



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410090112.7

[43] 公开日 2005 年 5 月 11 日

[11] 公开号 CN 1614802A

[22] 申请日 2004.11.3

[21] 申请号 200410090112.7

[30] 优先权

[32] 2003.11.6 [33] JP [31] 2003-377279

[71] 申请人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府

[72] 发明人 鹈木重幸 神原辉寿 安本荣一

行天久朗 武部安男 关安宏

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

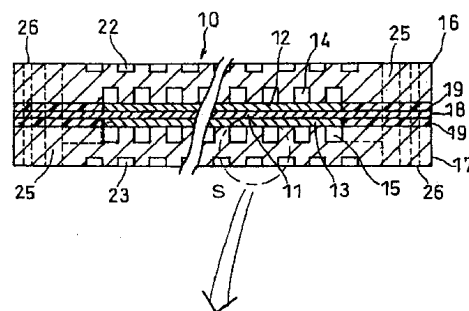
代理人 汪惠民

权利要求书 2 页 说明书 19 页 附图 9 页

[54] 发明名称 燃料电池及燃料电池系统

[57] 摘要

一种燃料电池，具备：电解质膜(11)、阳极侧及阴极侧催化层、阳极气体扩散层(13)及阴极气体扩散层(12)、阳极侧隔板(17)及阴极侧隔板(16)，其中：对阳极气体扩散层(13)及阴极气体扩散层(12)的细孔直径及疏水剂的含量之中至少一方进行调整，使满足下式(1)所述条件， $-0.07 \leq (Y_a - X_a) / ((Y_a - X_a) + (Y_c - X_c)) \leq 0.15 \dots \dots (1)$ 式(1)中， X_a 表示所述供给的燃料气体中的水分供给量， Y_a 表示所述排出的燃料气体中的水分排出量， X_c 表示所述供给的氧化剂气体中的水分供给量， Y_c 表示所述排出的氧化剂气体中的水分排出量。根据本发明，提供即使在高燃料利用率运转、低输出运转等燃料气体低流速时，也不发生水淹现象且输出电压的稳定性优良的燃料电池。



1. 一种燃料电池，具备：电解质膜，和在所述电解质膜的两面上配置的一对阳极侧及阴极侧催化层，和按照将所述一对催化层从外侧夹入的方式设置的一对阳极气体扩散层及阴极气体扩散层，和按照将所述一对扩散层夹入的方式设置且形成有用于向所述阳极气体扩散层供给、排出含氢的燃料气体的燃料气体流路沟槽的阳极侧隔板，及形成有用于向所述阴极气体扩散层供给、排出氧化剂气体的氧化剂气体流路沟槽的阴极侧隔板，其中：

10 对所述阳极气体扩散层及所述阴极气体扩散层的细孔直径及疏水剂的含量之中至少一方进行调整，使满足下式（1）所述条件，

$$-0.07 \leq (Y_a - X_a) / ((Y_a - X_a) + (Y_c - X_c)) \leq 0.15 \cdots \cdots (1)$$

式（1）中， X_a 表示所述供给的燃料气体中的水分供给量， Y_a 表示所述排出的燃料气体中的水分排出量， X_c 表示所述供给的氧化剂气体中的水分供给量， Y_c 表示所述排出的氧化剂气体中的水分排出量。

2. 根据权利要求 1 所述的燃料电池，其中：所述电解质膜的厚度被调整为满足前式（1）记载的条件。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的燃料电池，其中：所述阳极侧隔板的气体流路及所述阴极侧隔板的气体流路的构造，被调整为满足下式（2）记载的条件，

$$a \leq b_2 \text{ 并且 } b_1 \leq b_2 \text{ 并且 } c \leq b_2 \cdots \cdots (2)$$

式（2）中， a 表示所述气体流路的沟槽的深度， b_1 表示所述气体流路的沟槽的底边的宽度， b_2 表示所述气体流路的沟槽的最上边的宽度， c 表示所述多个气体流路的沟槽间的堤宽度。

25 4. 一种燃料电池，具备：电解质膜，和在所述电解质膜的两面上配置的一对阳极侧及阴极侧催化层，和按照将所述一对催化层从外侧夹入的方式设置的一对阳极气体扩散层及阴极气体扩散层，和按照将所述一对扩散层夹入的方式设置且形成有用于向所述阳极气体扩散层供给、排出含氢的燃料气体的燃料气体流路沟槽的阳极侧隔板，及形成有用于向所述阴极气体扩散层供给、排出氧化剂气体的氧化剂气体流路沟槽的阴极侧隔板，

其中：

对所述阳极气体扩散层及所述阴极气体扩散层的细孔直径及疏水剂的含量之中至少一方进行调整，使满足下式（3）所述条件，

$$-0.50\text{kPa} \leq (E_c - E_a) \leq 1.00\text{kPa} \cdots \cdots (3)$$

5 式（3）中， E_a 表示所述阳极气体扩散层和所述电解质膜之间的水压， E_c 表示所述阴极气体扩散层和所述电解质膜之间的水压。

5. 一种燃料电池系统，具有供给燃料气体的燃料气体供给装置、供给氧化剂气体的氧化剂气体供给装置、以及权利要求1所述的所述燃料电池，

10 按照满足所述式（1）的方式，所述燃料气体和/或氧化剂气体被加湿。

6. 一种燃料电池系统，具有供给燃料气体的燃料气体供给装置、供给氧化剂气体的氧化剂气体供给装置、以及权利要求4所述的燃料电池，
按照满足所述式（3）的方式，所述燃料气体和/或氧化剂气体被加湿。

燃料电池及燃料电池系统

5 技术领域

本发明涉及一种即使在低输出运转及供给气体的低流速时，输出电压的稳定性优异并且不发生水淹（flooding）现象的、可在家用热电联合系统、摩托车、电动汽车、混合动力汽车等中使用的燃料电池及燃料电池系统。

10 背景技术

使用氢离子传导性高分子电解质膜（以下，称电解质膜）的燃料电池为，通过使含氢的燃料气和空气等含氧的氧化剂气体发生电化学反应，同时产生电力和热的装置。此燃料电池，基本上来说，是由将氢离子选择性地输送的电解质膜、及配置在电解质膜两面上的一对电极构成。

15 这些电极，是由以担载铂族金属催化剂的导电性碳粉末为主成分的催化层、及此催化层的外侧上形成的兼具通气性和导电性例如由实施了疏水处理的复写纸构成的气体扩散层来构成。称此为 MEA（电解质膜—电极接合体）。再者，本说明书中，对于以没有实施疏水处理的复写纸作为基材并在其上覆盖了疏水层的覆盖产物，也将该覆盖层和基材全体作为气体
20 扩散层。

在 MEA 的外侧配置有用于将 MEA 机械地固定的同时将邻接的 MEA 相互电串联地连接的导电性隔板。在隔板的和 MEA 接触的部分中，形成有将反应气体供给到电极面中并用于将生成水或剩余气体运送走的气体流路。气体流路也可以与隔板分开设置，但一般采用的是，在隔板的表面
25 上设置沟槽作为气体流路的方式。

将这些 MEA 和隔板交替地重叠起来，层叠到 10~200 个电池后，介由集电板和绝缘板用端板将其夹住，再用紧固螺栓从两端固定，这就是一般的叠层电池的构造。称此为电池组。

电解质膜通过含有水分，膜的比电阻降低，起到氢离子传导性电解质的作用。因此，在燃料电池的运转中，为了防止电解质膜的干燥，燃料气
30

体及氧化剂气体被加湿后供给。另外，在电池发电时，通过下面的电化学反应（化1），在阴极一侧作为反应生成物生成水。

【化1】

阳极： $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$

5 阴极： $2H^+ + (1/2) O_2 + 2e^- \rightarrow H_2O$

还有，在阳极产生的质子，从阳极向阴极移动时伴随水移动。另外，将在电解质膜的阴极一侧受到的水压和在阳极一侧受到的水压之差作为动力，透过电解质膜，从阴极一侧向阳极一侧有逆扩散水流动。

10 这些被加湿的燃料气体中的水、被加湿的氧化剂气体中的水、反应生成水、质子同伴水以及逆扩散水，是用于将电解质膜保持为饱和状态，并且同剩余的燃料气体、剩余的氧化剂气体一起被排出到燃料电池的外部。

即，若设加湿燃料气体中的水分供给量为 X_a 、排出燃料气体中的水分排出量为 Y_a 、加湿氧化剂气体中的水分供给量为 X_c 、排出氧化剂气体中的水分排出量为 Y_c 、反应生成水量为 R 、质子同伴水量为 P 、逆扩散水量为 Q ，则排出燃料气体中的水分排出量（ Y_a ）、及排出氧化剂气体中的水分排出量（ Y_c ），可以分别用式（4）、（5）表示。

$$Y_a = X_a - P + Q \cdots \cdots (4)$$

$$Y_c = X_c + P - Q + R \cdots \cdots (5)$$

20 从这些数学式（4）、（5）可知，排出燃料气体中的水分量（ Y_a ），对于被供给的燃料气体中的水分量（ X_a ），增加了逆扩散水量 Q 和质子同伴水量 P 之差；排出氧化剂气体中的水分量（ Y_c ），对于被供给的氧化剂气体中的水分量（ X_c ），仅增加了在质子同伴水量 P 和逆扩散水量之差上加上反应生成水量 R 的部分。

25 质子同伴水量 P ，是由电池发电时的质子移动量决定，由于反应生成水量 R 由发电条件（电流密度）决定，若以将发电量固定为一定值的情况为前提，排出气体中的水分量的增减由逆扩散水量 Q 决定，即，由电解质膜的在阴极一侧受到的水压和在阳极一侧受到的水压之差决定。

另外，电解质膜在阴极一侧受到的水压和在阳极一侧受到的水压之差，受到阳极一侧和阴极一侧的气体扩散层的耐水压平衡的影响。

30 图1为一般的气体扩散层基材的放大图。决定耐水压的控制因子为，

用碳纤维 1 作成的气体扩散层基材的疏水性、用碳纤维 1 围出的细孔 2、以及碳纤维 1 的气体透过性、还有在碳纤维 1 上形成的覆盖层的疏水性等。

作为碳纤维 1 的基材及覆盖层的疏水性，是由 PTFE 等的疏水处理决定，约为 30mN/m 的程度。另外，有基材的细孔直径越大排水越容易的倾向，用织布的情况下约为 20~100 μm 的程度，用无纺布的情况下为 10~30 μm 的范围。

因此，可以说织布与无纺布相比耐水压较小。有气体透过性越高排水越容易的趋势。气体透过性受基材材料的影响较大，用织布的情况下约为 $10^{-7}\sim 10^{-6}\text{m} \cdot \text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 的程度，用无纺布的情况下约为 $10^{-9}\sim 10^{-7}\text{m} \cdot \text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$ 的程度。因此，可以说织布与无纺布相比耐水压较小。

再者，所谓气体扩散层的耐水压，是指在充满气体的气体扩散层中水浸入后透过所必要的压力，是根据“JIS L1092 纤维制品的防水性试验方法”在耐水度试验装置上夹住试验片，按照水接触表面的方式安装，然后提升装入水的水准装置来使水位上升，对试验片施加水压，根据从背面有水流出时的水位来测定。

排出气体中包含的液体状态的水，在隔板的构成气体流路的沟槽中，由于表面张力作为液滴附着。附着的液滴，难以在气体流路内移动，甚至于，气体流路内附着的水阻塞了气体流路而妨碍了气体的流动，成为所谓的水淹（flooding）的状态。其结果，电极的反应面积减小，电池的性能降低。这样，发生气体流路内的凝结水难以移动的情形，不久，增加的凝结水导致气体流路的闭塞，紧接着由于气体流的压力引起凝结水的排出，再度在气体流路中附着凝结水的循环反复进行。

因此，如果气体流路内的凝结水难以移动，则反应气体的供给量变得不足、在气体流路之间的流量变得不均匀，有导致电池特性的下降的缺点。

一直以来，作为抑制这种水淹现象，稳定输出电压的方法，提出的有，通过调整冷却介质的温度及流量，来控制使氧化剂气体水蒸气压分布和催化层反应部位饱和蒸气压分布处于平衡状态的电池面内温度分布，防止生成水的凝结的方法（例如，参照专利文献 1）。

【专利文献 1】特开平 8-111230 号公报

但是，这种现有方法，利用对冷却介质的温度及流量的控制的结果，在输出改变、氧化剂气体水蒸气压分布和催化层反应部位饱和蒸气压分布的平衡状态偏离的情况下，难以迅速地跟踪。因此，现有的方法限定了系统的运转条件，也就出现了未必能高效地运转的问题。

5

发明内容

本发明考虑了所述现有方法中存在的问题，其目的在于提供一种对系统运转条件的限定少，能够抑制水淹现象，并且实现稳定输出电压的燃料电池及燃料电池系统。

10 本发明主要着眼于下面这种现象。

在氧化剂气体一侧和燃料气体一侧，向外部的凝结水的排出力不同。如上所述会产生通过气体流的压力将凝结水排出的现象，但因为作为氧化剂气体一般来说使用氧比例约为 20% 的空气，在氧化剂气体流路出口附近有供给量的约 80% 以上的残留气体。因此可以说，氧化剂气体的流动压力比较大。

15

另一方面，燃料气体一方，使用了氢及氢比例为 70~90% 的重整气体，因此燃料气体流路出口附近的残留气体量变少，可以说其气流压力较小。

因此，与氧化剂气体一侧的凝结水的排出力相比，可以说燃料气体出口侧的凝结水的排出力较小。

20 因此，为了更进一步抑制水淹现象，实现稳定的输出电压，大致来说，在引起凝结水增加的情况下，相对来看，与在燃料气体一侧的凝结水的增加的程度相比，可以说希望氧化剂气体中的凝结水的增加程度更大一些。此外这种情况下，可以说抑制了从氧化剂气体一侧向燃料气体一侧移动的逆扩散水量 Q 。

25 另外，如上所述，与在燃料气体一侧的凝结水的增加程度相比，氧化剂气体中的凝结水的增加程度变大，不是绝对的条件，即使是相反的情况下，根据其他的条件，如以下说明的实施例、比较例中所示，有可以达成本发明的目的，即可以更进一步抑制水淹现象，实现稳定的输出电压的情况。

30 为了解决所述的问题，本发明之一是一种燃料电池，具备：电解质膜，

和在所述电解质膜的两面上配置的一对阳极侧及阴极侧催化层，和按照将所述一对催化层从外侧夹入的方式设置的一对阳极气体扩散层及阴极气体扩散层，和按照将所述一对扩散层夹入的方式设置且形成有用于向所述阳极气体扩散层供给、排出含氢的燃料气体的燃料气体流路沟槽的阳极侧隔板，及形成有用于向所述阴极气体扩散层供给、排出氧化剂气体的氧化剂气体流路沟槽的阴极侧隔板，其中：

对所述阳极气体扩散层及所述阴极气体扩散层的细孔直径及疏水剂的含有量之中至少一方进行调整，使满足下式（1）所述条件，

$$-0.07 \leq (Y_a - X_a) / ((Y_a - X_a) + (Y_c - X_c)) \leq 0.15 \cdots \cdots (1)$$

[此外，式（1）中， X_a 表示所述供给的燃料气体中的水分供给量， Y_a 表示所述排出的燃料气体中的水分排出量， X_c 表示所述供给的氧化剂气体中的水分供给量， Y_c 表示所述排出的氧化剂气体中的水分排出量]。

通过满足式（1），向阳极一侧的逆扩散水量被抑制，并能够抑制由于燃料气体流路出口附近的凝结水排出力较小而导致的水淹现象。

另外，在阴极一侧，虽然凝结水量较多，但由其气压引起的排出力较大，因此液滴平稳地在气体流路内移动，不易引起水淹现象。

另外，下限必须大于 -0.07 的原因被推测为，虽说氧化剂气体中的水分可以增加，但增大过多就不能完全排出，会引起水淹现象。

另外，发明之二，是进一步被调整为所述电解质膜的厚度满足前式（1）所述的条件的本发明之一的燃料电池。

水在电解质膜中移动时的移动电阻，是电解质膜的厚度越厚越大。因此，通过将电解质膜的厚度调整为满足式（1），根据与本发明之一相同的机构抑制水淹现象。

另外，本发明之三，是进一步被调整为所述阳极侧隔板的气体流路及所述阴极侧隔板的气体流路的构造满足下式（2）记载的条件的本发明之一或者本发明之二的燃料电池。

$$a \leq b_2 \text{ 并且 } b_1 \leq b_2 \text{ 并且 } c \leq b_2 \cdots \cdots (2)$$

[式（2）中， a 表示所述气体流路的沟槽的深度， b_1 表示所述气体流路的沟槽的底边的宽度， b_2 表示所述气体流路的沟槽的最上边的宽度， c 表示所述多个气体流路的沟槽间的堤宽度。]

通过满足式(2),可以使隔板的排水性更进一步提高,更容易实现本发明之一和本发明之二。

另外,本发明之四,是在所述阳极气体扩散层及所述阴极气体扩散层中对细孔直径及疏水剂的含量之中至少一方进行调整,使满足下式(3)
5 所述条件的燃料电池。

$$-0.50\text{kPa} \leq (E_c - E_a) \leq 1.00\text{kPa} \cdots \cdots (3)$$

[式(3)中, E_a 表示所述阳极气体扩散层和所述电解质膜之间的水压, E_c 表示所述阴极气体扩散层和所述电解质膜之间的水压。]

在低于式(3)的范围的下限的情况下,电解质膜的阴极一侧承受的水压比阳极一侧承受的水压低,几乎没有逆扩散水Q,反应生成水R的几乎全部从氧化剂气体出口一侧被排出,由于凝结水量的过于增大导致的排出能力的不足,会发生水淹现象。
10

另一方面,超过式(3)的范围的上限的情况下,电解质膜的阴极一侧承受的水压大于阳极一侧承受的水压,由于逆扩散水Q增多而引起的燃料气体出口侧的凝结水量增大导致的排出能力不足以及由于氧化剂气体出口侧的凝结水量减少引起的液滴移动性能降低导致的排出能力不足,会引起水淹现象。
15

另外,本发明之五,是按满足所述式(1)的方式供给加湿气体的燃料电池。

通过满足式(1)地对供给气体的加湿量进行控制,抑制了向阳极一侧的逆扩散水量,减少了燃料气体流路出口附近的残留气体量,因此可以实现一种能够抑制由于凝结水排出量较小而导致的水淹现象的燃料电池系统。另外,由于阴极一侧的凝结水量增多而使气体流路内的湿润性提高,液滴容易在气体流路内移动,可以实现一种抑制了水淹现象的燃料电池系
20
25 统。

另外,本发明之六,是按满足所述式(3)的方式供给加湿气体的燃料电池系统。

在按低于式(3)的范围的下限的方式对供给气体的加湿量进行控制的情况下,电解质膜的阴极一侧承受的水压比阳极一侧承受的水压低,几乎没有逆扩散水Q,反应生成水R的几乎全部从氧化剂气体出口侧被排出,
30

由凝结水量的增大导致排出能力不足，成为发生水淹现象的燃料电池系统。

另一方面，按超过式（3）的范围的上限的方式对供给气体的加湿量进行控制的情况下，电解质膜的阴极一侧承受的水压比阳极一侧承受的水压高，由于逆扩散水 Q 增多，燃料气体出口侧的凝结水量增大，导致排出能力不足，成为发生水淹现象的燃料电池系统。

发明效果

通过本发明，可以提供一种抑制水淹现象，并实现稳定的输出电压的燃料电池及燃料电池系统。

附图说明

图 1 一般的气体扩散层织布基材的表面放大图。

图 2 （a）是本发明的实施方式 1 的燃料电池的单电池的横剖面图，
（b）是本发明实施方式 1 燃料电池的导电性隔板的气体供给沟槽的相对于气体流通方向的正交剖面图。

图 3 （a）是本发明实施例 1 燃料电池的导电性隔板的气体供给沟槽的相对于气体流通方向的正交剖面图，

（b）是本发明实施例 5 燃料电池的导电性隔板的气体供给沟槽的相对于气体流通方向的正交剖面图，

（c）是本发明比较例 5 燃料电池的导电性隔板的气体供给沟槽的相对于气体流通方向的正交剖面图，

（d）是本发明比较例 6 燃料电池的沿导电性隔板的气体供给沟槽的相对于气体流通方向的正交剖面图，

（e）是本发明比较例 7 的燃料电池的导电性隔板的气体供给沟槽的相对于气体流通方向的正交剖面图。

图 4 是表示本发明的实施例 1 及比较例 1 的燃料电池的阴极侧高燃料利用率运转时的电压稳定性的图。

图 5 是表示本发明的实施例 2 及比较例 2 的燃料电池的阴极侧高燃料利用率运转时的电压稳定性的图。

图6 是表示本发明的实施例3及比较例3的燃料电池的阴极侧高燃料利用率运转时的电压稳定性的图。

图7 是表示本发明的实施例4及比较例4的燃料电池的阴极侧高燃料利用率运转时的电压稳定性的图。

5 图8 是表示本发明的实施例3、5及比较例5~7的燃料电池的阴极侧高燃料利用率运转时的电压稳定性的图。

图9 是表示本发明的燃料电池系统的构成图。

具体实施方式

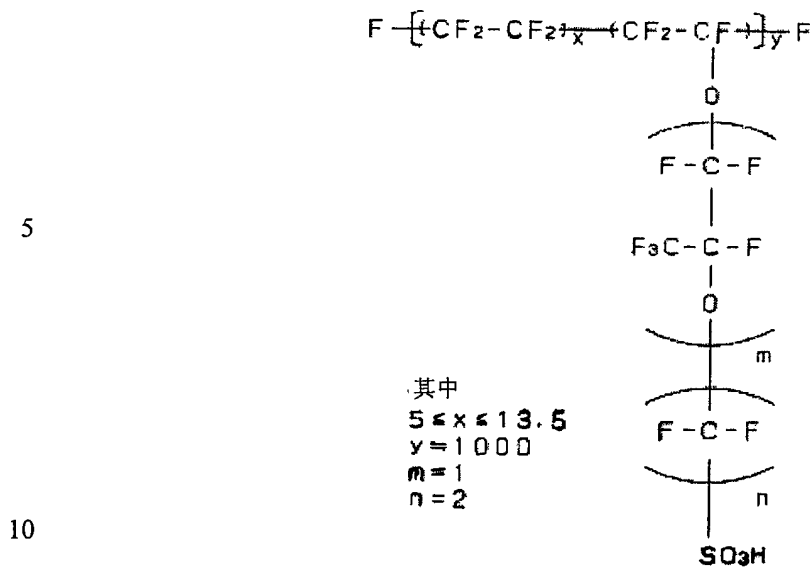
10 以下，对本发明的实施方式参照附图进行说明。

(实施方式1)

图2(a)是构成本实施方式1的燃料电池的单电池的剖面图。如图2(a)所示，本实施方式1的单电池10，备有：作为本发明的电解质膜的一例的电解质膜11、在电解质膜11的两面上形成的一对作为本发明的燃料气体一侧催化层的一例的阳极侧催化层、及作为本发明的氧化剂气体一
15 侧催化层的一例的阴极侧催化层（图中没有表示出厚度）。另外，电解质膜11具有（化2）所示的化学构造，使用全氟磺酸，并且在电极催化剂使用担载Pt的碳。

另外，按照将一对催化层从外侧夹入的方式，设置作为本发明的燃料
20 气体扩散层的一例的阳极气体扩散层13、及作为本发明的氧化剂气体扩散层的一例的阴极气体扩散层12。将这些电解质膜11和一对催化层和阳极气体扩散层13和阴极气体扩散层12合到一起称为MEA18。

【化 2】



另外，具有向阴极气体扩散层 12 供给氧化剂气体的氧化剂气体流路沟槽 14 的阴极侧导电性隔板 16，与阴极气体扩散层 12 相接设置。同样地，具有向阳极气体扩散层 13 供给燃料气体的燃料气体流路沟槽 15 的阳极侧导电性隔板 17，与阳极气体扩散层 13 相接设置。

另外，在电解质膜 11 和各隔板 17、16 之间，气体扩散电极 12、13 的周围中设置有衬垫（gasket）。

将上述构成的单电池 10 层积 30 个作为电池组。另外，在电池组的两端上介由集电板和绝缘板将端板重叠并用紧固螺栓紧固构成了燃料电池。

下面，对本实施方式 1 的燃料电池的隔板进行说明。图 2（b）是实施方式 1 的燃料电池的导电性隔板的气体供给沟槽的相对于气体流通方向的正交剖面图。再者，图 2（b）是图 2（a）的点线部 S 部的放大图。本实施方式 1 的隔板，在阴极侧导电性隔板 16 及阳极侧导电性隔板 17 都使用相同形状的隔板。

另外，如图 2（b）所示，将氧化剂气体流路沟槽 14 及燃料气体流路沟槽 15 的沟槽深度用 a、底边用 b1、作为隔板表面上的沟槽的宽度的上边用 b2、作为相邻沟槽的间隔的堤宽度用 c 来表示。按这些长度满足式（2）的方式构成隔板 16、17 的沟槽形状。

$$a \leq b2 \text{ 并且 } b1 \leq b2 \text{ 并且 } c \leq b2 \cdots \cdots (2)$$

通过满足式（2），可以使隔板的沟槽宽度、深度的平衡性较好，使排

水性良好。

另外，如上述背景技术中所述，设加湿燃料气体中的水分供给量为 X_a 、排出燃料气体中的水分排出量为 Y_a 、加湿氧化剂气体中的水分供给量为 X_c 、排出氧化剂气体中的水分排出量为 Y_c 。按这些水分满足以下的式（1）的方式，来决定本实施方式1的燃料电池的电解质膜11的厚度、
5 阴极气体扩散层12及阳极气体扩散层13中的细孔直径及疏水剂的含量。

$$-0.07 \leq (Y_a - X_a) / ((Y_a - X_a) + (Y_c - X_c)) \leq 0.15 \cdots \cdots (1)$$

排出燃料气体中的水分排出量（ Y_a ）、及排出氧化剂气体中的水分排出量（ Y_c ）分别由式（4）、（5）决定。

10 $Y_a = X_a - P + Q \cdots \cdots (4)$

$$Y_c = X_c + P - Q + R \cdots \cdots (5)$$

[式（4）（5）中， R 表示反应生成水量， P 表示质子同伴水量， Q 表示逆扩散水量]

由于质子同伴水量 P 是由电池发电时的质子移动量来决定，反应生成
15 水量 R 是由发电条件（电流密度）来决定，因此排出气体中的水分量的增减是由逆扩散水量 Q 来决定。

另外，逆扩散水量 Q 是由式（6）决定。

$$Q = R_m \cdot \Delta P \cdots \cdots (6)$$

[式（6）中， R_m 表示电解质膜中的水的移动阻力， ΔP 表示电解质膜
20 受到的压力差。]

因此，逆扩散水量 Q 是由电解质膜的阴极侧受到的水压和阳极侧受到的水压之差 ΔP 决定。

决定 ΔP 的因素为，阳极侧和阴极侧的气体扩散层的耐水压的平衡。
气体扩散层的耐水压 E ，通过弯月面（meniscus）的压力差，由式（7）决
25 定。

$$E = (2 \gamma \cos \theta) / r \cdots \cdots (7)$$

[式（7）中， γ 表示表面张力， θ 表示接触角， r 表示细孔直径。]

因此，通过气体扩散层的基材的细孔直径 r 、基材中的疏水剂的含量、
及基材上构成的覆盖层中的疏水剂的含量，对接触角 θ 进行控制，能够决
30 定气体扩散层的耐水压 E 。设阳极气体扩散层和电解质膜之间的水压为 E_a 、

阴极气体扩散层和电解质膜之间的水压为 E_c 。

按这些水压差 ($E_c - E_a$) 满足以下的式 (3) 的方式, 来决定本实施方式 1 的燃料电池的电解质膜 11 的厚度、阴极气体扩散层 12 及阳极气体扩散层 13 中的细孔直径及疏水剂的含量。

5 $-0.50\text{kPa} \leq (E_c - E_a) \leq 1.00\text{kPa} \cdots \cdots (3)$

【实施例】

以下, 将上述构成的本实施方式 1 的燃料电池用实施例具体地进行说明。另外, 本发明并不限于以下的实施例。

(实施例 1)

10 图 3 (a) 是实施例 1 中使用的导电性隔板的气体供给沟槽的相对于气体流通方向的正剖面图。在图 3(a) 中, 气体供给沟槽的深度 a 为 1.0mm, 气体供给沟槽的底边的宽度 b_1 为 1.0mm, 气体供给沟槽的最上边的宽度 b_2 为 1.0mm, 堤宽度 c 为 1.0mm。

另外, 实施例 1 中使用的 MEA 的电解质膜 11 使用了 Japan Gore-Tex 株式会社制造的 Gore Select II 膜 (厚度 30 微米)。

另外, 实施例 1 中使用的 MEA 的气体扩散层如下地进行制作。

20 阳极气体扩散层 13, 是以细孔的 80% 以上的直径为 $20\mu\text{m} \sim 70\mu\text{m}$ 的日本碳 (株) 生产的碳织布 (GF-20-E) 作为基材, 并在加入了表面活性剂的纯水中使 PTFE 分散获得的 PTFE 分散液之中, 使碳织布浸渍后, 使之通过远红外线干燥炉, 用 300°C 烧成 60 分钟。此时的基材中的疏水性树脂量 (PTFE) 为 $1.0\text{mg}/\text{cm}^2$ 。然后, 制作覆盖层用的涂料。在将纯水和表面活性剂混合的溶液中, 加入炭黑, 用行星式混合机分散 3 小时。在此溶液中加入 PTFE 和水, 再进行 3 小时混合。

在本实施例 1 中使用的界面活性剂, 是以 TritonX-100 的名称销售的。
25 将这样调制出的覆盖层用涂料, 在完毕所述疏水处理的碳织布的一面上, 使用涂抹装置进行涂抹。将形成了覆盖层的碳织布用热风干燥机以 300°C 烧成 2 小时。这样形成的阳极气体扩散层的覆盖层中的疏水性树脂量 (PTFE) 为 $0.8\text{mg}/\text{cm}^2$ 。

另外, 阴极气体扩散层 12, 除了使覆盖层中的疏水性树脂量 (PTFE) 设定为 $0.4\text{mg}/\text{cm}^2$ 以外, 使用与阳极侧相同的物质形成。
30

用上述导电性隔板及 MEA 制作与实施方式 1 相同的燃料电池。

将实施例 1 的燃料电池保持在 70℃，并进行加温使阳极侧露点为 70℃、阴极侧露点为 70℃，供给加湿过的氢气比率 80%的重整气体及空气，使燃料气体利用率 U_f 为 75%、氧化剂气体利用率 U_o 为 40%、电流密度为 $0.2A/cm^2$ ，运转 24 小时。这时，使从阳极侧及阴极侧出口排出的含液滴的气体通过用冰水冷却过的收集 (trap) 管中，对排出气体中的阳极侧水分排出量 Y_a 、阴极侧水分排出量 Y_c 进行测定。此外，对供给气体中的阳极侧水分供给量 X_a 、阴极侧水分供给量 X_c ，预先在电池试验前，用与排出气体中的水分排出量同样的方法进行测定。

由此，将根据式 (8) 算出的逆流出水率 Z 的结果示于表 1 中。

$$Z = (Y_a - X_a) / ((Y_a - X_a) + (Y_c - X_c)) \cdots \cdots (8)$$

实施例一览

	供给燃料气体中水分量: Xa(g/h/电池)	供给氧化剂气体中水分量: Xc(g/h/电池)	排出燃料气体中水分量: Ya(g/h/电池)	排出氧化剂气体中水分量: Yc(g/h/电池)	逆流出水率: Z	压差: Ec-Ea (kPa)	电解质	阳极气体扩散层			阴极气体扩展层			隔板形状/mm			
								基材	基材中PTFE量 ₂ (mg/cm ²)	覆盖层中PTFE量 ₂ (mg/cm ²)	基材	基材中PTFE量 ₂ (mg/cm ²)	覆盖层中PTFE量 ₂ (mg/cm ²)	a(深度)	b1(底边宽)	b2(上边宽)	c(堤宽)
实施例 1	7.14	25.68	8.59	33.91	0.150	1.00	30	织布	1.0	0.8	织布	1.0	0.4	1.0	1.0	1.0	1.0
实施例 2	7.14	25.68	8.40	34.10	0.130	0.81	30	织布	1.0	0.8	织布	1.5	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0
实施例 3	7.14	25.68	7.62	34.88	0.050	0.32	30	无纺布	1.0	0.8	织布	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0
实施例 4	7.14	25.68	6.46	36.04	-0.070	-0.50	46	织布	1.0	0.8	织布	1.0	0.4	1.0	1.0	1.0	1.0
实施例 5	7.14	25.68	7.58	34.92	0.045	0.24	30	无纺布	1.0	0.8	织布	1.0	0.8	1.0	0.8	1.2	0.8
比较例 1	7.14	25.68	9.38	33.12	0.231	1.62	30	织布	1.0	0.4	织布	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0
比较例 2	7.14	25.68	8.79	33.71	0.170	1.15	30	织布	1.5	0.8	织布	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0
比较例 3	7.14	25.68	10.34	32.16	0.331	3.01	30	织布	1.0	0.8	织布	1.0	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0
比较例 4	7.14	25.68	6.27	36.23	-0.090	-0.60	46	无纺布	1.0	0.8	织布	1.0	0.4	1.0	1.0	1.0	1.0
比较例 5	7.14	25.68	9.03	33.47	0.195	1.26	30	无纺布	1.0	0.8	织布	1.0	0.8	1.5	0.8	1.2	0.8
比较例 6	7.14	25.68	9.08	33.42	0.200	1.30	30	无纺布	1.0	0.8	织布	1.0	0.8	1.0	1.3	1.0	1.0
比较例 7	7.14	25.68	8.91	33.59	0.183	1.18	30	无纺布	1.0	0.8	织布	1.0	0.8	0.8	0.8	0.8	1.2

还有, 根据从阴极侧向阳极侧的水的移动量, 求得施加在氢离子传导性电解质膜和阴极气体扩散层之间的水压 E_c 及施加在氢离子传导性电解质膜和阳极气体扩散层之间的水压 E_a 的压差 ($E_c - E_a$), 并将结果表示在(表 1) 中。

- 5 随后, 进行阴极侧氧化剂气体利用率 (U_o) 变动试验。令 U_o 依次上升到 20%、30%、40%、50%、60%及 70%来运转, 比较电压的稳定性。使在各 U_o 中的运转时间都为 3 小时。将其结果表示在图 4 中。

(比较例 1)

- 10 除使阳极气体扩散层 13 的覆盖层中疏水性树脂量 (PTFE) 为 $0.4\text{mg}/\text{cm}^2$; 使阴极气体扩散层 12 的覆盖层中疏水性树脂量 (PTFE) 为 $0.8\text{mg}/\text{cm}^2$ 以外, 制作与实施例 1 相同的构成的燃料电池, 并进行与实施例 1 同样的电池试验。将其结果表示在表 1 及图 4 中。

- 15 从图 4 可知, 比较例 1 的电池若 U_o 达到 70%以上, 各单电池的平均电压变得不稳定, 可以认定是由水淹现象引起的。另一方面, 实施例 1 的电池, U_o 即使在 70%, 与比较例 1 比较起来也显示出优异的电压稳定性。

另外, 在实施例 1 中, 由于阳极气体扩散层的覆盖层中疏水性树脂量与阴极侧比较起来较多, 所以就耐水压而言, 阴极气体扩散层一方较小; 比较例 1 由于是相反的构成, 所以就耐水压而言, 阳极气体扩散层一方较小。

- 20 由此, 可以确认通过使阴极气体扩散层的耐水压小于阳极气体扩散层的耐水压, 在抑制水淹现象的方面上得到了显著的效果。

(实施例 2)

- 25 除了使阳极气体扩散层 13 基材中疏水性树脂量 (PTFE) 为 $1.0\text{mg}/\text{cm}^2$ 、覆盖层中疏水性树脂量 (PTFE) 为 $0.8\text{mg}/\text{cm}^2$; 使阴极气体扩散层 12 基材中疏水性树脂量 (PTFE) 为 $1.5\text{mg}/\text{cm}^2$ 、覆盖层中疏水性树脂量 (PTFE) 为 $0.8\text{mg}/\text{cm}^2$ 以外, 制作与实施例 1 相同的构成的燃料电池, 并进行与实施例 1 相同的电池试验。将其结果, 表示在表 1、及图 5 中。

(比较例 2)

- 30 除了使阳极气体扩散层 13 的基材中疏水性树脂量 (PTFE) 为 $1.5\text{mg}/\text{cm}^2$; 使阴极气体扩散层 12 的基材中疏水性树脂量 (PTFE) 为

1.0mg/cm² 以外，制作与实施例 2 相同的构成的燃料电池，并进行与实施例 1 同样的电池试验。将其结果表示在表 1、及图 5 中。

从图 5 可知，比较例 2 的电池若 U_o 达到 70% 以上，各个单电池的平均电压变得不稳定，可以认定是由水淹现象引起的。另一方面，实施例 2 的电池，U_o 即使在 70%，与比较例 2 比较起来也显示出优异的电压稳定性。

此外，在实施例 2 中，由于阴极气体扩散层的基材中疏水性树脂量与阳极侧比较起来较多，提高了排水性，所以就耐水压而言，阴极气体扩散层一方较小；比较例 2 由于是相反的构成，所以就耐水压而言，阳极气体扩散层一方较小。

由此，可以确认由于使阴极气体扩散层的耐水压小于阳极气体扩散层的耐水压，所以在抑制水淹现象方面上得到了显著的效果。

（实施例 3）

除了阳极气体扩散层 13，使用以细孔的 80% 以上的直径为 14 μm~29 μm 的東レ（株）制造的碳无纺布（TGPH060）作为基材，基材中疏水性树脂量（PTFE）为 1.0mg/cm²、覆盖层中疏水性树脂量（PTFE）为 0.8mg/cm² 的材料；阴极气体扩散层 12，使用与实施例 1 相同的碳织布作为基材，基材中疏水性树脂量（PTFE）为 1.0mg/cm²、覆盖层中疏水性树脂量（PTFE）为 0.8mg/cm² 的材料以外，制作与实施例 1 相同的构成的燃料电池，并进行与实施例 1 同样的电池试验。将其结果表示在表 1、及图 6 中。

（比较例 3）

除了阳极气体扩散层 13 使用与实施例 1 相同的材料以外，制作与实施例 3 相同的构成的燃料电池，并进行与实施例 1 同样的电池试验。将其结果表示在表 1、及图 6 中。

从图 6 可知，比较例 3 的电池若 U_o 达到 70% 以上，各个单电池的平均电压变得不稳定，可知发生了水淹现象。另一方面，实施例 3 的电池，U_o 即使在 70%，与比较例 3 比较起来也显示出优异的电压稳定性。

此外，在实施例 3 中，由于阴极气体扩散层的基材的细孔直径与阳极侧比较起来较大，所以根据式（7），就耐水压而言，阴极气体扩散层一方较小；比较例 3 由于阳极侧和阴极侧的气体扩散层为相同的构成，所以耐

水压没有差别。

由此,可以确认由于使阴极气体扩散层的耐水压小于阳极气体扩散层的耐水压,所以在抑制水淹现象方面上得到了显著的效果。

(实施例 4)

5 除了使用杜邦公司生产的 Nafion 膜(厚度为 $46\mu\text{m}$)作为电解质膜 11 之外,制作与实施例 1 相同的构成的燃料电池,并进行与实施例 1 相同的电池试验。将其结果表示在表 1、及图 7 中。

(比较例 4)

10 除了阳极气体扩散层 13,使用以实施例 3 中使用的碳无纺布为基材,基材中疏水性树脂量(PTFE)为 $1.0\text{mg}/\text{cm}^2$ 、覆盖层中疏水性树脂量(PTFE)为 $0.8\text{mg}/\text{cm}^2$ 的材料以外,制作与实施例 4 相同的构成的燃料电池,并进行与实施例 4 同样的电池试验。将其结果表示在表 1、及图 7 中。

从图 7 可知,比较例 4 的电池若 U_o 达到 60%以上,各个单电池的平均电压变得不稳定,可知发生了水淹现象。另一方面,实施例 4 的电池,15 U_o 即使在 70%,与比较例 4 比较起来也显示出优异的电压稳定性。

另外,在实施例 4 中,由于电解质膜与实施例 1 相比较变厚了,更加抑制了逆流出水,比较例 4 还在阳极侧气体扩散层使用了耐水压较大的无纺布,所以与实施例 4 相比较更进一步抑制了逆流出水。

根据以上,可以确认由于对电解质膜厚度进行调整而产生的显著的水淹现象抑制效果。20

此外,逆流出水率 Z 表示为负值,是表示“质子同伴水 $P>$ 扩散水量 Q ”的关系。这是由于与实施例 1 相比较,本实施例 4 中质子高分子电解质膜 11 的膜厚度变厚为 $30\mu\text{m}$ 到 $46\mu\text{m}$,因此逆扩散水量 Q 减少的缘故。

(实施例 5)

25 图 3(b)是实施例 5 中使用的导电性隔板的气体供给沟槽的相对于气体流通方向的正剖面图。在图 3(b)中,气体供给沟槽的深度 a 为 1.0mm ,气体供给沟槽的底边的宽度 b_1 为 0.8mm ,气体供给沟槽的最上边的宽度 b_2 为 1.2mm ,堤宽 c 为 0.8mm 。除此隔板以外,制作与实施例 3 相同的构成的燃料电池,并进行与实施例 1 同样的电池试验。将其结果表示在表 1、30 及图 8 中。

(比较例 5)

图 3(c) 是比较例 5 中使用的导电性隔板的气体供给沟槽的相对于气体流通方向的正交剖面图。在图 3(c) 中, 气体供给沟槽的深度 a 为 1.5mm, 气体供给沟的底边的宽度 b_1 为 0.8mm, 气体供给沟的最上边的宽度 b_2 为 1.2mm, 堤宽 c 为 0.8mm, 除此以外, 制作与实施例 5 相同的构成的燃料电池, 并进行与实施例 1 同样的电池试验。将其结果表示在表 1、及图 8 中。

(比较例 6)

图 3(d) 是比较例 6 中使用的导电性隔板的气体供给沟槽的相对于气体流通方向的正交剖面图。在图 3(d) 中, 气体供给沟槽的深度 a 为 1.0mm, 气体供给沟槽的底边的宽度 b_1 为 1.3mm, 气体供给沟槽的最上边的宽度 b_2 为 1.0mm, 堤宽 c 为 1.0mm, 除此以外, 制作与实施例 5 相同的构成的燃料电池, 并进行与实施例 1 同样的电池试验。将其结果表示在表 1、及图 8 中。

(比较例 7)

图 3(e) 是比较例 7 中使用的导电性隔板的气体供给沟槽的相对于气体流通方向的正交剖面图。在图 3(e) 中, 气体供给沟槽的深度 a 为 0.8mm, 气体供给沟槽的底边的宽度 b_1 为 0.8mm, 气体供给沟的最上边的宽度 b_2 为 0.8mm, 堤宽 c 为 1.3mm, 除此以外, 制作与实施例 5 相同的构成的燃料电池, 并进行与实施例 1 同样的电池试验。将其结果表示在表 1、及图 8 中。

从图 8 可知, 比较例 5 的电池若 U_o 达到 70% 以上, 比较例 6 的电池若 U_o 达到 60% 以上, 比较例 7 的电池若 U_o 达到 70% 以上, 各单电池的平均电压分别变得不稳定, 可知发生了水淹现象。另一方面, 实施例 3 和实施例 5 的电池, U_o 即使在 70% 与比较例 5~7 比较起来也显示出优异的电压稳定性。

这里, 各实施例及比较例中的导电性隔板的气体供给沟槽的深度 a 、底边的宽度 b_1 、最上边的宽度 b_2 、堤宽度 c , 具有以下关系。

实施例 3 中, $a=b_2$ 、 $b_1=b_2$ 、 $c=b_2$

实施例 5 中, $a<b_2$ 、 $b_1<b_2$ 、 $c<b_2$

比较例 5 中, $a > b_2$ 、 $b_1 < b_2$ 、 $c < b_2$

比较例 6 中, $a = b_2$ 、 $b_1 > b_2$ 、 $c = b_2$

比较例 7 中, $a < b_2$ 、 $b_1 < b_2$ 、 $c > b_2$

此外, 在实施例 3、5 及比较例 5~7 中, 由于使用碳织布作为阴极气体扩散层 12 的基材, 使用碳无纺布作为阳极气体扩散层 13 的基材, 因此就耐水压而言, 阴极气体侧一方较小。

因此, 可以确认: 通过使用满足式 (2) 的条件的形状的气体供给沟槽, 并且使阴极气体扩散层的耐水压小于阳极气体扩散层的耐水压, 获得了显著的水淹现象抑制效果。

10 $a \leq b_2$ 并且 $b_1 \leq b_2$ 并且 $c \leq b_2 \dots\dots (2)$

另外, 比较实施例 3 和实施例 5, 可以得知实施例 5 的稳定性更好。从这来看, 可以得知式 (2) 表示了使电压稳定性更加显著的条件。

如以上说明, 从上述实施例 1~5、比较例 1~7、及图 4~图 8 来看,, 通过对阳极气体扩散层及阴极气体扩散层中的细孔直径及疏水剂的含量之中的至少一方、电解质膜的膜厚、及隔板的气体流路沟槽的形状进行调整, 以使逆流出水率 Z 满足式 (1) 或者施加在电解质膜上的压差满足式 (3), 可以在抑制水淹现象方面上得到显著的效果。

$$-0.07 \leq (Y_a - X_a) / ((Y_a - X_a) + (Y_c - X_c)) \leq 0.15 \dots\dots (1)$$

$$-0.50 \text{ kPa} \leq (E_c - E_a) \leq 1.00 \text{ kPa} \dots\dots (3)$$

20 图 9 是本发明中的燃料电池系统的构成图。图中, 30 为上述的燃料电池。向此燃料电池 30, 燃料气体供给装置 31 供给燃料气体, 氧化剂气体供给装置 32 供给氧化剂气体。燃料气体及氧化剂气体, 分别通过加湿装置 33、34 被加湿。此外, 35、36 为燃料气体的排气阀门、氧化剂气体的排气阀门。

25 通过此加湿装置 33、34, 燃料气体和/或氧化剂气体被加湿, 使满足所述式 (3)。

通过此加湿装置 33、34, 燃料气体和/或氧化剂气体被加湿, 使满足所述式 (1)。

30 另外, 本发明并不限定于各实施例中记载的气体供给沟槽的深度、底边的宽度、最上边的宽度、堤宽度、气体扩散层基材、及电解质膜厚度等,

可以从发明的主旨出发使用能够简单置换的各种气体扩散基材材料及电解质膜材料。

还有，虽然各实施例涉及的是高分子电解质型燃料电池，但本发明适用于在电池发电时通过电化学反应在阴极一侧作为反应产物生成水的所有燃料电池，及控制燃料电池的系统的情况下，都能取得显著的效果。

本发明的燃料电池，更好地抑制水淹现象，并具有实现稳定的输出电压的效果，即使低输出运转及供给的气体的流速较低时，也具有优异的输出电压的稳定性，因此作为家庭用热电联合系统、摩托车、电动汽车、混合电动汽车等中使用的燃料电池十分有用。

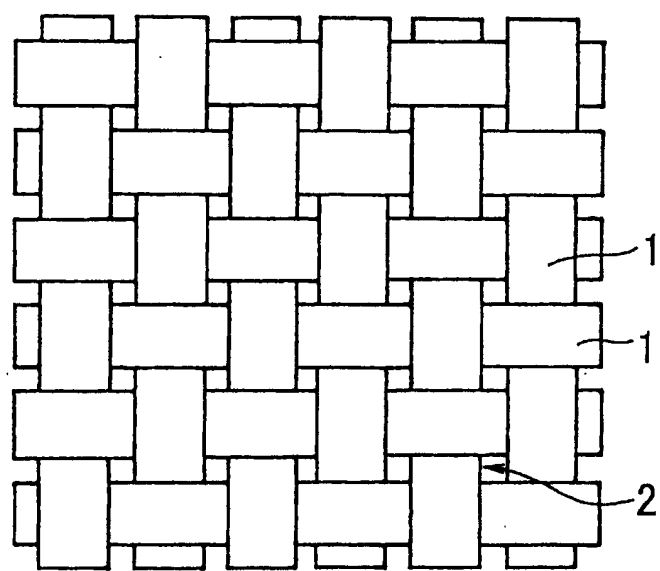


图 1

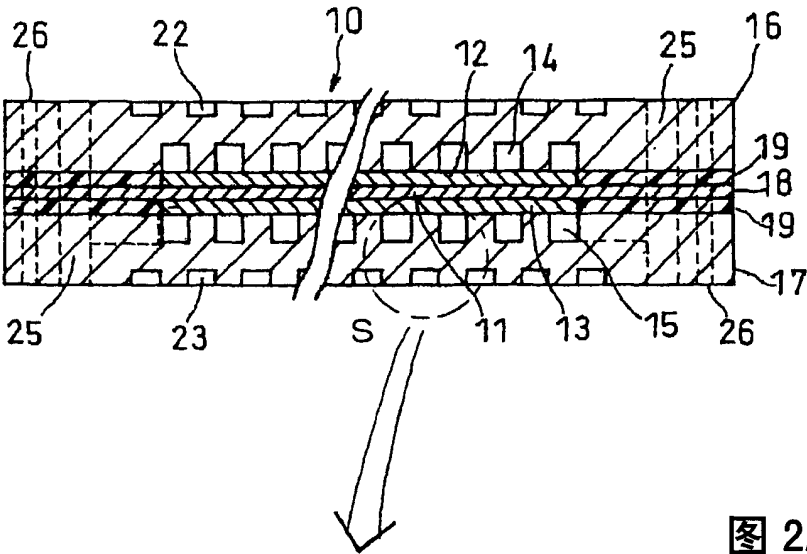


图 2A

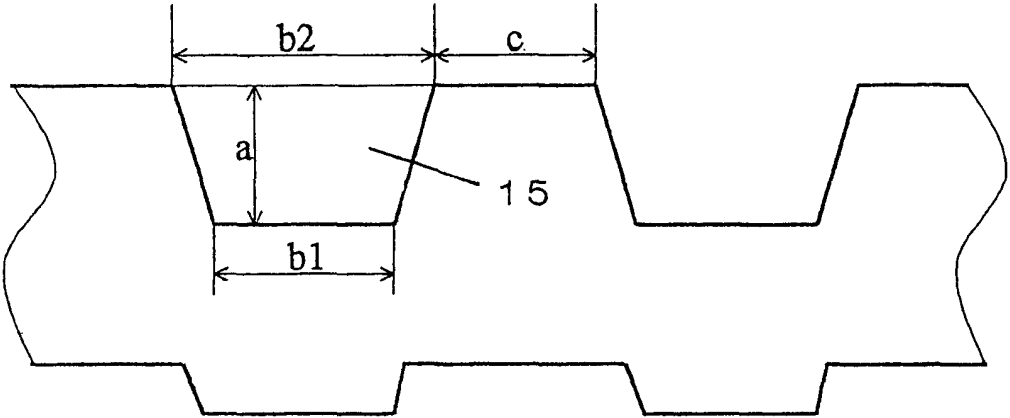


图 2B

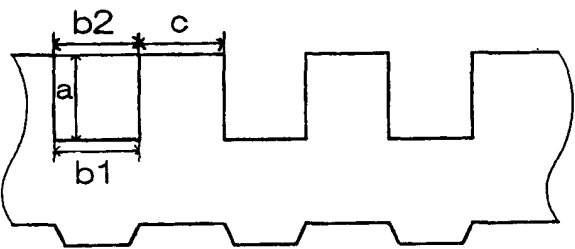


图 3A

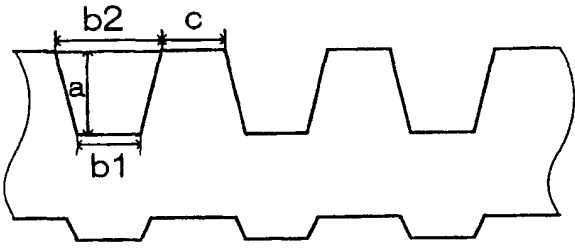


图 3B

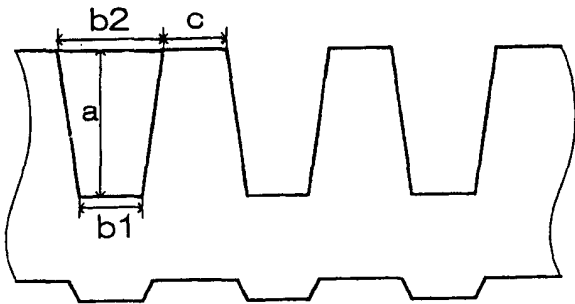


图 3C

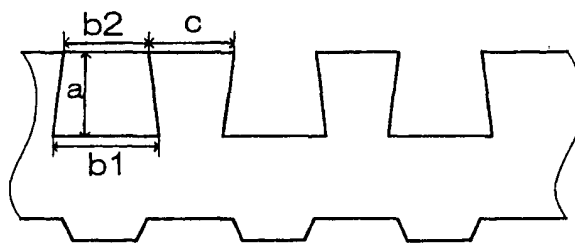


图 3D

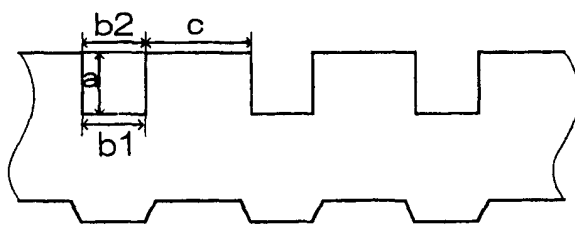


图 3E

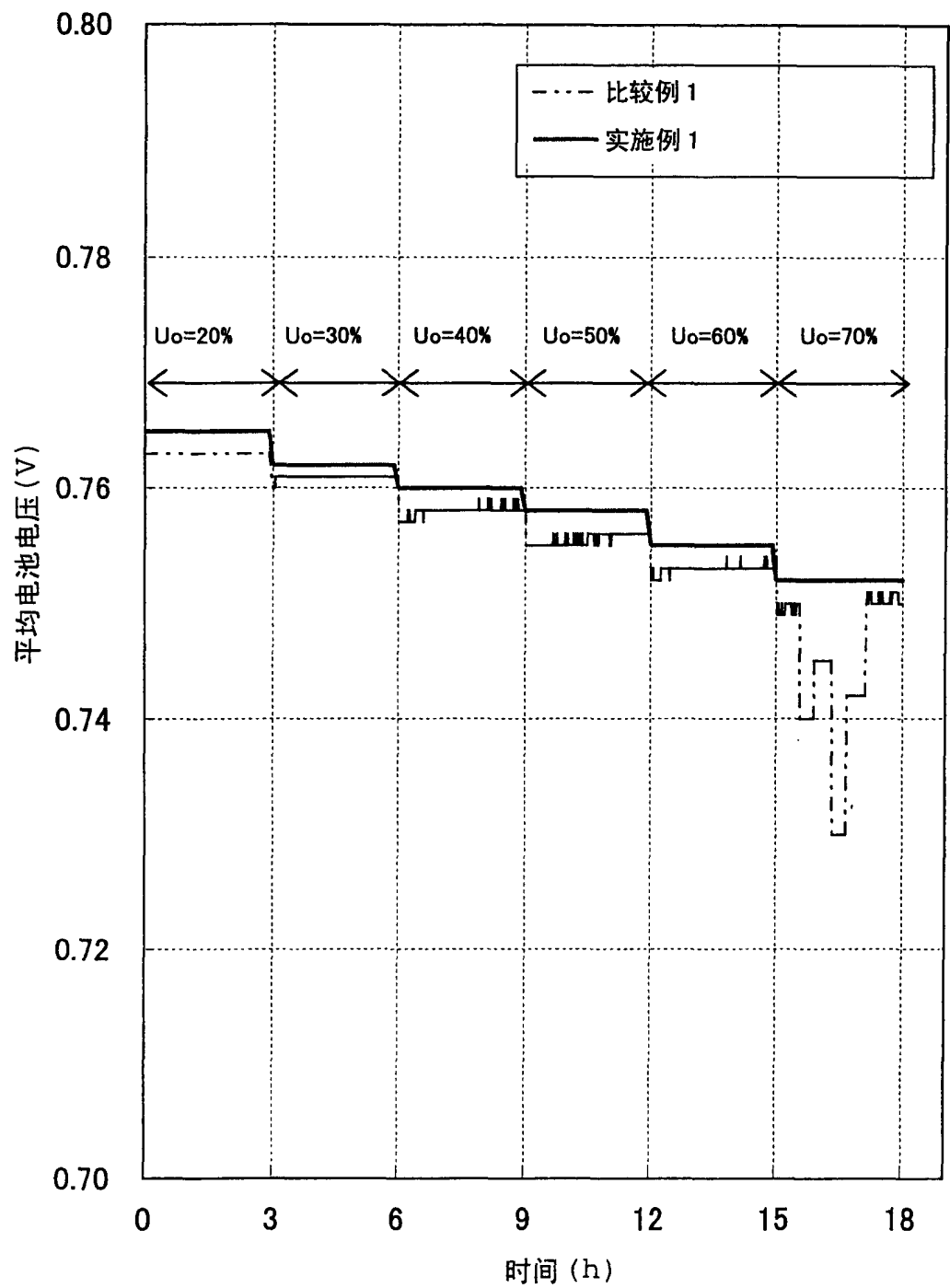


图 4

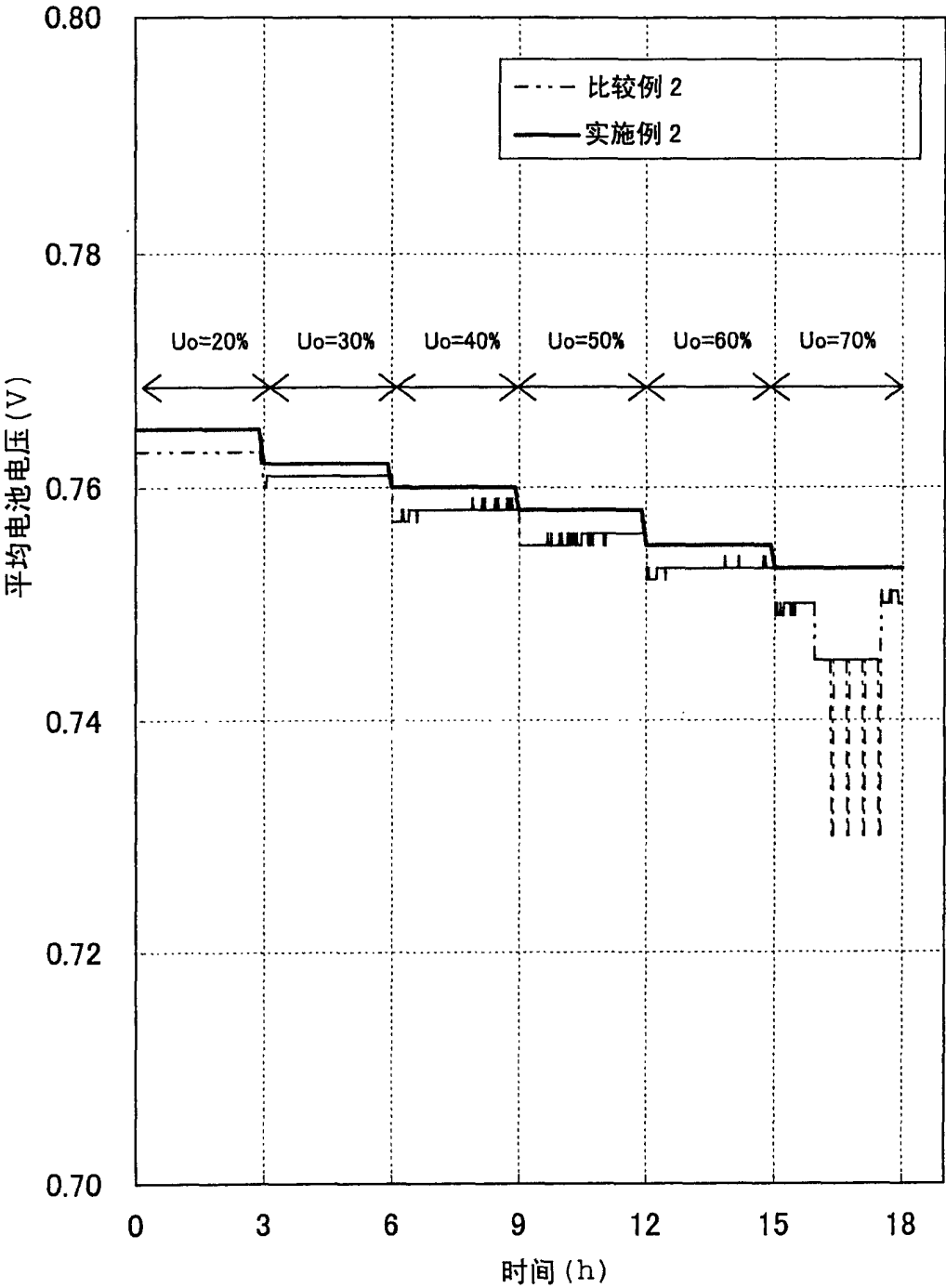


图 5

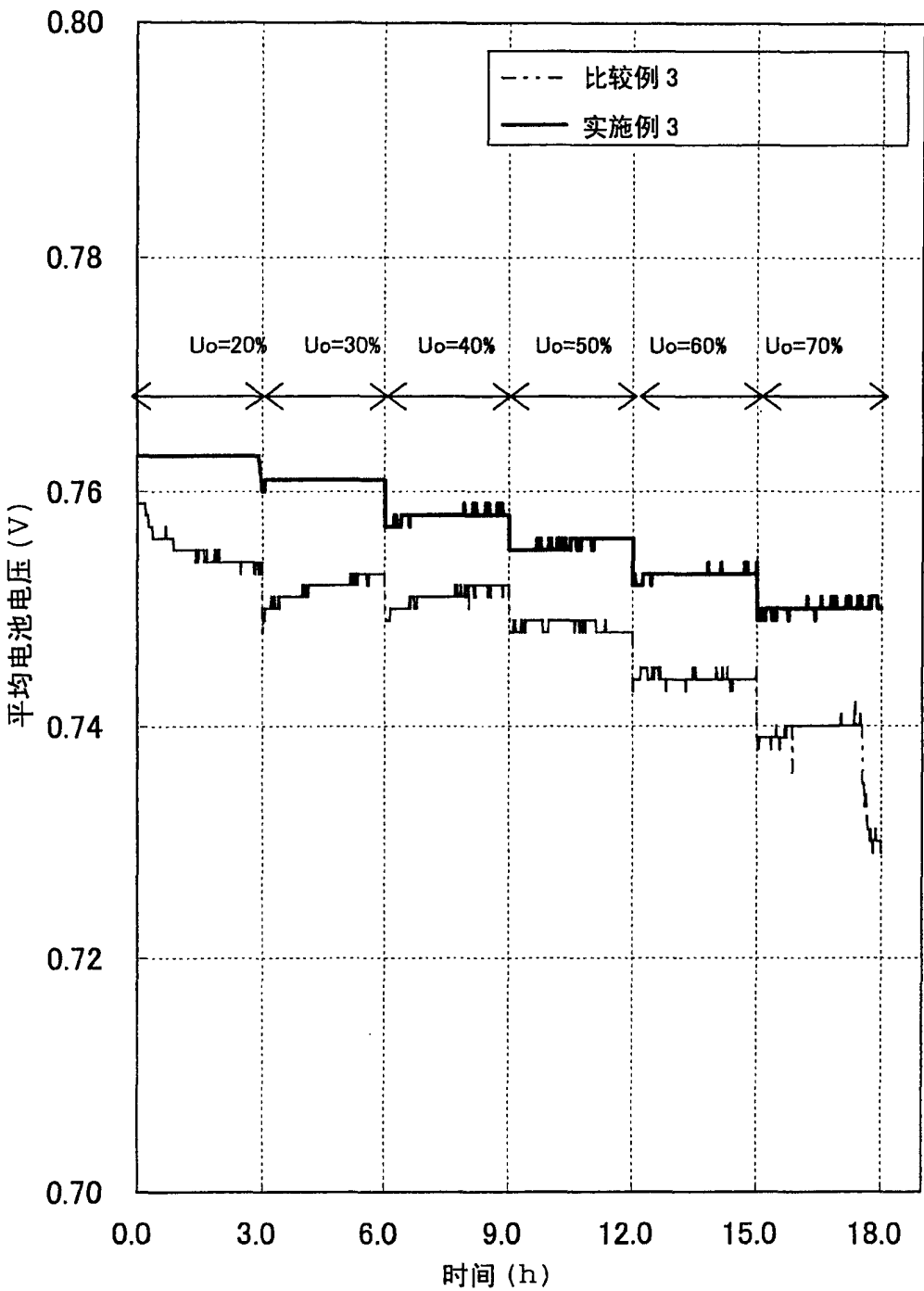


图 6

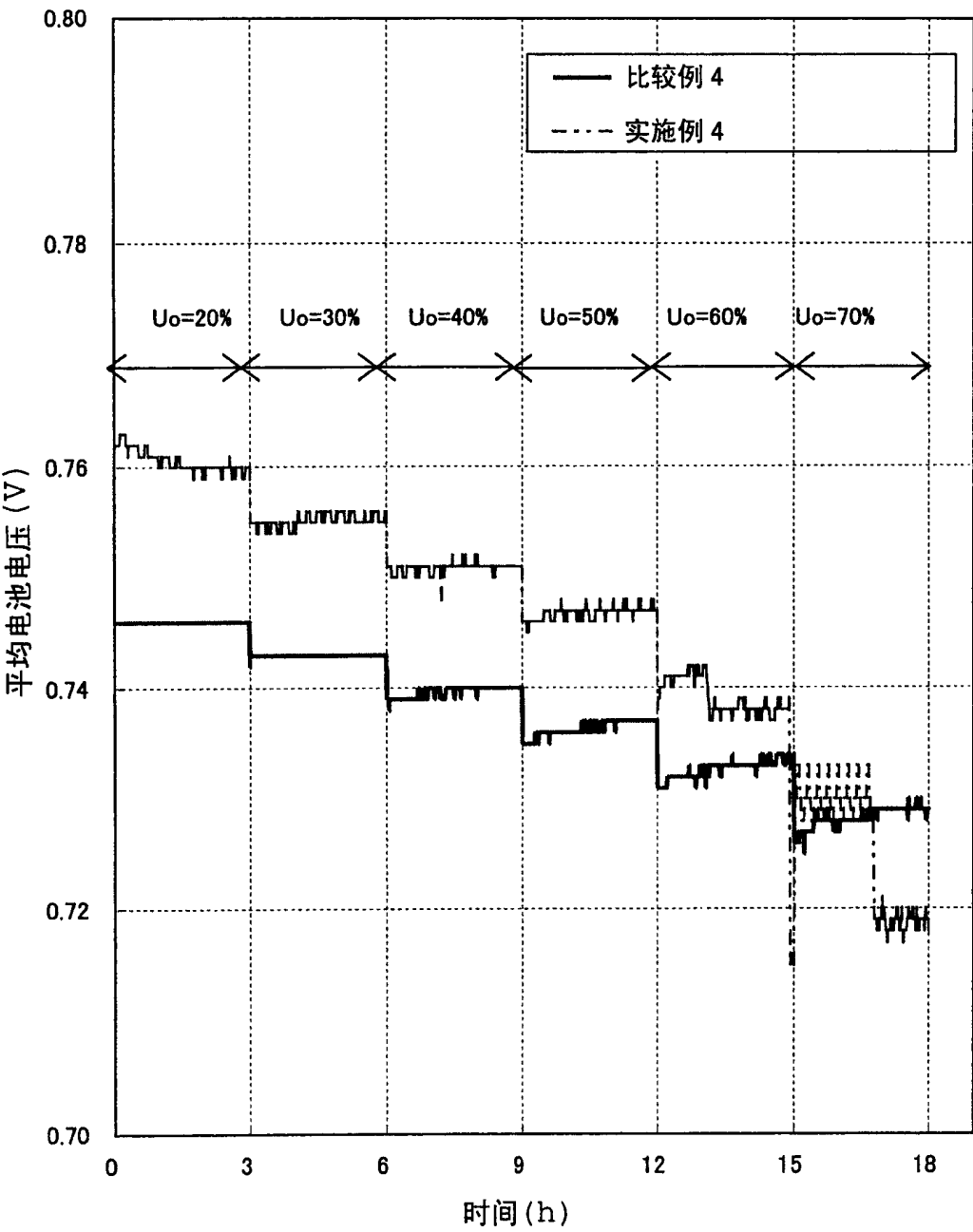


图 7

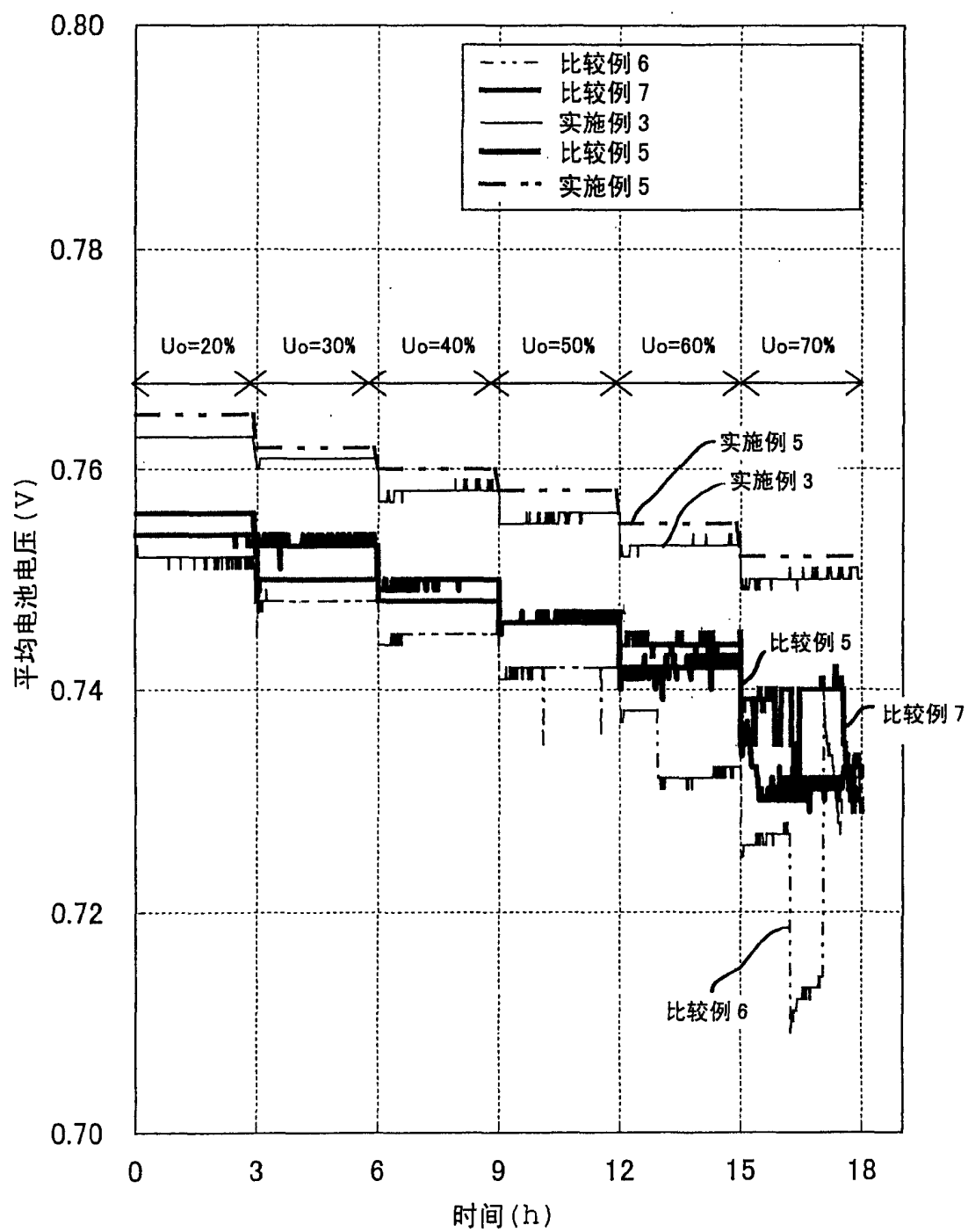


图 8

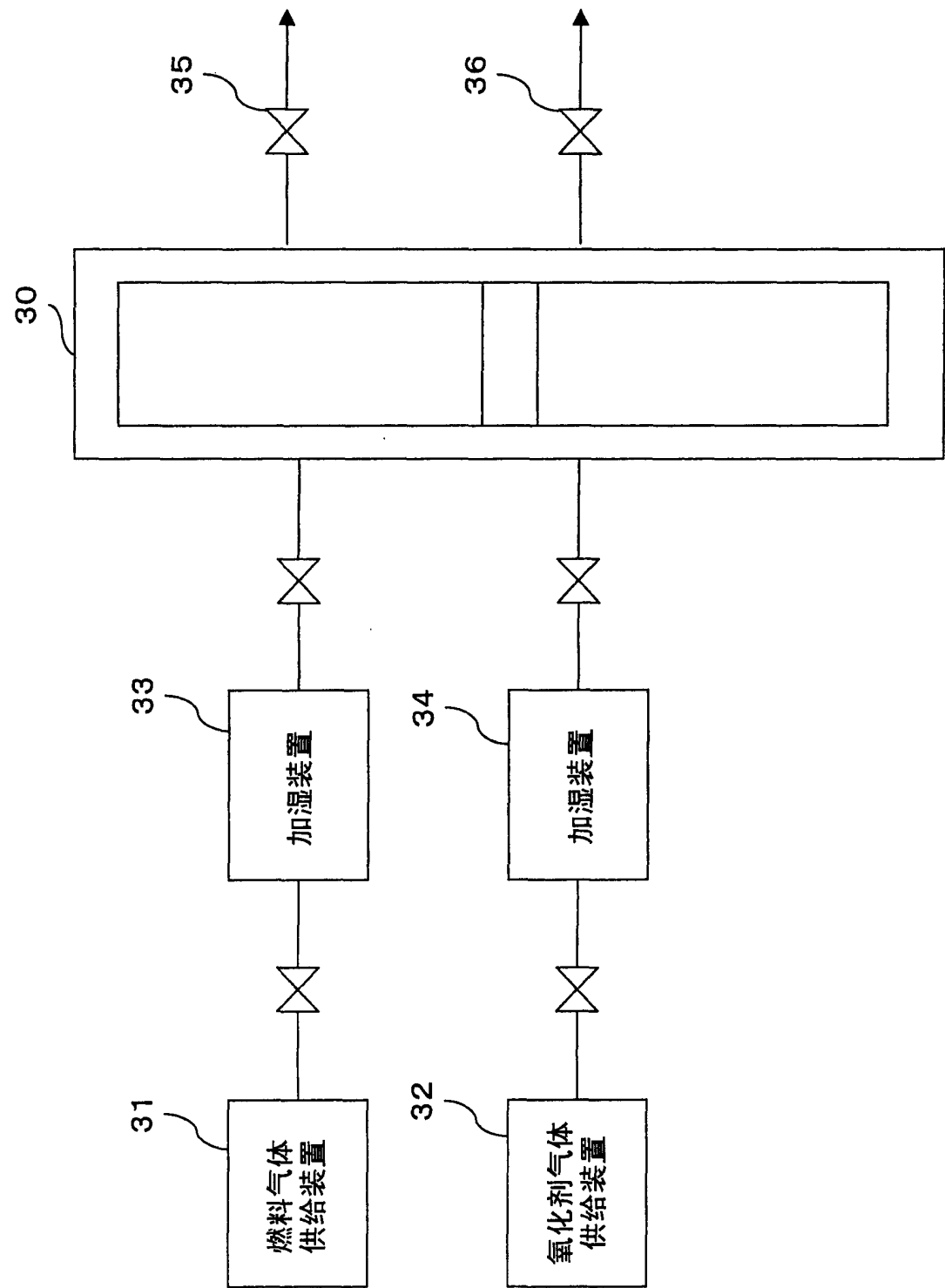


图 9