和加湿装置的至少一个而使燃料电池的温度与燃料气体和氧化剂气体中的至少之一的露点相一致之后，切断燃料电池与负载的电连接，所以可以相对地提高高分子电解质膜的含水量，可以抑制高分子电解质膜的劣化。于是，由此，可以提供具备优良的耐久性的燃料电池系统。

[0017] 另外，在本发明所涉及的燃料电池系统以及其运行方法中，上述控制装置控制上述温度控制装置而使上述燃料电池的温度降低，从而使该燃料电池的温度与上述燃料气体和上述氧化剂气体的至少之一的露点相一致。

[0018] 根据这种构成，因为控制温度控制装置而使燃料电池的温度降低，所以可以容易使燃料电池的温度与燃料气体和氧化剂气体中的至少之一的露点相一致。

[0019] 在该情况下，上述控制装置使上述燃料电池的温度与上述燃料气体和上述氧化剂气体中的较低露点侧的露点相一致。

[0020] 根据这种构成，因为使得燃料电池的温度与燃料气体和氧化剂气体中的较低露点侧的露点相一致，所以可以进一步提高高分子电解质膜的含水量，可以更加有效地抑制高分子电解质膜的劣化。

[0021] 另外，在此情况下，上述控制装置在进行上述降低时，把上述燃料电池的输出电流密度控制在上述发电时的输出电流密度以下。

[0022] 根据这种构成，因为在使燃料电池的温度降低时，将燃料电池的输出电流密度控制在发电时的输出电流密度以下，所以能够抑制伴随发电所生成的水的生成量。由此，可以在燃料电池中防止发生流路闭塞。

[0023] 另外，在该情况下，上述控制装置控制上述温度控制装置内的制冷剂的流量以及温度中的至少一者从而降低上述燃料电池的温度。

[0024] 根据这种构成，因为控制温度控制装置内的制冷剂的流量以及温度中的至少一者，所以可以容易地降低燃料电池的温度。

[0025] 还有，在本发明所涉及的燃料电池系统以及其运行方法中，上述控制装置控制上述加湿装置从而提高上述燃料气体以及上述氧化剂气体中的至少一者的露点，使得上述燃料电池的温度与该燃料气体以及该氧化剂气体中的至少一者的露点相一致。

[0026] 根据这种构成，因为控制加湿装置而提高燃料气体以及氧化剂气体中的至少一者的露点，所以可以容易地使燃料电池的温度与燃料气体以及氧化剂气体中的至少一者的露点相一致。

[0027] 在此情况下，上述控制装置使上述燃料电池的温度与上述燃料气体和上述氧化剂气体的较低露点侧的露点相一致。

[0028] 根据这种构成，因为使燃料电池的温度与燃料气体和氧化剂气体的较低露点侧的

露点相一致,所以可以进一步提高高分子电解质膜的含水量,可以更加有效地抑制高分子电解质膜的劣化。

[0029] 还有,在此情况下,上述控制装置在进行所述提高的时候,将上述燃料电池的输出电流密度控制在上述发电时的输出电流密度以下。

[0030] 根据这种构成,在提高燃料气体和氧化剂气体的至少一者的露点的时候,将燃料电池的输出电流密度控制在发电时的输出电流密度以下,所以能够抑制伴随着发电所生成的水的生成量。由此,可以防止在燃料电池中发生流路闭塞。

[0031] 另外,在此情况下,上述控制装置根据上述燃料气体和上述氧化剂气体中的至少一者的流量和温度中的至少一者控制上述加湿装置内的加湿器的温度,从而提高上述燃料气体和上述氧化剂气体中的至少一者。

[0032] 根据这种构成,因为根据燃料气体和氧化剂气体中的至少一者的流量和温度的至少一者来控制加湿装置内的加湿器的温度,所以可以容易地提高燃料气体和氧化剂气体中的至少一者的露点。

[0033] 还有,在本发明所涉及的燃料电池系统以及其运行方法中,与上述露点相关的信息是上述燃料气体供给装置的动作条件,利用上述燃料气体供给装置的动作条件作为与上述露点相关的信息。

[0034] 根据这种构成,可以不使用露点传感器而分别检测燃料气体和氧化剂气体的露点。

[0035] 还有,在本发明所涉及的燃料电池系统以及其运行方法中,与上述露点相关的信息是上述燃料电池和上述加湿装置中的至少任意一个的动作条件,利用上述燃料电池和上述加湿装置中的至少任意一个的动作条件作为与上述露点相关的信息。

[0036] 根据这种构成,可以不使用露点传感器而分别检测燃料气体和氧化剂气体的露点。

[0037] 另外,在本发明所涉及的燃料电池系统以及其运行方法中,上述控制装置在使上述燃料电池的温度与上述燃料气体和上述氧化剂气体中的至少一者的露点相一致之前,将上述燃料气体的露点控制成低于上述燃料电池的温度。

[0038] 还有,在本发明所涉及的燃料电池系统以及其运行方法中,上述控制装置在使上述燃料电池的温度与上述燃料气体和上述氧化剂气体中的至少一者的露点相一致之前,将上述氧化剂气体的露点控制成低于上述燃料电池的温度。

[0039] 本发明用如上所述的手段进行实施,可以提供在低加湿运行条件下运行的高分子电解质型燃料电池能够防止在过渡到开路状态时的高分子电解质膜的劣化的具备优良的耐久性的燃料电池系统以及其运行方法。

附图说明

[0040] 图 1 是示意性地表示本发明的实施方式 1 所涉及的燃料电池系统的燃料电池的截面构造的截面图。

[0041] 图 2 是示意性地表示本发明的实施方式 1 所涉及的燃料电池系统的框图。

[0042] 图 3 是示意性地表示本发明的实施方式 1 所涉及的燃料电池系统的特征性的动作的流程图。

[0043] 图 4 是示意性地表示本发明的实施方式 1 所涉及的燃料电池系统特征性的动作中的燃料电池的温度 T_{cell} 、燃料气体的露点 T_{da} 、氧化剂气体的露点 T_{dc} 以及燃料电池的输出电压 V_{fc} 的变化的时间图。

[0044] 图 5 是示意性地表示本发明的实施方式 1 所涉及的燃料电池系统的特征性的动作的变形例中的燃料电池的温度 T_{cell} 、燃料气体的露点 T_{da} 、氧化剂气体的露点 T_{dc} 以及燃料电池的输出电压 V_{fc} 的变化的时间图。

[0045] 图 6 是示意性地表示本发明的实施方式 2 所涉及的燃料电池系统的特征性的动作的流程图。

[0046] 图 7 是示意性地表示本发明的实施方式 2 所涉及的燃料电池系统的特征性的动作中的燃料电池的温度 T_{cell} 、燃料气体的露点 T_{da} 、氧化剂气体的露点 T_{dc} 以及燃料电池的输出电压 V_{fc} 的变化的时间图。

[0047] 图 8 是示意性地表示本发明的实施方式 3 所涉及的燃料电池系统的构造的框图。

[0048] 图 9 是示意性地表示本发明的实施方式 3 所涉及的燃料电池系统的特征性的动作的流程图。

[0049] 图 10 是示意性地表示本发明的实施方式 3 所涉及的燃料电池系统的特征性的动作中的燃料电池的温度 T_{cell} 、燃料气体的露点 T_{da} 、氧化剂气体的露点 T_{dc} 以及燃料电池的输出电压 V_{fc} 的变化的时间图。

[0050] 图 11 是示意性地表示本发明的实施方式 3 所涉及的燃料电池系统的特征性的动作的变形例中的燃料电池的温度 T_{cell} 、燃料气体的露点 T_{da} 、氧化剂气体的露点 T_{dc} 以及燃料电池的输出电压 V_{fc} 的变化的时间图。

[0051] 图 12 是示意性地表示本发明的实施方式 4 所涉及的燃料电池系统的构造的框图。

[0052] 图 13 是示意性地表示每个水蒸气重整反应的反应温度的燃料气体供给装置生成的燃料气体的露点与 S/C 的关系的相关图。

[0053] 图 14 是示意性地表示用于算出由全换热器进行加湿的氧化剂气体的露点的构造的解说图。

[0054] 图 15 是示意性地表示本发明的实施方式 5 所涉及的燃料电池系统的构造的框图。

[0055] 图 16 是示意性地表示用于算出由温水加湿器进行加湿的氧化剂气体的露点的构造的解说图。

[0056] 符号的说明

[0057] 1 高分子电解质膜

[0058] 2a, 2c 催化剂反应层

[0059] 3a, 3c 气体扩散层

[0060] 4a 阳极

[0061] 4c 阴极

[0062] 5MEA(膜 / 电极组件)

[0063] 6a 燃料气体流路

[0064] 6c 氧化剂气体流路

[0065] 7a, 7c 隔板

[0066] 8a, 8c 冷却水流路

- [0067] 9a, 9c 密封垫 (gasket)
- [0068] 10 密封垫
- [0069] 11 燃料电池 (高分子电解质型燃料电池)
- [0070] 12 燃料气体供给部
- [0071] 13 氧化剂气体供给部
- [0072] 14 燃料气体排出部
- [0073] 15 氧化剂气体排出部
- [0074] 16 燃料气体供给装置
- [0075] 17 氧化剂气体供给装置
- [0076] 18 加湿器
- [0077] 18a, 18c 加湿器
- [0078] 19 温度控制装置
- [0079] 20 控制装置
- [0080] 21a, 21c 露点传感器
- [0081] 22 温度传感器
- [0082] 23 控制器
- [0083] 24 露点控制装置
- [0084] 25 三通阀
- [0085] 26 全换热器
- [0086] 27 温水加湿器
- [0087] 101 燃料电池 (主要部分)
- [0088] 102 单电池 (cell)
- [0089] 100 ~ 400 燃料电池系统

具体实施方式

[0090] 以下对用于实施本发明的最佳方式,参照附图加以详细说明。还有,在用于实施本发明的最佳方式中,将具备高分子电解质型燃料电池的燃料电池系统简单记载为“燃料电池系统”。另外,在此,把高分子电解质型燃料电池简单记载为“燃料电池”。还有,在此,将膜 / 电极组件简单记载为“MEA”。

[0091] (实施方式 1)

[0092] 首先,就本发明的实施方式 1 所涉及的燃料电池系统的构造,参照图 1 以及图 2 进行说明。

[0093] 图 1 是示意性地表示本发明的实施方式 1 所涉及的燃料电池系统的燃料电池的截面构造的截面图。还有,在图 1 中,为了简明扼要地说明燃料电池的基本构造,仅仅图示了燃料电池的主要部分。

[0094] 如图 1 所示,在燃料电池 101 中,MEA5 将密封垫 9a 以及密封垫 9c 配置于其周缘部并用隔板 7a 以及隔板 7c 夹持着。由此,在燃料电池 101 中,构成有单电池 102 (以下把“单电池”称作为“电池单元 (cell)”)。该电池单元 102 串联层叠多个而构成燃料电池 101。

[0095] 更加详细说明的话,如图 1 所示,MEA5 具备拥有质子传导性的高分子电解质膜 1。

该高分子电解质膜 1 在含水状态下选择性地输送质子。该高分子电解质膜 1 的质子输送能通过电离在含水状态下固定于高分子电解质膜 1 的固定电荷,同时使作为该固定电荷的抗衡离子进行作用的氢进行离子化而使其可移动,来实现的。并且,如图 1 所示,在该高分子电解质膜 1 的两面的中央部上,以各个相对的方式,设置有以搭载了铂类的金属催化剂的碳粉末作为主成分的催化剂反应层 2a 以及催化剂反应层 2c。在这些催化剂反应层之中,在催化剂反应层 2a 中,来自于从图 1 中未图示的燃料气体供给装置供给的燃料气体的氢以如化学式 (1) 所示的方式转换成电子和质子。在催化剂反应层 2a 中生成的电子经过连接于燃料电池系统的图 1 中未图示的外部负载,到达催化剂反应层 2c。还有,在催化剂反应层 2a 中生成的质子通过高分子电解质膜 1 而到达催化剂反应层 2c。另一方面,在燃料电池 101 的催化反应层 2c 中,经由外部负载而到达的电子、通过高分子电解质膜 1 而到达的质子以及来自于从在图 1 中未图示的氧化剂气体供给装置供给的氧化剂气体的氧被用来以如化学式 (2) 所示的方式生成水。根据该一系列的化学反应,燃料电池 101 在输出电力的同时产生热。

[0096] $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^- \cdots$ 化学式 (1)

[0097] $(1/2)O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O \cdots$ 化学式 (2)

[0098] 另外,如图 1 所示,在催化剂反应层 2a 以及催化剂反应层 2c 的没有接触高分子电解质膜 1 的面上,分别以相对的方式配设有气体扩散层 3a 以及气体扩散层 3c。这些气体扩散层 3a 以及气体扩散层 3c 兼备燃料气体和氧化剂气体的透气性和导电性,并且各自以电连接的方式设置于催化剂反应层 2a 以及催化剂反应层 2c 的表面。

[0099] 于是,在燃料电池 101 中,由催化剂反应层 2a 和气体扩散层 3a 构成了阳极 4a。还有,在燃料电池 101 中,由催化剂反应层 2c 和气体扩散层 3c 构成了阴极 4c。另外,在燃料电池 101 中,由高分子电解质膜 1 和阳极 4a 以及阴极 4c 构成了 MEA5。

[0100] 另外一方面,如图 1 所示,MEA5 的高分子电解质膜 1 是由电绝缘性的密封垫 9a 以及密封垫 9c 夹持着的,还有,这些密封垫 9a 以及密封垫 9c 是由导电性的隔板 7a 以及隔板 7c 夹持着的。由此,在燃料电池 101 中构成了电池单元 102。在该电池单元 102 中,燃料气体流路 6a 凹陷地设置于隔板 7a 的与气体扩散层 3a 相接触的面上。该燃料气体流路 6a 把从燃料气体供给装置供给的燃料气体供给 MEA5 的气体扩散层 3a,同时把由催化剂反应所产生的气体以及剩余的燃料气体排出到电池单元 102 的外部。另外,在该电池单元 102 中,氧化剂气体流路 6c 被凹陷设置于隔板 7c 的与气体扩散层 3c 相接触的面上。该氧化剂气体流路 6c 把从氧化剂气体供给装置供给的氧化剂气体供给 MEA5 的气体扩散层 3c,同时把由催化剂反应所产生的气体以及剩余的氧化剂气体排出到电池单元 102 的外部。另外,隔板 7a 和气体扩散层 3a 是电连接的,隔板 7c 和气体扩散层 3c 也是电连接的。

[0101] 并且,如图 1 所示,电串连地层叠多个电池单元 102 从而构成了燃料电池 101。在该燃料电池 101 中,一个电池单元 102 的隔板 7a 与另一个电池单元 102 的隔板 7c 电连接,电串连地层叠多个电池单元 102 以得到所要求的输出电压。另外,在该燃料电池 101 中,互相相对的内凹部被形成于隔板 7a 的与隔板 7c 相接触的面和隔板 7c 的与隔板 7a 相接触的面上,由此,构成了冷却水流路 8a 以及冷却水流路 8c。另外,为了防止在这些冷却水流路 8a 以及冷却水流路 8c 中流通的冷却水的泄漏,在隔板 7a 和隔板 7c 之间配设了密封垫 10。从图 1 中未图示的冷却水供给装置向冷却水流路 8a 以及冷却水流路 8c 中供给冷却水,该冷

却水在发电运行时冷却发热的燃料电池 101。还有,利用冷却水从燃料电池 101 中回收的热能例如可以使用于供应热水。

[0102] 图 2 是示意性地表示本发明的实施方式 1 所涉及的燃料电池系统的构成的框图。还有,在图 2 中,仅图示了为了说明本发明而必要的构成要素,关于其他的构成要素省略了图示。

[0103] 如图 2 所示,本发明的实施方式 1 所涉及的燃料电池系统 100,作为其发电部的主体,具备供给燃料气体和氧化剂气体而发电的燃料电池 11。另外,该燃料电池系统 100 具备:分别生成用于供给燃料电池 11 的燃料气体和氧化剂气体的燃料气体供给装置 16 以及氧化剂气体供给装置 17,在中途将从该氧化剂气体供给装置 17 向燃料电池 11 供给的氧化剂气体进行加湿的加湿器 18,分别检测该加湿器 18 以及上述的燃料气体供给装置 16 所供给的燃料气体和氧化剂气体的露点温度(以下简称为“露点”)的露点传感器 21a 以及露点传感器 21c。还有,该燃料电池系统 100 具备:由冷却介质控制供给燃料气体和氧化剂气体并发电的时候的燃料电池 11 的温度的温度控制装置 19,以及检测在该温度控制装置 19 和上述的燃料电池 11 之间作循环的冷却介质的温度的温度传感器 22。再有,该燃料电池系统 100 还具备适当控制上述的燃料电池 11、燃料气体供给装置 16 以及氧化剂气体供给装置 17、温度控制装置 19 的动作的控制装置 20。

[0104] 更加详细地进行说明的话,如图 2 所示,燃料电池 11 具备燃料气体供给部 12 以及氧化剂气体供给部 13 和燃料气体排出部 14 以及氧化剂气体排出部 15。在燃料电池系统 100 发电运行的时候,燃料气体供给装置 16 所生成的燃料气体在其露点被露点传感器 21a 检测后,被供给了燃料电池 11 的燃料气体供给部 12。然后,在燃料电池 11 中剩余的燃料气体从燃料电池 11 的燃料气体排出部 14 被排出。还有,来自于氧化剂气体供给装置 17 的氧化剂气体通过加湿器 18 被加湿并且露点被露点传感器 21c 检测后,被供给了燃料电池 11 的氧化剂气体供给部 13。然后,在燃料电池 11 中剩余的氧化剂气体从燃料电池 11 的氧化剂气体排出部 15 被排出。

[0105] 燃料气体供给装置 16 例如使用城市燃气或者丙烷气体等的原料,通过水蒸气重整反应,从而生成含有丰富氢的燃料气体。该燃料气体在水蒸气重整反应的时候被加湿,在含有水蒸气的状态下被供给了燃料电池 11。如此,含有水蒸气的燃料气体从燃料气体供给装置 16 被供给了燃料电池 11,由此,使燃料电池 11 的在图 2 中未图示的高分子电解质膜维持在湿润状态。还有,在本实施方式中虽然没有例示,但是作为燃料气体使用充填于氢气瓶中的纯氢的情况下,为了对该纯氢进行加湿,而在燃料气体供给装置 16 和露点传感器 21a 之间配设加湿器。

[0106] 氧化剂气体供给装置 17 例如由西洛克风扇从大气中取入作为氧化剂气体的空气。然后,将该所取入的空气供给燃料电池 11。还有,从大气中取入的空气通常不含有为了湿润燃料电池 11 的高分子电解质膜所必需量的水蒸气。因此,如图 2 所示,在燃料电池系统 100 中,在氧化剂气体供给装置 17 和露点传感器 21c 之间配设了加湿器 18。该加湿器 18 在加湿氧化剂气体供给装置 17 所排出的空气之后,将其供给燃料电池 11。如此,从氧化剂气体供给装置 17 向燃料电池 11 供给由加湿器 18 加湿的空气,由此同样使燃料电池 11 的高分子电解质膜维持于湿润状态。

[0107] 露点传感器 21a 检测从燃料气体供给装置 16 供给燃料电池 11 的燃料气体的露

点。还有,露点传感器 21c 检测从氧化剂气体供给装置 17 供给燃料电池 11 的氧化剂气体的露点。在本实施方式中,将由这些露点传感器 21a 以及露点传感器 21c 检测的燃料气体的露点以及氧化剂气体的露点视作为燃料电池 11 内部中的燃料气体的露点 T_{da} 以及氧化剂气体的露点 T_{dc} 。还有,作为这些露点传感器 21a 以及露点传感器 21c,只要是具备相对于燃料气体和氧化剂气体的类型的耐久性并且具备温度耐久性的露点传感器,那么可以使用任何露点传感器。另外,燃料气体的露点 T_{da} 依赖于燃料气体供给装置 16(正确地说是,燃料气体供给装置 16 所具有的重整器)的性能,氧化剂气体的露点 T_{dc} 依赖于加湿器 18 的性能。因此,也可以形成如下的构成:使用根据重整器的动作条件计算出的露点作为燃料气体的露点 T_{da} ,使用根据加湿器 18 的动作条件计算出的露点或者加湿器 18 的温度(实测值)作为氧化剂气体的露点 T_{dc} 。还有,关于不使用这些露点传感器 21a、21c 而检测燃料气体的露点 T_{da} 以及氧化剂气体的露点 T_{dc} 的方式,将在后面作详细说明。

[0108] 温度控制装置 19 是由例如使冷却介质循环的循环泵和使循环的冷却介质放热的放热器(冷却散热片、换热器等)构成的。该温度控制装置 19 例如把由水形成的冷却介质供给燃料电池 11,同时从燃料电池 11 中回收由伴随着发电而产生的热而被加热并升温的冷却介质。然后,温度控制装置 19 在冷却该温度上升了的冷却介质之后,再供给燃料电池 11。或者,温度控制装置 19 通过改变冷却介质的流量和温度之中的至少 1 个条件来使燃料电池 11 的温度降低。例如,可以通过增加温度控制装置 19 内的冷却介质的流量,来降低燃料电池 11 的温度。还有,可以通过降低冷却介质的温度,来降低燃料电池 11 的温度。由此,温度控制装置 19 把燃料电池 11 的温度维持在一定的温度。还有,由冷却介质从燃料电池 11 中回收的热能例如使用于热水的供应。

[0109] 温度传感器检测 22 检测从燃料电池 11 往温度控制装置 19 排出的冷却介质的温度。在本实施方式中,把由该温度传感器 22 所检测的冷却介质的温度视作燃料电池 11 的温度 T_{cell} 。还有,燃料电池 11 的温度 T_{cell} 作为在燃料电池 11 中最高的温度。作为其检测方法,考虑有测定供给燃料电池 11 的冷却介质的温度的方法、由热电偶直接测定构成燃料电池 11 的图 2 中未图示的隔板的温度的方法以及测定从燃料电池 11 排出的冷却介质的温度的方法等。另外,因为从入口供给的冷却介质与燃料电池 11 进行热交换并从出口排出,所以设想在燃料电池 11 中的温度最高的部分为在燃料电池 11 中的冷却介质的出口部分。因此,在本实施方式中构成为,由温度传感器 22 检测从燃料电池 11 向温度控制装置 19 排出的冷却介质的温度。

[0110] 还有,低加湿运行条件可以是,例如,在燃料电池 11 中的冷却介质的入口部分的温度 $\leq T_{da} <$ 燃料电池 11 中的冷却介质的出口部分的温度 (T_{cell}) 并且燃料电池 11 中的冷却介质的入口部分的温度 $\leq T_{dc} <$ 燃料电池 11 中的冷却介质的出口部分的温度 (T_{cell}) 的运行条件。如此情况,即使燃料电池的内部的至少一部分处于低加湿运行条件的情况下,也能够取得本发明的效果。

[0111] 另外,低加湿运行条件也可以是,例如, $T_{da} <$ 燃料电池 11 中的冷却介质的入口部分的温度并且 $T_{dc} <$ 燃料电池 11 中的冷却介质的入口部分的温度的运行条件。在该情况下,燃料电池的内部的基本上全体变成了低加湿运行条件,从而能够更加显著地获得本发明的效果。

[0112] 根据上述,低加湿运行条件可以是,例如,在燃料电池 11 中的冷却介质的入口部

分的温度 $\leq T_{da} <$ 燃料电池 11 中的冷却介质的出口部分的温度 (T_{cell}) 并且 $T_{dc} <$ 燃料电池 11 中的冷却介质的入口部分的温度的运行条件。另外,低加湿运行条件可以是,例如, $T_{da} <$ 燃料电池 11 中的冷却介质的入口部分的温度并且燃料电池 11 中的冷却介质的入口部分的温度 $\leq T_{dc} <$ 燃料电池 11 中的冷却介质的出口部分的温度 (T_{cell}) 的运行条件。如此情况下,即使是燃料电池的内部的至少一部分为低加湿运行条件的情况下,也能够获得本发明的效果。

[0113] 另外,控制装置 20 至少适当控制燃料电池 11、燃料气体供给装置 16 以及氧化剂气体供给装置 17、温度控制装置 19 的动作。该控制装置 20 具备例如 MPU 以及存储器,根据预先储存在存储器中的数据,至少适当控制燃料电池 11、燃料气体供给装置 16 以及氧化剂气体供给装置 17、温度控制装置 19 的动作。

[0114] 以下是就本发明的实施方式 1 所涉及的燃料电池系统的动作,参照图 2 ~ 图 4 加以说明。还有,在此,假定在燃料电池系统的发电运行中,燃料气体的露点 T_{da} 以及氧化剂气体的露点 T_{dc} 满足 $T_{da} < T_{dc}$ 的相互关系。

[0115] 本实施方式所涉及的燃料电池系统的动作除了在切断低加湿运行条件下运行的燃料电池和外部负载的电连接(也就是说,燃料电池为开路状态)之前加湿高分子电解质膜这一点之外,其余都是与现有的燃料电池系统的动作相同的。因此,在下述中,仅仅就本实施方式所涉及的燃料电池系统的特征性的动作进行详细说明。

[0116] 图 3 是示意性地表示本发明的实施方式 1 所涉及的燃料电池系统的特征性的动作的流程图。还有,在图 3 中,仅图示了为了说明本发明所必要的步骤,至于其他的步骤就省略了其图示。

[0117] 另外,图 4 是示意性地表示本发明的实施方式 1 所涉及的燃料电池系统的特征性的动作中的燃料电池的温度 T_{cell} 、燃料气体的露点 T_{da} 、氧化剂气体的露点 T_{dc} 以及燃料电池的输出电压 V_{fc} 的变化的时间图。还有,在图 4 中,仅图示了为了说明本发明所必要的操作,至于其他的操作就省略了其图示。

[0118] 在停止燃料电池系统 100 的发电运行时,控制装置 20 首先通过控制温度控制装置 19 的动作(图 4 所示的操作 1),从而降低在满足 $T_{cell} > T_{da}$ 并且 $T_{cell} > T_{dc}$ 的相互关系的低加湿运行条件之下运行的状态(图 4 所示的状态 1)的燃料电池 11 的温度 T_{cell} ,直到燃料电池 11 的温度 T_{cell} 与氧化剂气体的露点 T_{dc} 相一致(步骤 S1 以及图 4 所示的状态 2)。在该图 4 所表示的状态 2 中,控制装置 20 不切断燃料电池 11 与外部负载的电连接,而使燃料电池 11 继续放电。

[0119] 接着,控制装置 20 一边使燃料电池 11 继续放电,一边根据露点传感器 21c 以及温度传感器 22 的输出信号,判定燃料电池 11 的温度 T_{cell} 与氧化剂气体的露点 T_{dc} 是否一致(步骤 S2)。

[0120] 在步骤 S2 中,在判定了燃料电池 11 的温度 T_{cell} 与氧化剂气体的露点 T_{dc} 不一致的情况下(在步骤 S2 中为 NO),控制装置 20 在使燃料电池 11 继续放电的状态下,继续步骤 S1 所表示的控制直至燃料电池 11 的温度 T_{cell} 与氧化剂气体的露点 T_{dc} 相一致为止。另一方面,在步骤 S2 中,在判定了燃料电池 11 的温度 T_{cell} 与氧化剂气体的露点 T_{dc} 相一致的情况下(在步骤 S2 中为 YES),控制装置 20 一边使燃料电池 11 继续放电一边使温度控制装置 19 的冷却动作停止(步骤 S3 以及图 4 所表示的操作 2),维持燃料电池系统

100 的运行状态直至测量时间 T_m 到达预先设定的指定时间 T_{pd} 为止（步骤 S4 以及图 4 所表示的状态 3）。在由该图 4 所表示的状态 3 中，燃料电池 11 的高分子电解质膜主要是通过利用氧化剂气体中所含有的水分而被充分地加湿，直至能够防止高分子电解质膜的劣化的状态为止。

[0121] 具体是，控制装置 20 判定测量时间 T_m 是否到达预先设定的指定时间 T_{pd} （步骤 S4）。

[0122] 在步骤 S4 中，在判定了测量时间 T_m 没有到达预先设定的指定时间 T_{pd} 的情况下（在步骤 S4 中为 NO），控制装置 20 在使燃料电池 11 继续放电的状态下，进一步维持燃料电池系统 100 的运行状态直至测量时间 T_m 到达预先设定的指定时间 T_{pd} 为止。另一方面，在步骤 S4 中，在判定了测量时间 T_m 到达预先设定的指定时间 T_{pd} 的情况下（在步骤 S4 中为 YES），控制装置 20 切断燃料电池 11 和外部负载的电连接（图 4 所表示的操作 3），使燃料电池 11 停止放电（步骤 S5），使燃料电池 11 处于开路状态（图 4 所表示的状态 4）。

[0123] 在该图 4 所表示的状态 4 中，由于成为了开路状态，燃料电池 11 的输出电压 V_{fc} 虽然如图 4 那样上升，但是燃料电池 11 的高分子电解质膜的湿润状态高于发电运行中的高分子电解质膜的湿润状态。

[0124] 之后，控制装置 20 停止燃料气体供给装置 16 以及氧化剂气体供给装置 17 的动作。另外，为了防止高分子电解质膜的干燥，例如，将加湿了的惰性气体封入燃料电池 11 的内部。然后，控制装置 20 停止燃料电池系统 100 的发电运行所涉及的全部的动作。

[0125] 如此，在本实施方式中，从在满足 $T_{cell} > T_{da}$ 并且 $T_{cell} > T_{dc}$ 的相互关系的低加湿运行条件之下使燃料电池 11 运行的状态到停止发电运行时，控制装置 20 使燃料电池 11 的温度 T_{cell} 降低，使燃料电池 11 继续放电直至燃料电池 11 的温度 T_{cell} 与氧化剂气体的露点 T_{dc} 相一致为止，在燃料电池 11 的温度 T_{cell} 与氧化剂气体的露点 T_{dc} 相一致之后，停止对外部负载的放电。由此，在燃料电池 11 停止对外部负载的放电的开路状态下实现 $T_{cell} \leq T_{dc}$ 的相互关系，高分子电解质膜被充分地加湿，所以可以抑制高分子电解质膜的劣化，可以充分确保燃料电池 11 的耐久性。

[0126] 以下就本发明的实施方式 1 所涉及的燃料电池系统的动作的变形例，参照图 2、图 3 以及图 5 加以说明。

[0127] 在本发明的实施方式 1 所涉及的燃料电池系统的动作的变形例中，仅在代替 $T_{cell} = T_{dc}$ 的条件而在满足 $T_{cell} = T_{da}$ 的条件之后停止燃料电池放电这一点上，与上述燃料电池系统的动作不同。即，本变形例所涉及的流程图是将图 3 所表示的流程图修正为在步骤 S2 中判定 $T_{cell} = T_{da}$ 的条件是否满足而得到的流程图。

[0128] 图 5 是示意性地表示本发明的实施方式 1 所涉及的燃料电池系统的特征性的动作的变形例中的燃料电池的温度 T_{cell} 、燃料气体的露点 T_{da} 、氧化剂气体的露点 T_{dc} 以及燃料电池的输出电压 V_{fc} 的变化的时间图。

[0129] 在停止燃料电池系统 100 的发电运行时，控制装置 20 通过控制温度控制装置 19 的动作（图 5 所表示的操作 1），而降低在低加湿运行条件之下运行的状态（图 5 所表示的状态 1）的燃料电池 11 的温度 T_{cell} ，直至燃料电池 11 的温度 T_{cell} 与燃料气体的露点 T_{da} 相一致为止（步骤 S1 以及图 5 所表示的状态 2）。在该图 5 所表示的状态 2 中，控制装置 20 不切断燃料电池 11 和外部负载的电连接，而使燃料电池 11 继续放电。

[0130] 接着,控制装置 20 一边使燃料电池 11 继续放电,一边根据露点传感器 21a 以及温度传感器 22 的输出信号,判定燃料电池 11 的温度 T_{ce11} 是否与燃料气体的露点 T_{da} 相一致(步骤 S2)。然后,如果判定燃料电池 11 的温度 T_{ce11} 与燃料气体的露点 T_{da} 相一致(在步骤 S2 中为 YES),则控制装置 20 一边使燃料电池 11 继续放电一边停止温度控制装置 19 的冷却动作(步骤 S3 以及图 5 所表示的操作 2),维持燃料电池系统 100 的运行状态直至测量时间 T_m 到达预先设定的指定时间 T_{pd} 为止(步骤 S4 以及图 5 所表示的状态 3)。

[0131] 具体是,控制装置 20 判定测量时间 T_m 是否到达预先设定的指定时间 T_{pd} (步骤 S4)。然后,在判定测量时间 T_m 到达了预先设定的指定时间 T_{pd} 的情况下(在步骤 S4 中为 YES),控制装置 20 切断燃料电池 11 和外部负载的电连接(图 5 所表示的操作 3),停止燃料电池 11 的放电(步骤 S5),使其为开路状态(图 5 所表示的状态 4)。

[0132] 如此,在本变形例中,从在低加湿运行条件之下使燃料电池 11 运行的状态到停止发电运行的时候,控制装置 20 降低燃料电池 11 的温度 T_{ce11} ,使燃料电池 11 继续放电直至燃料电池 11 的温度 T_{ce11} 与燃料气体的露点 T_{da} 相一致为止,在燃料电池 11 的温度 T_{ce11} 与燃料气体的露点 T_{da} 相一致之后,停止对外部负载进行放电。由此,燃料电池 11 在对外部负载停止放电的开路状态下实现 $T_{ce11} \leq T_{da} < T_{dc}$ 的相互关系,高分子电解质膜被进一步加湿,所以可以更加有效地抑制高分子电解质膜的劣化。

[0133] 还有,在本实施方式中,关于由露点传感器 21c(或者露点传感器 21a)以及温度传感器 22 实际测定燃料电池 11 的温度 T_{ce11} 以及氧化剂气体的露点 T_{dc} (或者燃料气体的露点 T_{da})从而停止发电运行的方式作了说明,但是并不限于该方式,也可以是根据表示预先测定的 T_{ce11} 以及 T_{dc} (或者 T_{da})的关系的时间图而停止发电运行的方式。这种方式也能够得到与本实施方式中获得的效果相同的效果。

[0134] 另外,在本实施方式中,关于在测量时间 T_m 到达预先设定的指定时间 T_{pd} 之后切断燃料电池 11 和外部负载的电连接的方式作了说明,但是并不限于该方式,也可以是在燃料电池 11 的温度 T_{ce11} 与燃料气体的露点 T_{da} 和氧化剂气体的露点 T_{dc} 中的至少一者的露点相一致之后立即切断燃料电池 11 和外部负载的电连接的方式。这种方式也能够得到与本实施方式获得的效果相同的效果。

[0135] 另外,在本实施方式中,假定了在燃料电池系统 100 的发电运行中,燃料气体的露点 T_{da} 以及氧化剂气体的露点 T_{dc} 满足 $T_{da} < T_{dc}$ 的相互关系,但是并不限于该相互关系,也可以满足 $T_{da} > T_{dc}$ 或者 $T_{da} = T_{dc}$ 的相互关系。在此,燃料气体的露点 T_{da} 以及氧化剂气体的露点 T_{dc} 满足 $T_{da} > T_{dc}$ 的相互关系的情况下,可以通过使燃料电池 11 的温度 T_{ce11} 与燃料气体的露点 T_{da} 相一致来抑制高分子电解质膜的劣化,而通过使燃料电池 11 的温度 T_{ce11} 与氧化剂气体的露点 T_{dc} 相一致,能够更加有效地抑制高分子电解质膜的劣化。另外,燃料气体的露点 T_{da} 以及氧化剂气体的露点 T_{dc} 满足 $T_{da} = T_{dc}$ 的相互关系的情况下,通过使燃料电池 11 的温度 T_{ce11} 与燃料气体的露点 T_{da} 以及氧化剂气体的露点 T_{dc} 相一致,可以抑制高分子电解质膜的劣化。也就是说,本发明是通过使燃料电池 11 的温度与燃料气体的露点 T_{da} 以及氧化剂气体的露点 T_{dc} 中的至少一者的露点相一致而实现的。

[0136] (实施方式 2)

[0137] 本发明的实施方式 2 所涉及的燃料电池系统的构造是与图 1 以及图 2 所表示的实施方式 1 所涉及的燃料电池系统的构造相同的。因此,在此,省略关于本实施方式所涉及的

燃料电池系统的构造的说明。

[0138] 关于本发明的实施方式 2 所涉及的燃料电池系统的动作,参照图 2、图 6 以及图 7 加以说明。

[0139] 图 6 是示意性地表示本发明的实施方式 2 所涉及的燃料电池系统的特征性的动作的流程图。

[0140] 还有,图 7 是示意性地表示本发明的实施方式 2 所涉及的燃料电池系统的特征性的动作中的燃料电池的温度 T_{cell} 、燃料气体的露点 T_{da} 、氧化剂气体的露点 T_{dc} 以及燃料电池的输出电压 V_{fc} 的变化的时间图。

[0141] 在停止燃料电池系统 100 的发电运行时,控制装置 20 通过控制温度控制装置 19 的动作(图 7 所表示的操作 1),而降低在低加湿运行条件之下运行的状态(图 7 所表示的状态 1)的燃料电池 11 的温度 T_{cell} ,直至使燃料电池 11 的温度 T_{cell} 与燃料气体的露点 T_{da} 相一致为止(步骤 S 1 以及图 7 所表示的状态 2)。另外,在该图 7 所表示的状态 2 下,控制装置 20 降低燃料电池 11 的放电时的输出电流密度直至在上述的状态 1 下的放电时的输出电流密度以下为止(步骤 S2 以及图 7 所表示的操作 2)。根据该图 7 所表示的操作 2,燃料电池 11 的输出电压 V_{fc} 上升,同时减少伴随燃料电池 11 中的发电而产生的水的生成量。

[0142] 接着,控制装置 20 根据露点传感器 21a 以及温度传感器 22 的输出信号,判定燃料电池 11 的温度 T_{cell} 是否与燃料气体的露点 T_{da} 相一致(步骤 S3)。然后,在判定燃料电池 11 的温度 T_{cell} 与燃料气体的露点 T_{da} 相一致的情况下(在步骤 S3 中为 YES),控制装置 20 停止温度控制装置 19 的冷却动作(步骤 S4 以及图 7 所表示的操作 3),维持燃料电池系统 100 的运行状态直至测量时间 T_m 到达预先设定的指定时间 T_{pd} 为止(图 7 所表示的状态 3)。在该图 7 所表示的状态 3 中,利用燃料气体和氧化剂气体中所含有的水分充分地加湿燃料电池 11 的高分子电解质膜。

[0143] 接着,控制装置 20 判定测量时间 T_m 是否到达预先设定的指定时间 T_{pd} (步骤 S5)。然后,在判定测量时间 T_m 到达了预先设定的指定时间 T_{pd} 的情况下(在步骤 S5 中为 YES),控制装置 20 切断燃料电池 11 与外部负载的电连接并停止放电(步骤 S6 以及图 7 所表示的操作 4),从而使燃料电池 11 处于开路状态(图 7 所表示的状态 4)。

[0144] 之后,控制装置 20 在使燃料气体供给装置 16 以及氧化剂气体供给装置 17 的动作停止之后,实施用于防止高分子电解质膜的干燥的上述的规定措施,停止燃料电池系统 100 的发电运行所涉及的全部动作。

[0145] 如此,在本实施方式中,从在低加湿运行条件之下使燃料电池 11 运行的状态到停止发电运行的时候,控制装置 20 降低燃料电池 11 的温度 T_{cell} ,在燃料电池 11 的温度 T_{cell} 与燃料气体的露点 T_{da} 相一致之后,停止对外部负载进行放电。另外,控制装置 20 在使燃料电池 11 的温度 T_{cell} 降低时,把燃料电池 11 的放电时的输出电流密度降低至发电运行时的输出电流密度以下为止。由此,因为能够减少使燃料电池 11 的温度 T_{cell} 降低时的水的生成量,所以可以有效抑制由于在使燃料电池 11 的温度 T_{cell} 降低时有可能发生的液泛而引起的流路的水阻塞。

[0146] 另外,在燃料电池系统中,通常伴随着燃料电池的温度的下降,在阳极以及阴极上的反应电阻会变大。也就是说,在燃料电池系统中,若在将放电时的输出电流密度保持一定

的状态下降低燃料电池的温度,那么会发生燃料电池的输出电压变成 0 伏以下的所谓的换极现象。如果发生该换极现象,那么燃料电池的发电性能会显著下降。但是,在本实施方式中,因为在使燃料电池 11 的温度 T_{cell} 降低的时候,使燃料电池 11 的放电时的输出电流密度降低至发电运行时的输出电流密度以下为止,所以可以有效地抑制燃料电池 11 陷入换极的状态。由此,可以防止燃料电池 11 的发电性能的降低。

[0147] 另外,关于其他方面,与实施方式 1 的情况相同。

[0148] (实施方式 3)

[0149] 首先,就本发明的实施方式 3 所涉及的燃料电池系统的构造,参照图 8 加以说明。

[0150] 本发明的实施方式 3 所涉及的燃料电池系统的构造除了代替图 2 所表示的加湿器 18 而具备露点控制装置这一点以外,其余都与图 1 以及图 2 所表示的实施方式 1 所涉及的燃料电池系统的构造相同。因此,在此,对本实施方式所涉及的燃料电池系统的构造与实施方式 1 所涉及的燃料电池系统的构造的不同点进行说明,省略有关共通的部分的说明。

[0151] 图 8 是示意性地表示本发明的实施方式 3 所涉及的燃料电池系统的构造的框图。在图 8 中,仅仅图示了为了说明本发明而必要的构造要素,省略了有关其他的构成要素的图示。

[0152] 如图 8 所示,本发明的实施方式 3 所涉及的燃料电池系统 200 具备露点控制装置 24。该露点控制装置 24 根据需要分别控制从燃料气体供给装置 16 以及氧化剂气体供给装置 17 供给的燃料气体的露点以及氧化剂气体的露点。该燃料气体的露点以及氧化剂气体的露点实质上是由露点控制装置 24 所具备的加湿器 18a 以及加湿器 18c 控制的。这些加湿器 18a 以及加湿器 18c 的动作是由露点控制装置 24 所具有的控制装置 23 来控制的。然后,与实施方式 1 所涉及的燃料电池系统 100 的情况同样,露点分别被控制的燃料气体和氧化剂气体通过露点传感器 21a 以及露点传感器 21c 的检测点而被供给燃料电池 11。还有,该控制装置 23 的动作是被燃料电池系统 200 所具有的控制装置 20 所控制的。

[0153] 另外,如图 8 所示,露点控制装置 24 具备三通阀 25。该三通阀 25 的功能是:在没有必要调节从燃料气体供给装置 16 供给的燃料气体的露点的情况下,不将该燃料气体供给加湿器 18a 而是直接供给露点传感器 21a。

[0154] 以下就本发明的实施方式 3 所涉及的燃料电池系统的动作,参照图 8~图 10 加以说明。还有,在此,假定在燃料电池系统的发电运行中满足燃料气体的露点 T_{da} 以及氧化剂气体的露点 T_{dc} 为 $T_{da} < T_{dc}$ 的相互关系。

[0155] 图 9 是示意性地表示本发明的实施方式 3 所涉及的燃料电池系统的特征性的动作的流程图。还有,在图 9 中,仅仅图示了为了说明本发明所必要的步骤,省略了有关其他的步骤的图示。

[0156] 另外,图 10 是示意性地表示本发明的实施方式 3 所涉及的燃料电池系统的特征性的动作中的燃料电池的温度 T_{cell} 、燃料气体的露点 T_{da} 、氧化剂气体的露点 T_{dc} 以及燃料电池的输出电压 V_{fc} 的变化的时间图。还有,在图 10 中,仅仅图示了为了说明本发明所必要的操作,省略了有关其他的操作的图示。

[0157] 在停止燃料电池系统 200 的发电运行时,控制装置 20 首先在满足 $T_{cell} > T_{da}$ 并且 $T_{cell} > T_{dc}$ 的相互关系的低加湿运行条件之下运行燃料电池 11 的状态下(图 10 所表示的状态 1),通过控制露点控制装置 24 的动作(图 10 所表示的操作 1),使燃料气体的露

点 T_{da} 以及氧化剂气体的露点 T_{dc} 上升直至氧化剂气体的露点 T_{dc} 与燃料电池 11 的温度 T_{cell1} 相一致为止 (步骤 S1 以及图 10 所表示的状态 2)。在该图 10 所表示的状态 2 中, 控制装置 20 不切断燃料电池 11 和外部负载的电连接, 而使燃料电池 11 继续放电。

[0158] 接着, 控制装置 20 一边使燃料电池 11 继续放电一边根据露点传感器 21c 以及温度传感器 22 的输出信号, 判定氧化剂气体的露点 T_{dc} 是否与燃料电池 11 的温度 T_{cell1} 相一致 (步骤 S2)。

[0159] 具体是, 在该步骤 S2 中, 在判定氧化剂气体的露点 T_{dc} 与燃料电池 11 的温度 T_{cell1} 不相一致的情况下 (在步骤 S2 中为 NO), 在控制装置 20 使燃料电池 11 继续放电的状态下, 继续图 9 的步骤 S1 所表示的控制直至氧化剂气体的露点 T_{dc} 与燃料电池 11 的温度 T_{cell1} 相一致为止。另一方面, 在步骤 S2 中, 在判定氧化剂气体的露点 T_{dc} 与燃料电池 11 的温度 T_{cell1} 相一致的情况下 (在步骤 S2 中为 YES), 控制装置 20 一边使燃料电池 11 继续放电一边停止利用露点控制装置 24 进行的露点 T_{da} 以及 T_{dc} 的上升 (步骤 S3 以及图 10 所表示的操作 2), 维持燃料电池系统 200 的运行状态直至测量时间 T_m 到达预先设定的指点时间 T_{pd} 为止 (步骤 S4 以及图 10 所表示的状态 3)。在该图 10 所表示的状态 3 中, 燃料电池 11 的高分子电解质膜主要通过利用氧化剂气体中所含有的水分, 而被充分加湿直至能够防止高分子电解质膜的劣化的状态。

[0160] 具体是, 控制装置 20 判定测量时间 T_m 是否到达预先设定的指定时间 T_{pd} (步骤 S4)。

[0161] 在步骤 S4 中, 在判定测量时间 T_m 没有到达预先设定的指定时间 T_{pd} 的情况下 (在步骤 S4 中为 NO), 控制装置 20 在使燃料电池 11 继续放电的状态下, 进一步维持燃料电池系统 200 的运行状态直至测量时间 T_m 到达预先设定的指定时间 T_{pd} 为止。另一方面, 在步骤 S4 中, 在判定测量时间 T_m 到达了预先设定的指定时间 T_{pd} 的情况下 (在步骤 S4 中为 YES), 控制装置 20 切断燃料电池 11 与外部负载的电连接 (图 10 所表示的操作 3), 使燃料电池 11 停止放电 (步骤 S5), 使燃料电池 11 处于开路状态 (图 10 所表示的状态 4)。

[0162] 之后, 控制装置 20 停止燃料气体供给装置 16 以及氧化剂气体供给装置 17 的动作。另外, 为了防止高分子电解质膜的干燥, 与实施方式 1 的情况相同, 将加湿了的惰性气体封入燃料电池 11 的内部。然后, 控制装置 20 停止燃料电池系统 200 的发电运行所涉及的全部的动作。

[0163] 如此, 在本实施方式中, 从在满足 $T_{cell1} > T_{da}$ 并且 $T_{cell1} > T_{dc}$ 的相互关系的低加湿运行条件之下使燃料电池 11 进行运行的状态到停止发电运行时, 控制装置 20 使燃料气体的露点 T_{da} 以及氧化剂气体的露点 T_{dc} 上升, 使燃料电池 11 继续放电直至氧化剂气体的露点 T_{dc} 与燃料电池 11 的温度 T_{cell1} 相一致为止, 在氧化剂气体的露点 T_{dc} 与燃料电池 11 的温度 T_{cell1} 相一致之后停止对外部负载的放电。由此, 在燃料电池 11 停止对外部负载的放电的开路状态下实现 $T_{cell1} \leq T_{dc}$ 的相互关系, 高分子电解质膜被充分地加湿, 所以可以充分确保燃料电池 11 的耐久性。

[0164] 以下就本发明的实施方式 3 所涉及的燃料电池系统的动作的变形例, 参照图 8、图 9 以及图 11 加以说明。

[0165] 在本发明的实施方式 3 所涉及的燃料电池系统的动作的变形例中, 仅在代替 $T_{cell1} = T_{dc}$ 的条件而满足 $T_{cell1} = T_{da}$ 的条件之后停止燃料电池放电这一点上, 与上述燃

料电池系统的动作不同。即,本变形例所涉及的流程图是将图 9 所表示的流程图修正为在步骤 S2 中判定是否满足 $T_{cell} = T_{da}$ 的条件而得到的流程图。

[0166] 图 11 是示意性地表示本发明的实施方式 3 所涉及的燃料电池系统的特征性的动作的变形例中的燃料电池的温度 T_{cell} 、燃料气体的露点 T_{da} 、氧化剂气体的露点 T_{dc} 以及燃料电池的输出电压 V_{fc} 的变化的时间图。

[0167] 在停止燃料电池系统 200 的发电运行时,在低加湿运行条件之下运行燃料电池 11 的状态(图 11 所表示的状态 1)下,控制装置 20 通过控制露点控制装置 24 的动作(图 11 所表示的操作 1),使燃料气体的露点 T_{da} 以及氧化剂气体的露点 T_{dc} 上升直至燃料气体的露点 T_{da} 与燃料电池 11 的温度 T_{cell} 相一致为止(步骤 S1 以及图 11 所表示的状态 2)。在该图 11 所表示的状态 2 下,控制装置 20 不切断燃料电池 11 与外部负载的电连接,而使燃料电池 11 继续放电。

[0168] 接着,控制装置 20 一边使燃料电池 11 继续放电,一边根据露点传感器 21a 以及温度传感器 22 的输出信号,判定燃料气体的露点 T_{da} 与燃料电池 11 的温度 T_{cell} 是否相一致(步骤 S2)。然后,在判定燃料气体的露点 T_{da} 与燃料电池 11 的温度 T_{cell} 相一致的情况下(在步骤 S2 中为 YES),控制装置 20 一边使燃料电池 11 继续放电一边停止利用露点控制装置 24 进行的露点 T_{da} 以及 T_{dc} 的提高(步骤 S3 以及图 11 所表示的操作 2),维持燃料电池系统 200 的运行状态直至测量时间 T_m 到达预先设定的指定时间 T_{pd} 为止(步骤 S4 以及图 11 所表示的状态 3)。

[0169] 具体是,控制装置 20 判定测量时间 T_m 是否到达预先设定的指定时间 T_{pd} (步骤 S4)。然后,在判定测量时间 T_m 到达预先设定的指定时间 T_{pd} 的情况下(在步骤 S4 中为 YES),控制装置 20 切断燃料电池 11 与外部负载的电连接(图 11 所表示的操作 3),停止燃料电池 11 的放电(步骤 S5),从而使其为开路状态(图 11 所表示的状态 4)。

[0170] 如此,在本变形例中,从在低加湿运行条件之下使燃料电池 11 运行的状态到停止发电运行的时候,控制装置 20 提高燃料气体的露点 T_{da} 以及氧化剂气体的露点 T_{dc} ,使燃料电池 11 继续放电直至燃料气体的露点 T_{da} 与燃料电池 11 的温度 T_{cell} 相一致为止,在燃料气体的露点 T_{da} 与燃料电池 11 的温度 T_{cell} 相一致之后,停止对外部负载进行放电。由此,燃料电池 11 在对外部负载停止放电的开路状态下实现 $T_{cell} \leq T_{da} < T_{dc}$ 的相互关系,高分子电解质膜被进一步加湿,所以可以更加有效地抑制高分子电解质膜的劣化。

[0171] 也就是说,在本实施方式中,通过使燃料气体的露点 T_{da} 以及氧化剂气体的露点 T_{dc} 中的至少一者的露点与燃料电池 11 的温度 T_{cell} 相一致,从而能够获得与实施方式 1 的情况相同的效果。

[0172] 在本实施方式中,对在停止燃料电池系统 200 的发电运行时提高燃料气体的露点 T_{da} 以及氧化剂气体的露点 T_{dc} 二者的方式作了说明,但是并不限于该方式,也可以是提高燃料气体的露点 T_{da} 以及氧化剂气体的露点 T_{dc} 中的至少一者的露点的方式。例如,在仅仅提高氧化剂气体的露点 T_{dc} 的情况下,控制装置 20 通过控制三通阀而把从燃料气体供给装置 16 所供给的燃料气体直接供给露点传感器 21a。还有,在仅仅提高燃料气体的露点 T_{da} 的情况下,控制装置 20 通过控制控制器 23 从而控制加湿器 18c 的动作,由此不调节从氧化剂气体供给装置 17 供给的氧化剂气体的露点而供给露点传感器 21c。这种方式也能够获得与本实施方式得到的效果相同的效果。

[0173] 另外,在本实施方式中,设想并说明了利用商用电力等的外部电力控制露点控制装置 24 所具备的加湿器的温度从而控制燃料气体的露点 T_{da} 以及氧化剂气体的露点 T_{dc} 中的至少一者的方式,但是并不限于这样的方式。例如,也可以是以下方式:通过改变从燃料气体供给装置 16 供给燃料电池 11 的燃料气体的流量和温度中的至少 1 个条件,而控制露点控制装置 24 的加湿器的温度,由此控制燃料气体的露点 T_{da} 以及氧化剂气体的露点 T_{dc} 中的至少一者。另外,同样可以是以下方式:通过改变从氧化剂气体供给装置 17 供给燃料电池 11 的氧化剂气体的流量和温度中的至少 1 个条件,而控制露点控制装置 24 的加湿器的温度,由此,控制燃料气体的露点 T_{da} 以及氧化剂气体的露点 T_{dc} 中的至少一者。还有,也可以是改变燃料气体和氧化剂气体的二者的流量和温度中的至少 1 个条件的方式。这种方式也能够获得与本实施方式得到的效果相同的效果。

[0174] 还有,关于其他的要点,与实施方式 1~2 的情况相同。

[0175] 以上,根据本发明,在低加湿运行条件之下运行的燃料电池系统在停止发电运行时,在切断与外部负载的电连接而成为开路状态之前充分加湿了燃料电池的高分子电解质膜,所以能够解决燃料电池的发电性能随着时间推移而降低的问题。由此,能够提供可以防止以低加湿运行条件运行的高分子电解质型燃料电池在向开路状态过渡时的高分子电解质膜的劣化的具备优良的耐久性的燃料电池系统以及其运行方法。

[0176] 还有,在实施方式 1~3 中,说明了在切断燃料电池与负载的电连接之前控制装置控制温度控制装置以及露点控制装置中的任意一者而使燃料电池的温度与燃料气体和氧化剂气体中的至少一者的露点相一致的方式。但是,并不限于如此的方式。例如可以是以下方式,在切断燃料电池与负载的电连接之前,控制装置控制温度控制装置以及露点控制装置二者而使燃料电池的温度与燃料气体和氧化剂气体中的至少一者的露点相一致。根据这样的方式,可以大幅度地缩短直至使燃料电池的温度与燃料气体和氧化剂气体中的至少一者的露点相一致为止的待机时间。

[0177] 另外,在控制装置控制温度控制装置而使燃料电池的温度与燃料气体和氧化剂气体中的至少一者的露点相一致的方式中,优选燃料气体的露点以及氧化剂气体的露点各自不会随着时间而发生变化。根据这种方式,可以缩短直至使燃料电池的温度与燃料气体和氧化剂气体中的至少一者的露点相一致为止的待机时间。在此,作为露点控制装置的加湿器,可以使用起泡器 (bubbler)。所谓的起泡器是将燃料气体或者氧化剂气体通过温水中进行加湿的加湿器。在该起泡器中,燃料气体或者氧化剂气体被加湿成具有与温水的温度相同的露点。作为用于驱动起泡器的热源,可以使用冷却燃料电池的冷却介质、加热器以及重整器的燃烧废气。于是,通过使用起泡器作为露点控制装置的加湿器,容易使燃料气体的露点保持恒定,同时容易使氧化剂气体的露点保持恒定。由此,在相对简单的构成之下,容易缩短直至使燃料电池的温度与燃料气体和氧化剂气体中的至少一者的露点相一致为止的待机时间。

[0178] 这样,在实施方式 1~3 中,关于本发明所涉及的燃料电池系统 100、200 的基本构成以及其特征性的动作,作了详细说明。

[0179] 具体是,在实施方式 1~3 中,说明了利用露点传感器 21a 和露点传感器 21c 检测燃料气体的露点以及氧化剂气体的露点的方式。另外,在实施方式 1~3 中,说明了:利用温度控制装置 19 降低燃料电池 11 的温度而使燃料电池 11 的温度与燃料气体和氧化剂气

体中的至少一者的露点相一致的方式,以及利用露点控制装置 24 分别提高燃料气体和氧化剂气体的露点而使燃料电池 11 的温度与燃料气体和氧化剂气体中的至少一者的露点相一致的方式。

[0180] 可是,通过在燃料电池系统 100、200 中构筑恰当的构造,可以不配设露点传感器 21a 和露点传感器 21c 而准确地检测燃料气体的露点以及氧化剂气体的露点。另外,通过在燃料电池系统 100、200 中构筑恰当的构造,可以不配设露点控制装置 24 而准确地提高燃料气体的露点以及氧化剂气体的露点。

[0181] 以下分别就支持实施方式 1 ~ 3 的用于检测露点的其他的方式以及用于控制露点的其他的方式进行说明。

[0182] (实施方式 4)

[0183] 图 12 是示意性地表示本发明的实施方式 4 所涉及的燃料电池系统的构造的框图。还有,在图 12 中,仅图示了为了说明本发明而必要的构成要素,省略了关于其他的构成要素的图示。

[0184] 如图 12 所示,本实施方式所涉及的燃料电池系统 300 的构造在不具备露点传感器 21a、21c 这一点上,与实施方式 1 所表示的燃料电池系统 100 的构造不同。另外,如图 12 所示,本实施方式所涉及的燃料电池系统 300 的构造在具备将从氧化剂气体供给装置 17 供给的氧化剂气体利用从燃料电池 11 的氧化剂气体排出部 15 所排出的剩余的氧化剂气体(以下把该剩余的氧化剂气体称作为“排出的氧化剂气体”)进行加湿的全换热器 26 代替加湿器 18 这一点上,不同于实施方式 1 所表示的燃料电池系统 100 的构造。还有,关于其他的要点,燃料电池系统 300 的构造与实施方式 1 所表示的燃料电池系统 100 的构造相同。

[0185] 首先分别就用于检测燃料气体的露点 T_{da} 的方式以及用于控制燃料气体的露点 T_{da} 的方式进行说明。

[0186] 在本实施方式所涉及的燃料电池系统 300 中,供给燃料电池 11 的燃料气体的露点 T_{da} 是根据燃料气体供给装置 16 的动作条件计算出来的。

[0187] 具体说明,就是在本实施方式中,预先将表示 S/C(蒸汽碳比)和水蒸气重整反应的反应温度以及燃料气体的露点 T_{da} 之间关系的数据存储到燃料电池系统 300 中的控制装置 20 的存储器中。在此,S/C 根据燃料电池系统 300 的运行条件,预先设定于控制装置 20 中。因此,根据本实施方式,利用现有的温度检测器检测燃料气体供给装置 16 中的水蒸气重整反应的反应温度(重整催化剂的温度),由此不使用图 1 所表示的露点传感器 21a 就能够容易地计算出燃料气体的露点 T_{da} 。

[0188] 另一方面,在本实施方式所涉及的燃料电池系统 300 中,在考虑转化率等的同时改变燃料气体供给装置 16 中的 S/C,从而能够任意地控制供给燃料电池 11 的燃料气体的露点 T_{da} 。

[0189] 图 13 是示意性地表示每个水蒸气重整反应的反应温度下的燃料气体供给装置中生成的燃料气体的露点与 S/C 的关系的相关图。

[0190] 如图 13 所示,通过改变燃料气体供给装置 16 中的 S/C,可以任意地控制在该燃料气体供给装置 16 中生成的燃料气体的露点 T_{da} 。例如,在将水蒸气重整反应的反应温度控制在 660°C 的情况下,通过把燃料气体供给装置 16 中的 S/C 设定在 2 可以将燃料气体的露点 T_{da} 控制在大约 30°C ;通过把燃料气体供给装置 16 中的 S/C 设定在 5 可以将燃料气体

的露点 T_{da} 控制在大约 77°C 。另外,在将水蒸气重整反应的反应温度控制在 630°C 的情况下,通过把燃料气体供给装置 16 中的 S/C 设定在 2 可以将燃料气体的露点 T_{da} 控制在大约 42°C ;通过把燃料气体供给装置 16 中的 S/C 设定在 5 可以将燃料气体的露点 T_{da} 控制在大约 79°C 。在此,燃料气体供给装置 16 中的 S/C 的控制是根据基于燃料气体供给装置 16 的动作条件而计算出的燃料气体的露点 T_{da} 和燃料电池的温度 T_{cell} 的比较而适当进行的。

[0191] 以下分别说明用于检测氧化剂气体的露点 T_{dc} 的方式以及用于控制氧化剂气体的露点 T_{dc} 的方式。

[0192] 图 14 是示意性地表示用于计算出由全换热器进行加湿的氧化剂气体的露点的构成的解说图。

[0193] 如图 12 以及图 14 所示,在本实施方式中,在全换热器 26 中,在由氧化剂气体供给装置 17 所供给的氧化剂气体和从燃料电池 11 的氧化剂气体排出部 15 排出的排出的氧化剂气体之间进行全热交换。在此,如图 14 所示,把从燃料电池 11 的氧化剂气体排出部 15 排出的排出的氧化剂气体的水蒸汽量作为 P_1 ,把在全换热器 26 中用于氧化剂气体的加湿的排出的氧化剂气体的水蒸汽量作为 P_2 。另外,把由氧化剂气体供给装置 17 所供给的氧化剂气体的水蒸汽量作为 P_3 ,把在全换热器 26 中被加湿的氧化剂气体的水蒸汽量作为 P_4 。再有,把通过全换热器 26 的图 14 中未图示的全热交换膜的水量作为 W_1 ,把燃料电池 11 中生成的水量作为 W_g 。

[0194] 在燃料电池 11 的氧化剂气体侧所生成的水量 W_g 的一部分透过高分子电解质膜而向燃料气体侧反向扩散。即,在燃料电池内追加于燃料气体侧的水量(燃料气体侧生成水量) W_{ga} 是作为 W_g 和 θ (反向扩散率)之积来计算出的,在燃料电池内追加于氧化剂气体侧的水量(氧化剂气体侧生成水量) W_{gc} 是作为 W_g 和 $(1-\theta)$ 之积来计算出的。还有, θ (反向扩散率)根据使用于燃料电池 11 中的高分子电解质膜的性质而不同,但是可以将预先测定的值作为常数来使用。

[0195] 在此情况下,如图 14 的 (1) 式所示,水蒸汽量 P_1 是作为水蒸汽量 P_4 和氧化剂气体侧生成水量 W_{gc} 之和来计算出的。即,如 (1) 式所示,水蒸汽量 P_1 是作为水蒸汽量 P_3 、通过水量 W_1 以及生成水量 W_g 与 $(1-\theta)$ 之积的和来计算出的。另外,如图 14 的 (2) 式所示,水蒸汽量 P_2 是作为水蒸汽量 P_1 与通过水量 W_1 之差来计算出的。即,如 (2) 式所示,水蒸汽量 P_2 是作为水蒸汽量 P_3 与氧化剂气体侧生成水量 W_{gc} 之和来计算出的。还有,如图 14 的 (3) 式所示,水蒸汽量 P_3 严格地来说应该使用实测值,但是基于室温中的饱和水蒸汽量非常少的情况,所以近似于常数 α 。还有,如图 14 的 (4) 式所示,水蒸汽量 P_4 是作为水蒸汽量 P_3 与通过水量 W_1 之和来计算出的。在此,通过水量 W_1 是作为常数 β (加湿器的全热交换膜的面积)、常数 γ (水蒸汽透过系数)以及对数平均水蒸汽分压差 D 之积来计算出的。即,如 (4) 式所示,水蒸汽量 P_4 是作为水蒸汽量 P_3 加上常数 β 、常数 γ 以及对数平均水蒸汽分压差 D 之积的和来计算出的。

[0196] 因此,在本实施方式所涉及的燃料电池 300 中,供给燃料电池 11 的氧化剂气体的水蒸汽量 P_4 是由 (1) 式~(4) 式、常数 α 以及生成水量 W_g (可以由燃料电池 11 的运行条件计算出生成水量 W_g) 计算出的。在此,生成水量 W_g 例如使用高分子电解质膜的面积和电流密度计算出来。于是,根据本实施方式,基于该计算出的水蒸汽量 P_4 ,可以不使用图 1 所表示的露点传感器 21c 而容易地计算出供给燃料电池 11 的氧化剂气体的露点 T_{dc} 。

[0197] 另一方面,在本实施方式所涉及的燃料电池系统 300 中,通过控制电流密度而改变燃料电池 11 中的生成水量 W_g ,能够任意地控制供给燃料电池 11 的氧化剂气体的露点 T_{dc} 。还有,通过控制装置 20 控制连接于燃料电池 11 的逆变器 (inverter),能够容易地控制电流密度。

[0198] 另外,关于其他的要点,与实施方式 1 ~ 3 的情况相同。

[0199] (实施方式 5)

[0200] 图 15 是示意性地表示本发明的实施方式 5 所涉及的燃料电池系统的构造的框图。在图 15 中,仅图示了为了说明本发明所必要的构成要素,省略了关于其他的构成要素的图示。

[0201] 如图 15 所示,本实施方式所涉及的燃料电池系统 400 的构造在不具备露点传感器 21a、21c 这一点上,与实施方式 1 所示的燃料电池系统 100 的构造不同。另外,如图 15 所示,本实施方式所涉及的燃料电池系统 400 的构造在具备将从氧化剂气体供给装置 17 供给的氧化剂气体利用从燃料电池 11 排出的冷却介质(以下设该冷却介质为“冷却水”)进行加湿的温水加湿器 27 来替换加湿器 18 这一点上,不同于实施方式 1 所示的燃料电池系统 100 的构造。还有,关于其他的要点,燃料电池系统 400 的构成与实施方式 1 所示的燃料电池系统 100 的构成相同。

[0202] 在本实施方式中,用于检测燃料气体的露点 T_{da} 的方式以及用于控制燃料气体的露点 T_{da} 的方式分别与实施方式 4 所示的方式相同。因此,在此,省略有关用于检测燃料气体的露点 T_{da} 的方式以及用于控制燃料气体的露点 T_{da} 的方式的说明。

[0203] 以下分别就用于检测氧化剂气体的露点 T_{dc} 的方式以及用于控制氧化剂气体的露点 T_{dc} 的方式进行说明。

[0204] 图 16 是示意性地表示用于计算出由温水加湿器进行加湿的氧化剂气体的露点的构成的解说图。

[0205] 如图 15 以及图 16 所示,在本实施方式中,在温水加湿器 27 中,由氧化剂气体供给装置 17 供给的氧化剂气体被从燃料电池 11 排出的冷却水加湿。在此,如图 16 所示,把从燃料电池 11 排出的冷却水的温度 T_1 下的饱和水蒸汽量作为 P_1 ,把在温水加湿器 27 中用于氧化剂气体的加湿的冷却水的温度 T_2 下的饱和水蒸汽量作为 P_2 。还有,把由氧化剂气体供给装置 17 供给的氧化剂气体的水蒸汽量作为 P_3 ,把在温水加湿器 27 中加湿的氧化剂气体的水蒸汽量作为 P_4 。再有,把通过温水加湿器 27 的在图 16 中未图示的加湿膜的水量作为 W_1 ,把燃料电池 11 的冷却水的出口处的冷却水的温度作为 T_1 ,把燃料电池 11 的冷却水的入口处的冷却水的温度作为 T_2 。

[0206] 在此情况下,如图 16 的 (1) 式以及 (2) 式所示,水蒸汽量 P_1 以及水蒸汽量 P_2 可作为温度 T_1 下的饱和水蒸汽量 S_1 以及温度 T_2 下的饱和水蒸汽量 S_2 来进行测定。还有,如图 16 的 (3) 式所示,水蒸汽量 P_3 虽然与实施方式 4 的情况同样严格地来说应该使用实测值,但是基于室温下的饱和水蒸汽量非常少的情况,近似于常数 α 。另外,如图 16 的 (4) 式所示,水蒸汽量 P_4 是作为水蒸汽量 P_3 与通过水量 W_1 之和来计算出的。在此,与实施方式 4 的情况相同,通过水量 W_1 是作为常数 β (加湿器的全热交换膜的面积)、常数 γ (水蒸汽透过系数) 以及对数平均水蒸汽分压差 D 之积来计算出的。即,如 (4) 式所示,水蒸汽量 P_4 是作为水蒸汽量 P_3 与常数 β 、常数 γ 以及对数平均水蒸汽分压差 D 之积的和来计算出的。

的。

[0207] 因此,在本实施方式所涉及的燃料电池系统 400 中,供给燃料电池 11 的氧化剂气体的水蒸汽量 P4 是由 (1) 式~ (4) 式、常数 α 、温度 T1 以及温度 T2(温度 T1、T2 可以测定) 计算出的。于是,根据本实施方式,基于该计算出的水蒸汽量 P4,可以不使用图 1 所表示的露点传感器 21c 而能够容易地计算出供给燃料电池 11 的氧化剂气体的露点 Tdc。

[0208] 还有,与实施方式 4 的情况相同,如图 14 的 (2) 式所示,水蒸汽量 P2 可以作为水蒸汽量 P1 与透过水量 W1 之差来计算出。即,如图 14 的 (2) 式所示,水蒸汽量 P2 可以作为水蒸汽量 P3 与氧化剂气体侧生成水量 Wgc 之和来计算出。由此,供给燃料电池 11 的氧化剂气体的水蒸汽量 P4 是由 (1) 式~ (4) 式、常数 α 以及温度 T1 计算出的。

[0209] 另一方面,在本实施方式所涉及的燃料电池 400 中,通过控制冷却水的流量、放热器上的放热量以及电流密度而改变从燃料电池 11 排出的冷却水的温度 T1,能够任意地控制供给燃料电池 11 的氧化剂气体的露点 Tdc。还有,电流密度与实施方式 4 的情况相同,通过控制装置 20 控制连接于燃料电池 11 的逆变器,能够容易地进行控制。

[0210] 另外,关于其他的要点,与实施方式 1~4 的情况相同。

[0211] 以上,根据实施方式 4 和 5,可以不配设图 1 所表示的露点传感器 21a 和露点传感器 21c 而准确地检测燃料气体的露点 Tda 和氧化剂气体的露点 Tdc。另外,根据实施方式 4 和 5,可以不配设图 1 所表示的露点控制装置 24 而准确地提高燃料气体的露点 Tda 和氧化剂气体的露点 Tdc。还有,在实施方式 4 和 5 中,例示了由全换热器 26 或者温水加湿器 27 加湿从氧化剂气体供给装置供给的氧化剂气体的方式,但是并不限定于这样的方式。例如,可以是由全换热器 26 或者温水加湿器 27 加湿从燃料气体供给装置 16 供给的燃料气体的方式。还有,可以是由全换热器 26 或者温水加湿器 27 分别加湿从燃料气体供给装置 16 以及氧化剂气体供给装置 17 供给的燃料气体和氧化剂气体二者的方式。在该情况下,只要将氧化剂气体的水蒸气量 P3(常数 α) 换成燃料气体的水蒸气量 P3(常数 α) 即可。还有,只要把氧化剂气体侧生成水量 Wgc 换作燃料气体侧生成水量 Wga 即可。

[0212] 还有,使用与实施方式 4 相同的氢生成装置作为燃料气体供给装置 16 并由全换热器 26 或者温水加湿器 27 进一步加湿生成的燃料气体的情况下,与实施方式 4 同样,燃料气体的水蒸气量 P3 可以基于燃料气体供给装置的动作条件计算出。另外,使用氢气瓶作为燃料气体供给装置 16 并由全换热器 26 或者温水加湿器 27 加湿燃料气体的情况下,可以把燃料气体的水蒸气量 P3 近似为零。

[0213] 产业上的可利用性

[0214] 本发明所涉及的燃料电池系统以及其运行方法作为能够防止以低加湿运行条件运行的高分子电解质型燃料电池在向开路状态过渡时的高分子电解质膜的劣化的具备优良的耐久性的燃料电池系统以及其运行方法,可以在产业上利用。

[0215] 另外,本发明所涉及的燃料电池系统以及其运行方法在要求高输出特性的同时要求短时间启动的电动汽车的动力电源和要求长期可靠性的家庭用热电联供系统等的用途方面,可以在产业上利用。

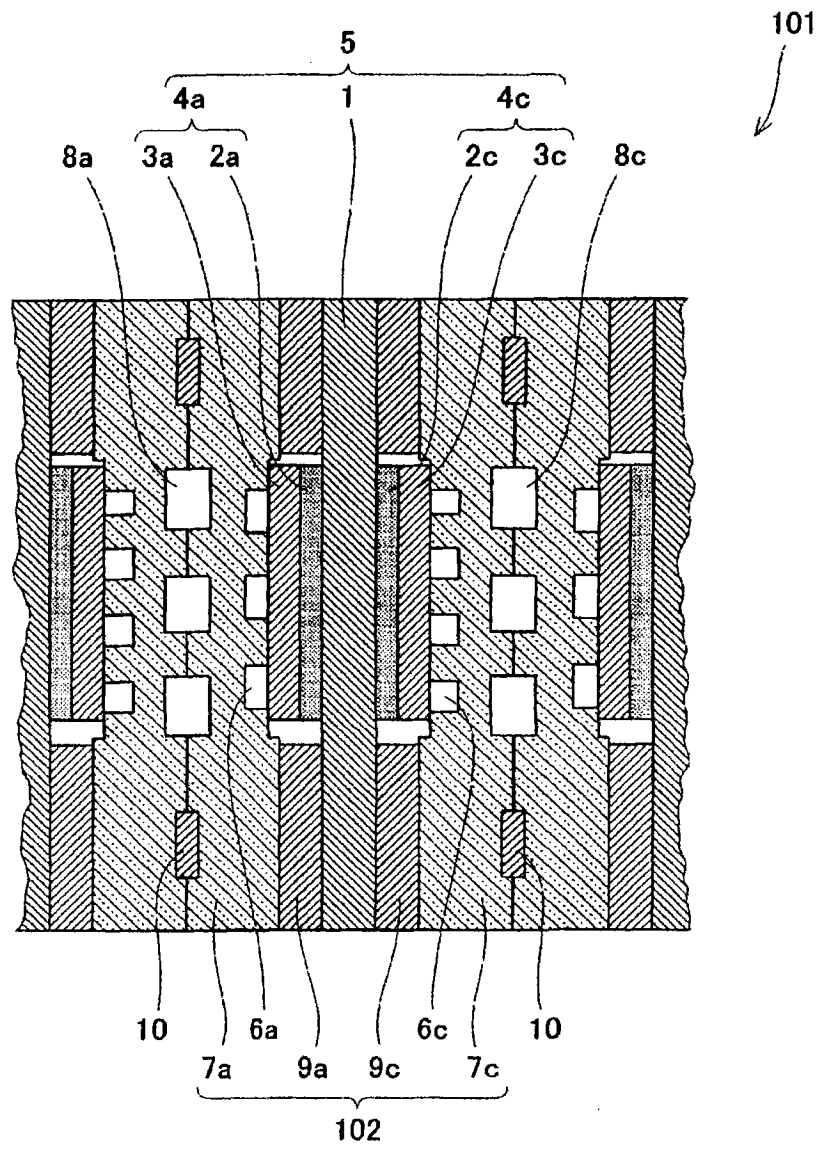


图 1

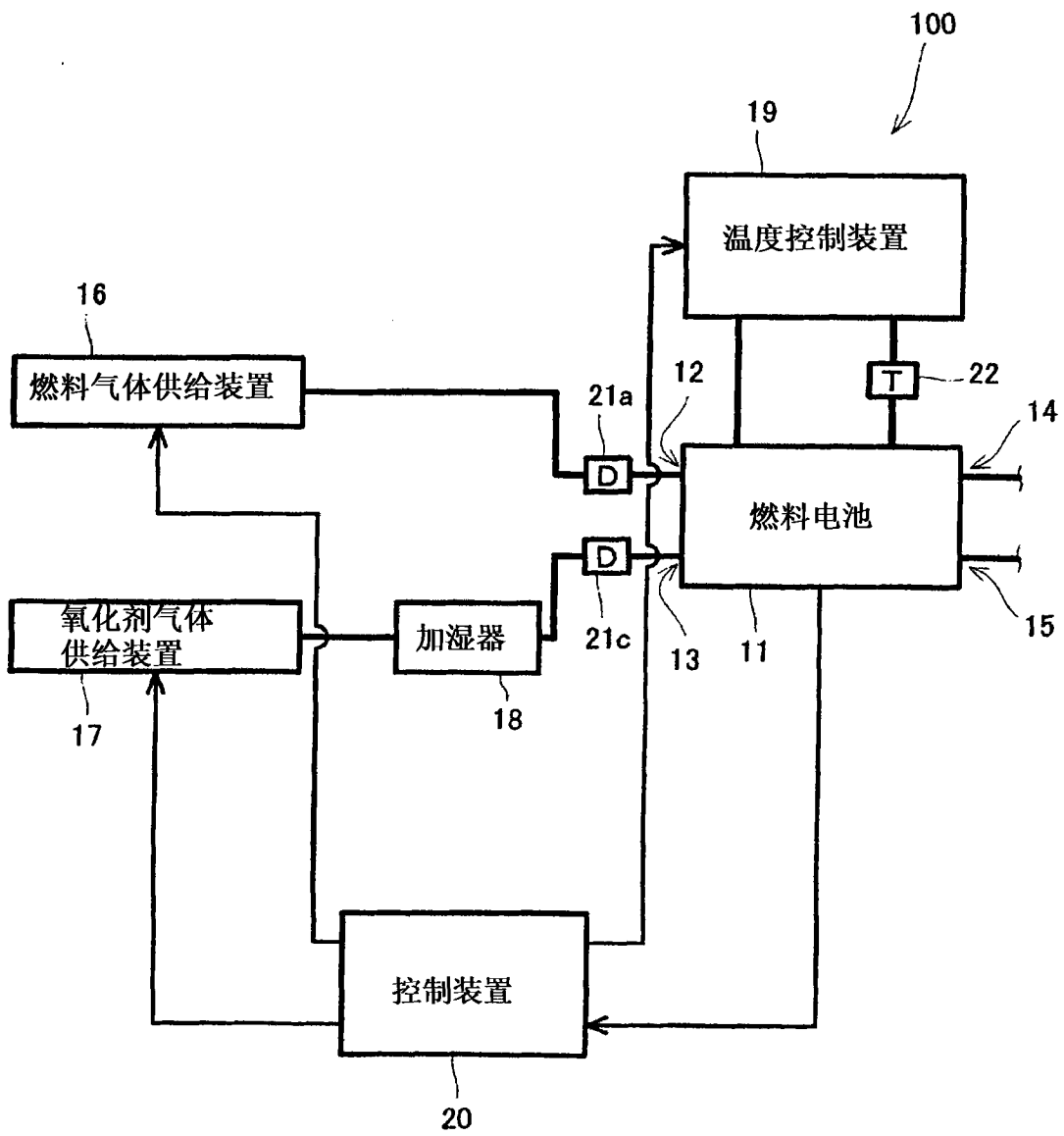


图 2

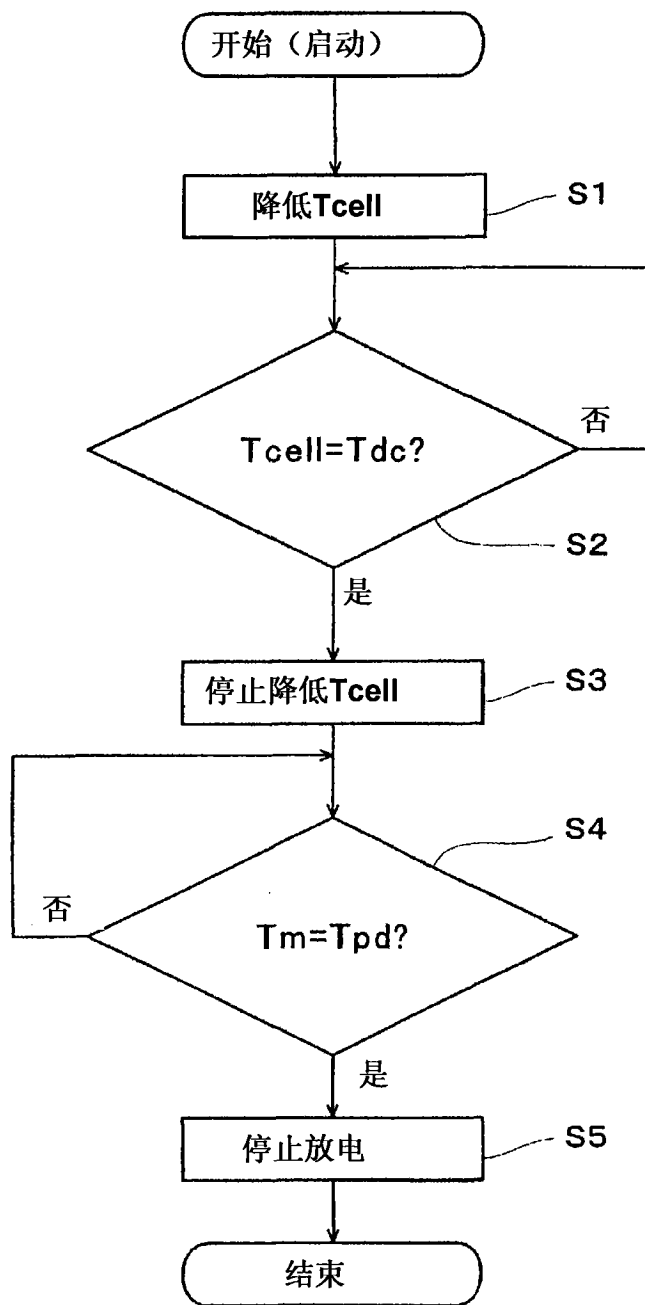


图 3

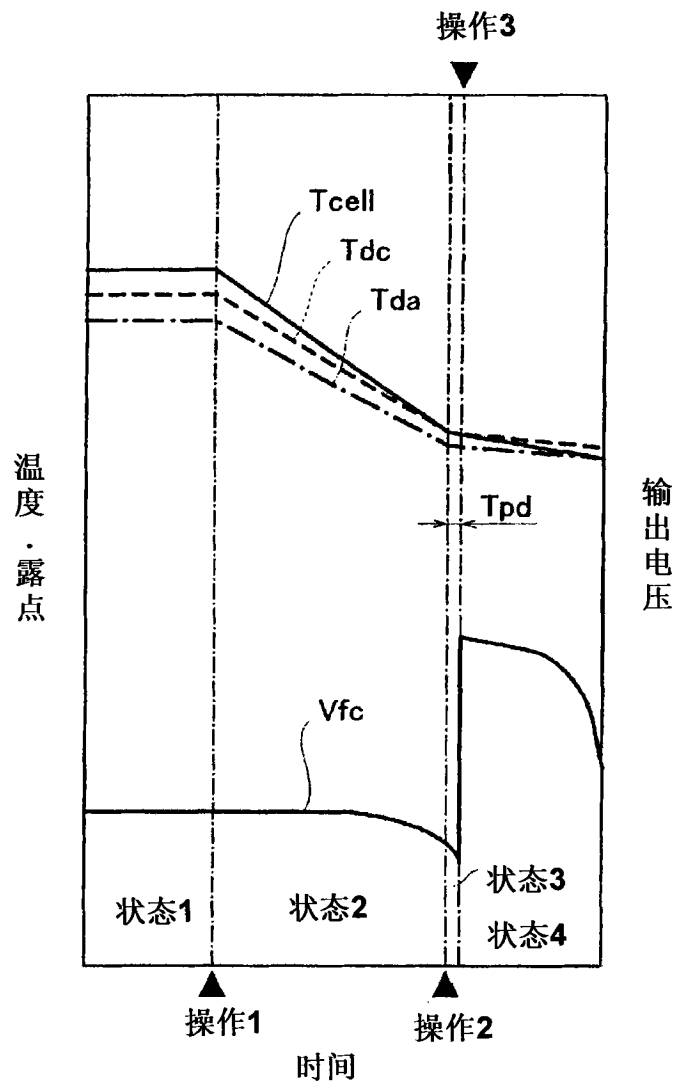


图 4

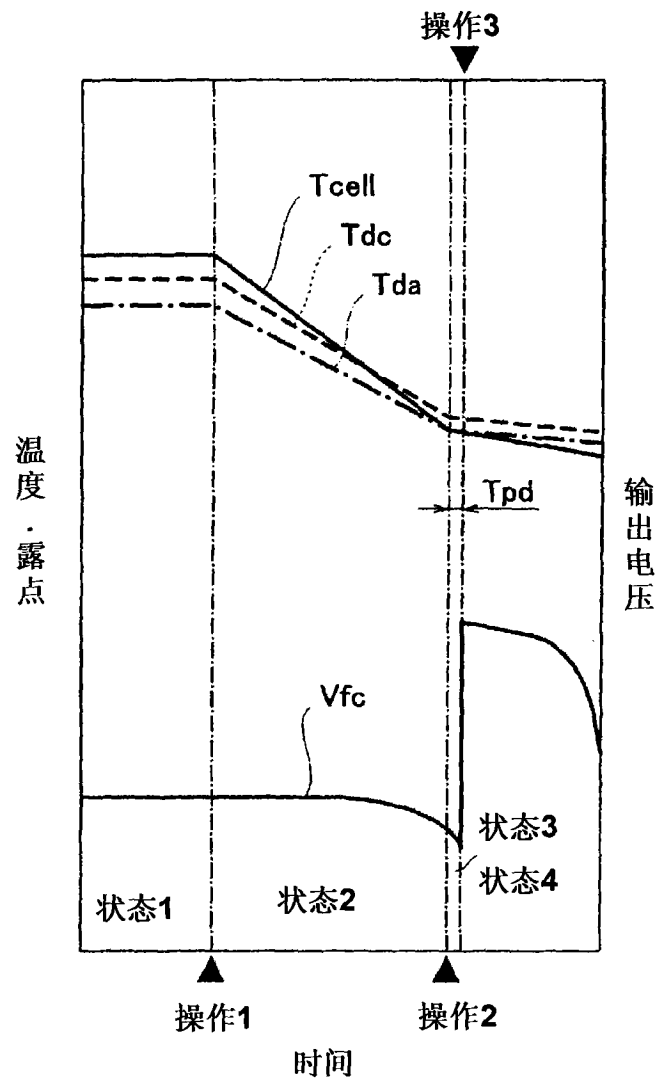


图 5

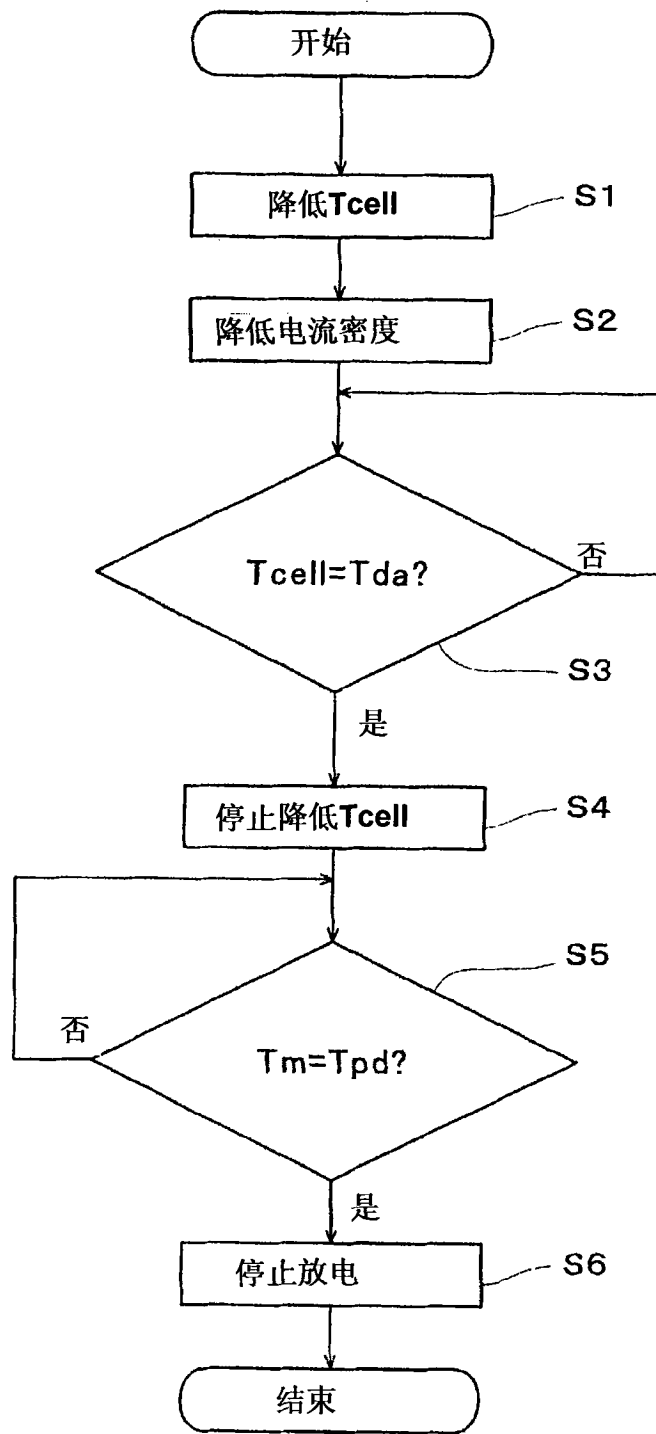


图 6

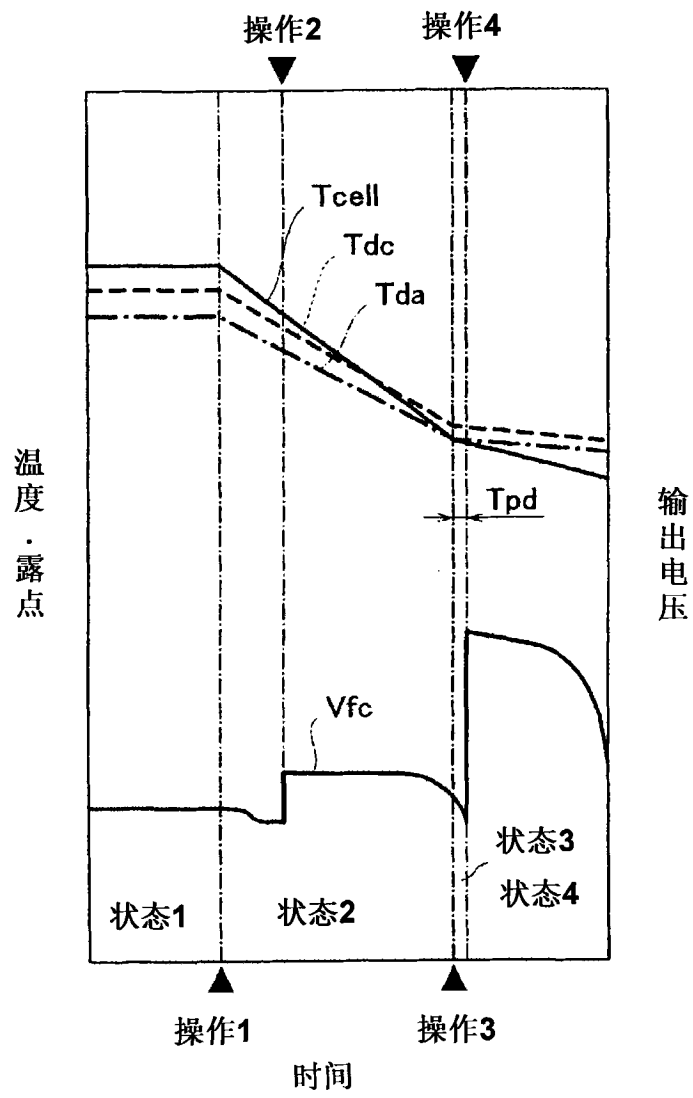


图 7

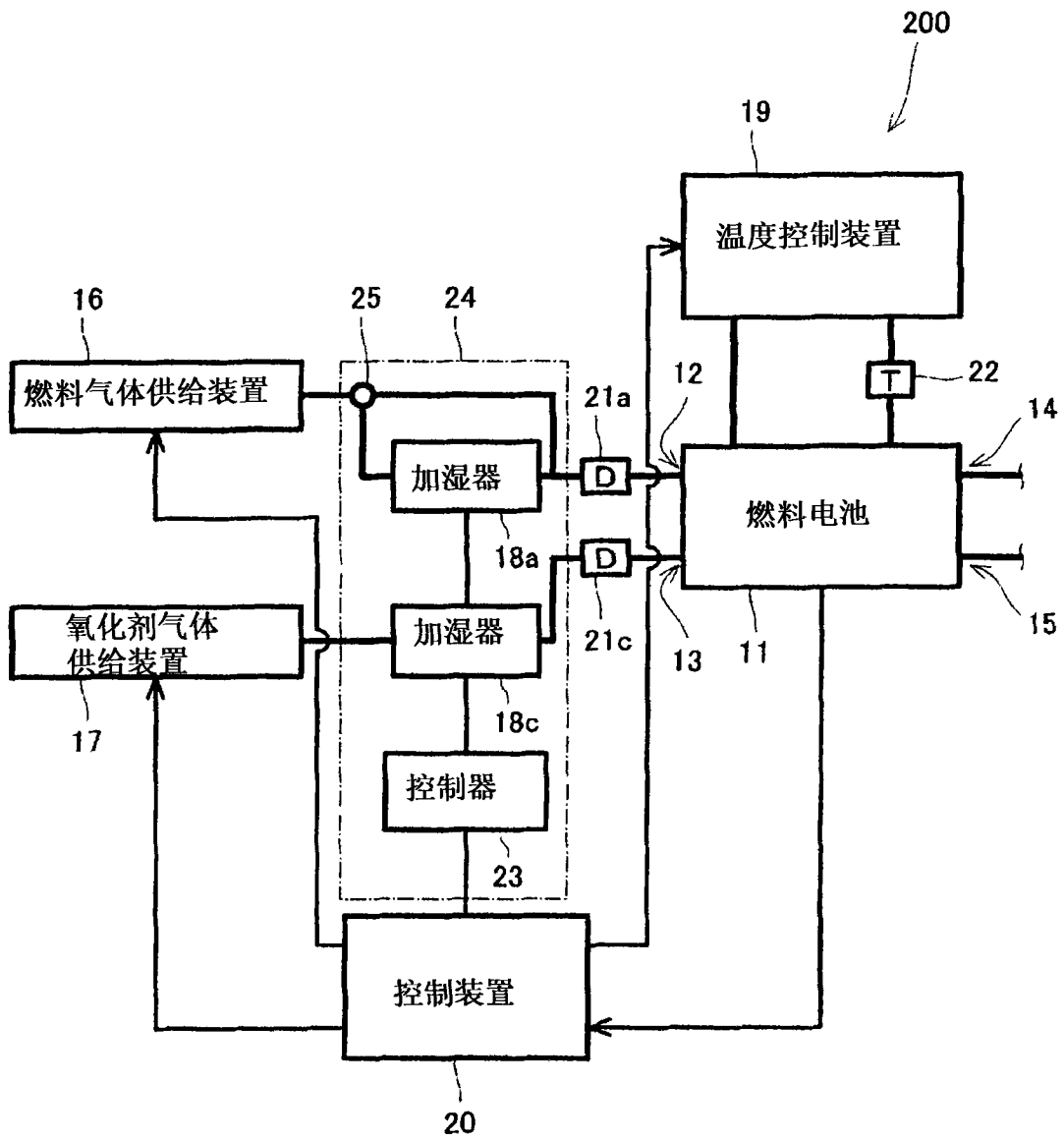


图 8

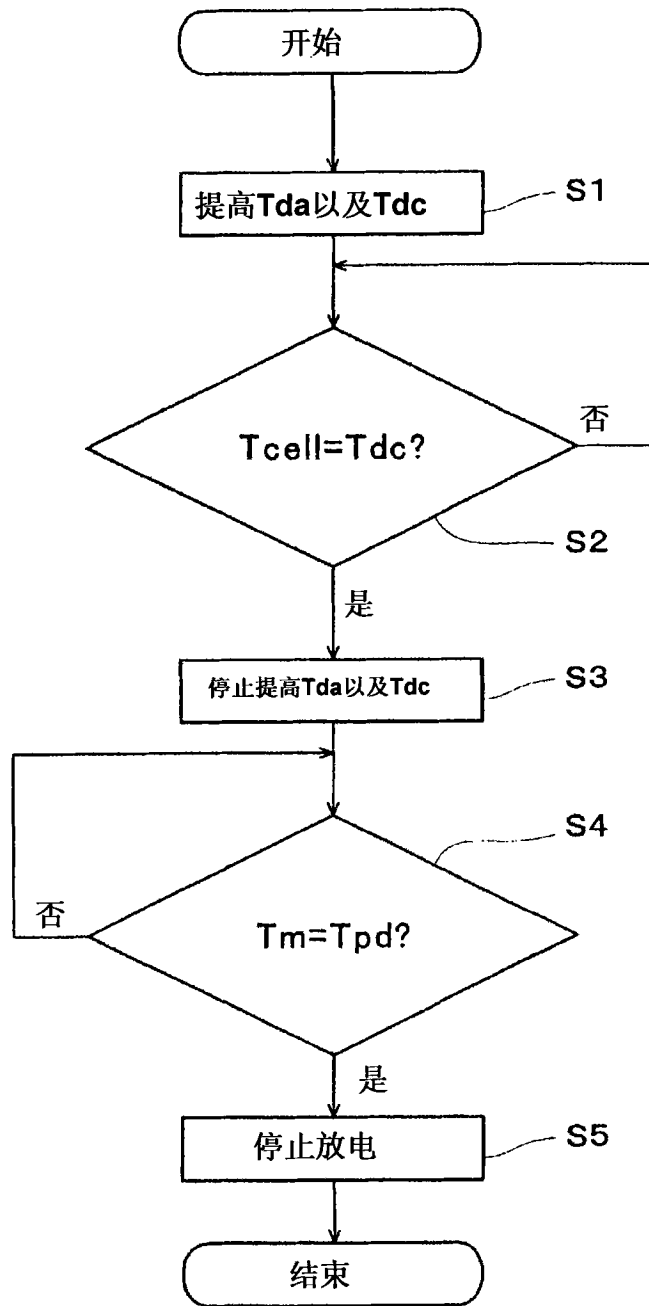


图 9

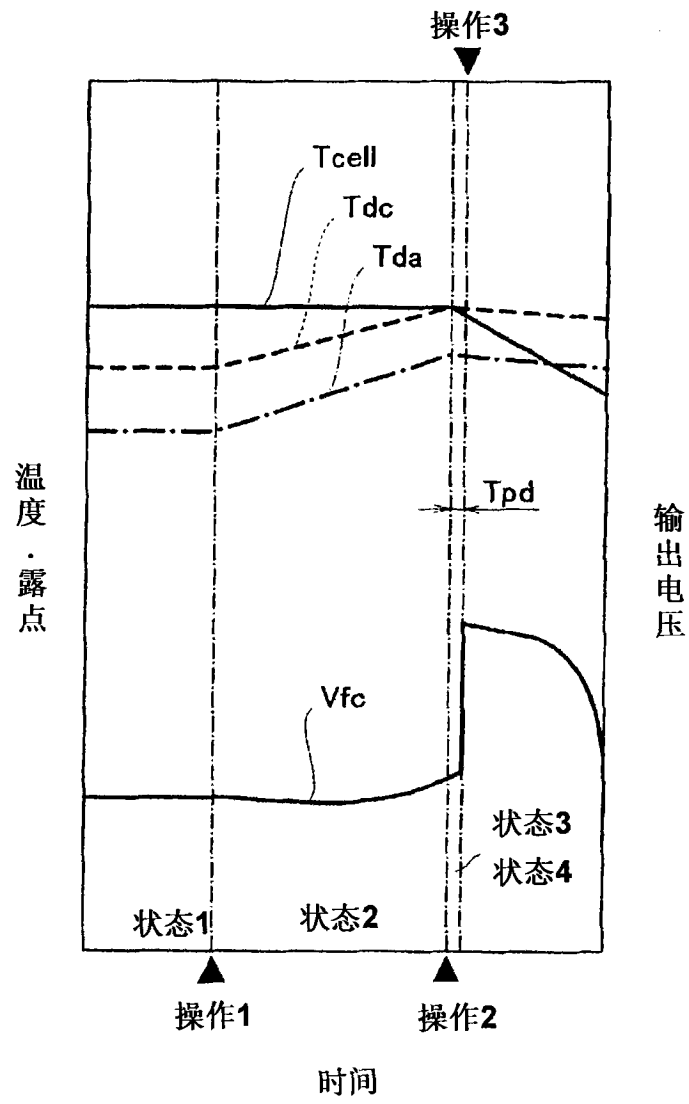


图 10

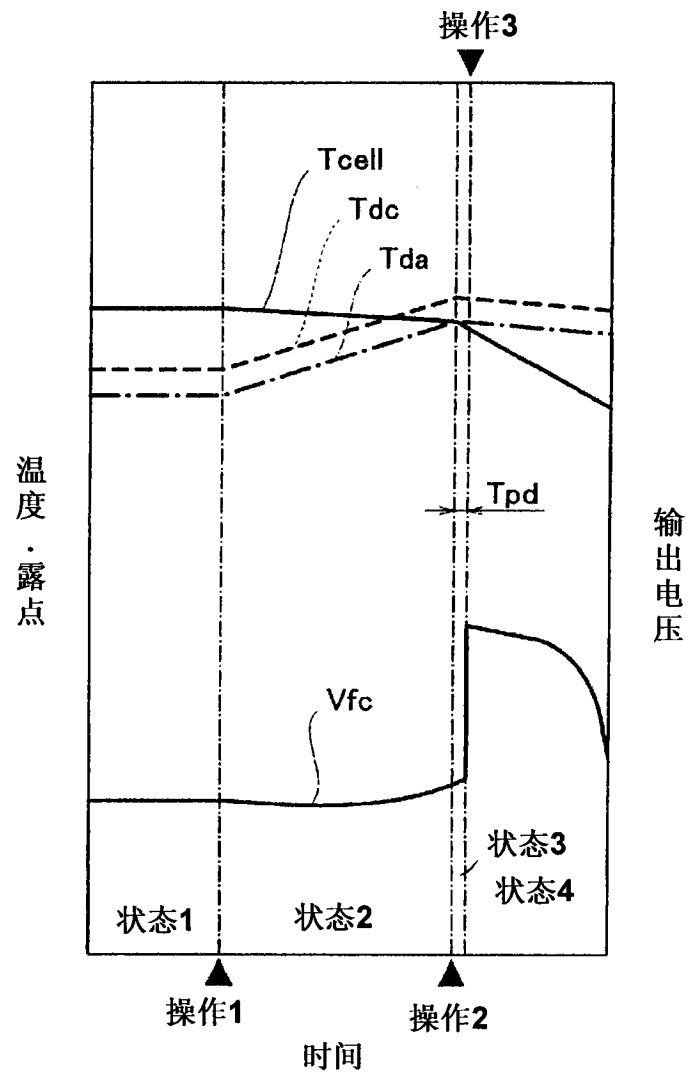


图 11

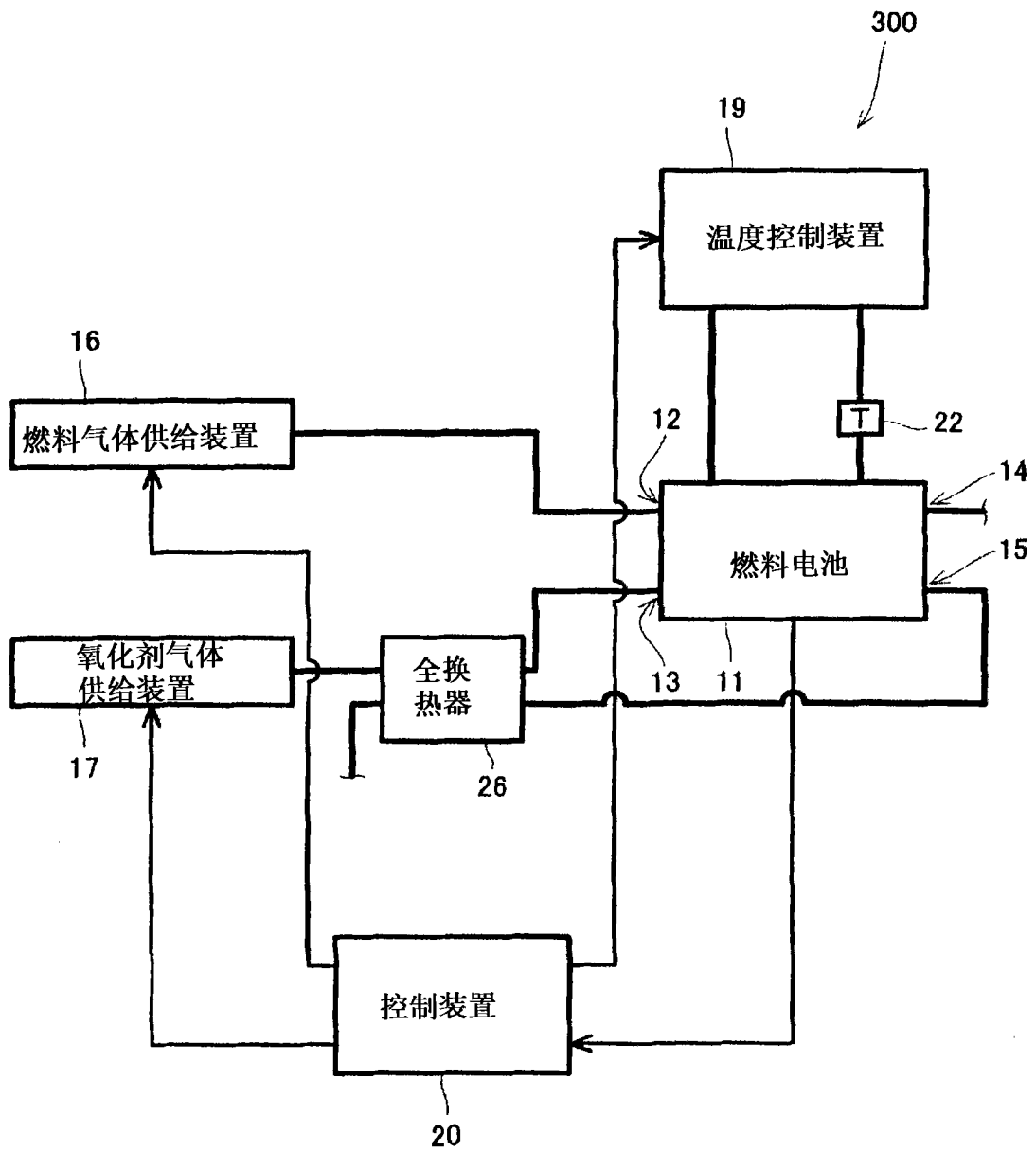


图 12

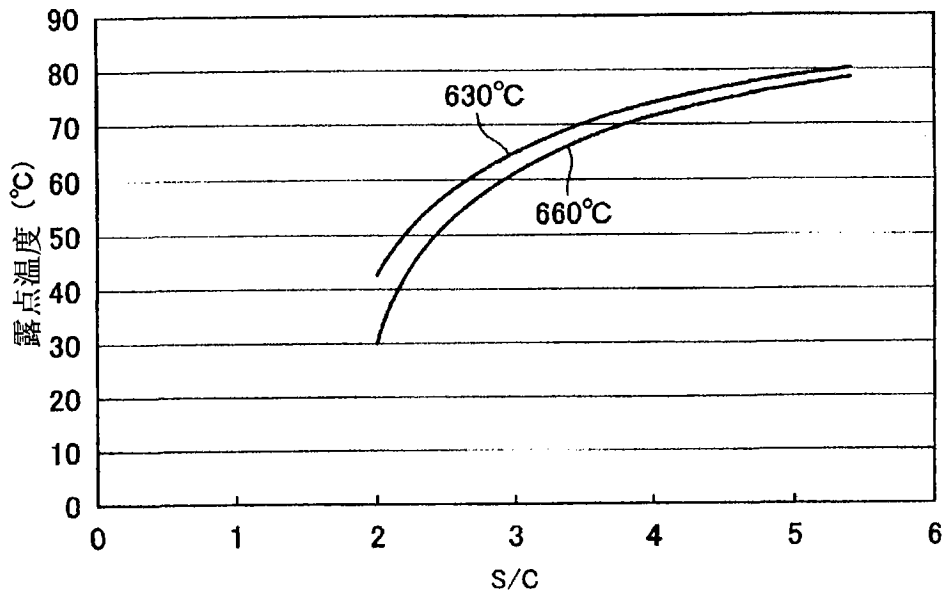
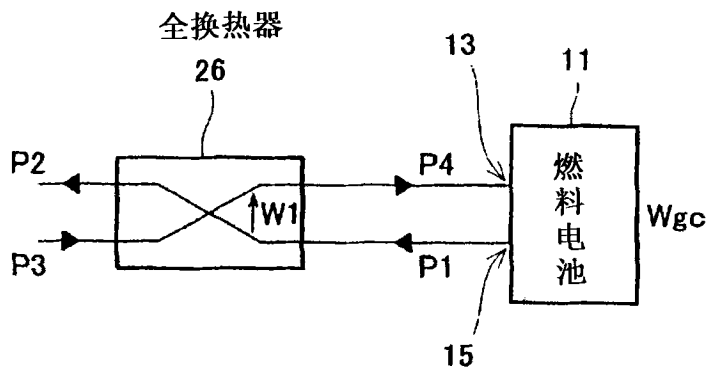


图 13



- P1: 排出的氧化剂气体的水蒸气量
- P2: 利用于加湿的排出的氧化剂气体的水蒸气量
- P3: 氧化剂气体的水蒸气量
- P4: 被加湿的氧化剂气体的水蒸气量
- W1: 通过全部热交换膜的水量
- Wg: 在燃料电池中所生成的水量
- Wgc: 在燃料电池内在氧化剂气体侧增加的水量

$$P1 = P4 + W_{gc} = P3 + W1 + W_g * [1 - \theta \text{ (反向扩散率)}] \dots\dots(1)$$

$$P2 = P1 - W1 = (P3 + W1 + W_{gc}) - W1 = P3 + W_{gc} \dots\dots(2)$$

$$P3 = \alpha \text{ (常数)} \dots\dots(3)$$

$$P4 = P3 + W1$$

$$= P3 + \beta \text{ (加湿器的全部热交换膜的面积)} * \gamma \text{ (水蒸气透过系数)} * D \text{ (对数平均水蒸气分压差)}$$

$$= P3 + \beta * \gamma * \frac{(P1 - P3) - (P2 - P4)}{\ln\{(P1 - P3)/(P2 - P4)\}} \dots\dots(4)$$



从(1)~(4)和P3、Wg(可由运行条件算出)计算出P4



由P4计算出被加湿的氧化剂气体的露点

图 14

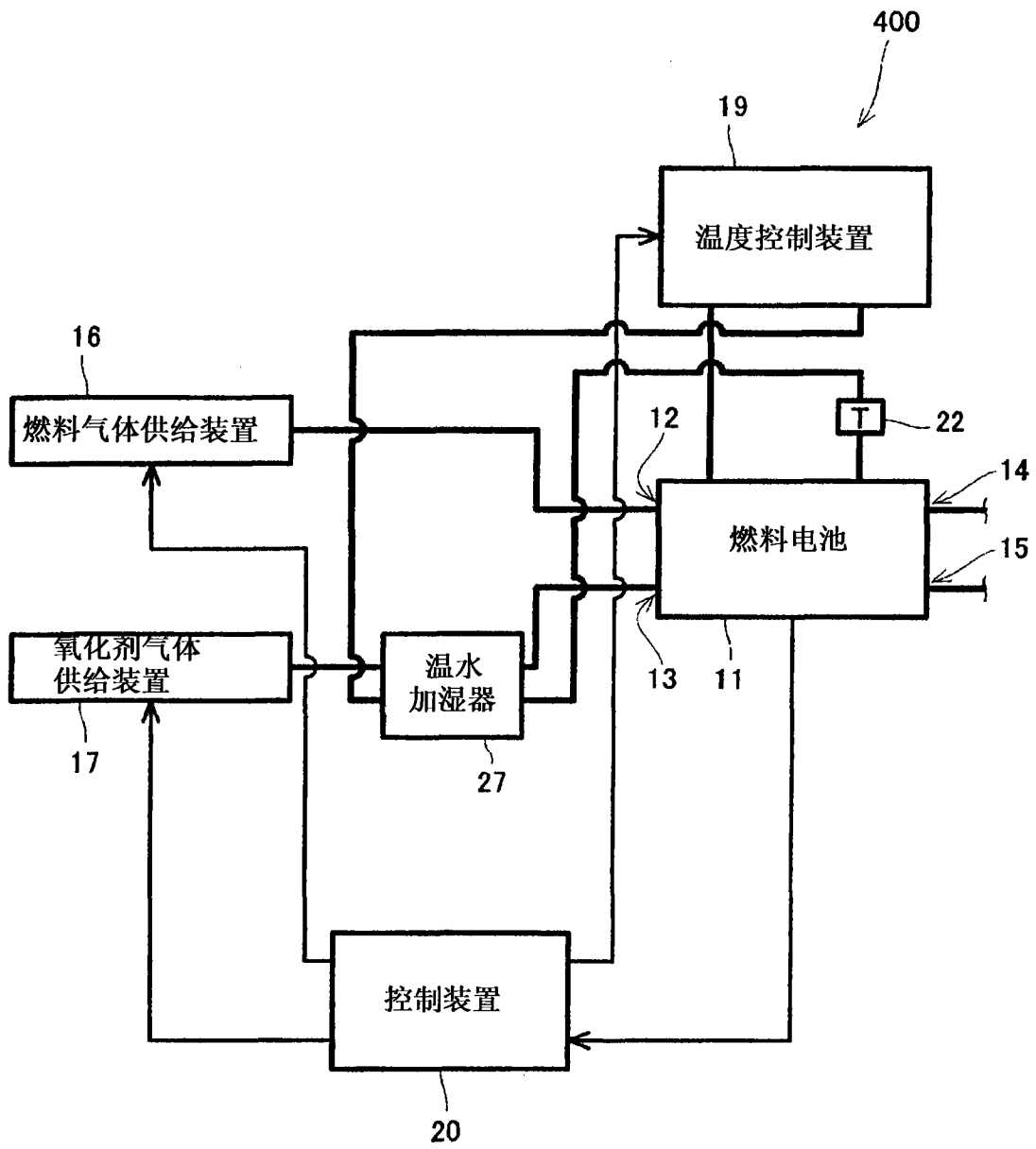
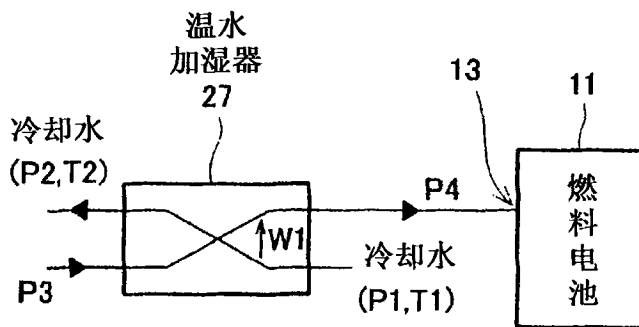


图 15



- P1: T1上的饱和水蒸气量
- P2: T2上的饱和水蒸气量
- P3: 氧化剂气体的水蒸气量
- P4: 被加湿的氧化剂气体的水蒸气量
- W1: 通过加湿膜的水量
- T1: 燃料电池出口冷却水温度
- T2: 燃料电池入口冷却水温度

$$P1=S1 \text{ (可测定)} \quad \dots\dots(1)$$

$$P2=S2 \text{ (可测定)} \quad \dots\dots(2)$$

$$P3=\alpha \text{ (常数)} \quad \dots\dots(3)$$

$$P4=P3+W1$$

$$=P3 + \beta \text{ (加湿器的全部热交换膜的面积)} * \gamma \text{ (水蒸气透过系数)} * D \text{ (对数平均水蒸气分压差)}$$

$$=P3 + \beta * \gamma * \frac{(P1-P3)-(P2-P4)}{\ln\{(P1-P3)/(P2-P4)\}} \quad \dots\dots(4)$$



由(1)~(4)和P3、T1以及T2(可测定)计算出P4



由P4计算出被加湿的氧化剂气体的露点

图 16