

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 7 月 2 日 (02.07.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/135644 A1

(51) 国际专利分类号:
H01M 8/0444 (2016.01) **H01M 8/04992** (2016.01)
H01M 8/04537 (2016.01) **G01N 1/26** (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/128921

(22) 国际申请日: 2019 年 12 月 27 日 (27.12.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201811641141.6 2018 年 12 月 29 日 (29.12.2018) CN
201811646079.X 2018 年 12 月 29 日 (29.12.2018) CN
201811641176.X 2018 年 12 月 29 日 (29.12.2018) CN

(71) 申请人: 清华大学(TSINGHUA UNIVERSITY) [CN/
CN]; 中国北京市海淀区清华园 1 号,
Beijing 100084 (CN)。

(72) 发明人: 李建秋(LI, Jianqiu); 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 100084 (CN)。 王清(WANG, Qing); 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 100084 (CN)。 徐梁飞(XU, Liangfei); 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 100084 (CN)。 方川(FANG, Chuan); 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 100084 (CN)。 胡尊严(HU, Zunyan); 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 100084 (CN)。 江宏亮(JIANG, Hongliang); 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 100084 (CN)。 欧阳明高(OUYANG, Minggao); 中国北京市海淀区清华园 1 号, Beijing 100084 (CN)。

(74) 代理人: 北京华进京联知识产权代理有限公司
(ACIP LAW OFFICES); 中国北京市海淀区知春路
7 号致真大厦 A1403, Beijing 100191 (CN)。

(54) Title: GAS SAMPLING SYSTEM AND SAMPLING METHOD FOR FUEL CELL, CURRENT DENSITY DISTRIBUTION ESTIMATION METHOD FOR FUEL CELL, AND CALIBRATION METHOD FOR INTERNAL FUEL CELL STATE MODEL

(54) 发明名称: 燃料电池气体采样系统及采样方法、燃料电池电流密度分布估计方法以及燃料电池内部状态模型的标定方法

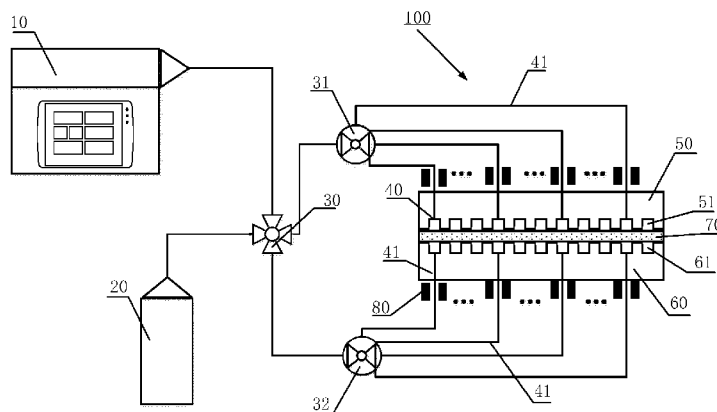


图 2

(57) Abstract: The present disclosure relates to the technical field of fuel cells, and particularly relates to a gas sampling system and a sampling method for a fuel cell, a current density distribution estimation method for a fuel cell, a calibration method for an internal fuel cell state model, a device, and a computer apparatus. The gas sampling method for a fuel cell comprises: setting multiple sampling points in flow channels of an anode plate and a cathode plate of the fuel cell to acquire a gas sample of each point; and analyzing the content and concentration of a gas to promote acquisition of a safe and reliable operation condition of the fuel cell, thereby maintaining operational safety and the service life of the fuel cell, while also ensuring a utilization rate thereof. In the current density distribution estimation method for a fuel cell, current densities of different regions are calculated by using a sampling result of multiple points without providing any additional sensors or sensing gaskets, thereby obtaining a current density distribution map of the fuel cell. The calibration method for an internal fuel cell state model enables construction of an internal fuel cell state model despite non-uniformity of individual cells in a large-area fuel cell assembly, and calibrates quantities to be calibrated in the constructed model. The calibrated

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

fuel cell model is highly accurate, practical, and valuable for research on non-uniformity within one single flow channel and differences between different flow channels in individual cells of a large-area fuel cell assembly having multiple flow channels.

(57) 摘要: 本公开涉及燃料电池技术领域, 特别涉及一种燃料电池气体采样系统及采样方法、燃料电池电流密度分布估计方法以及燃料电池内部状态模型的标定方法、装置和计算机设备。所述燃料电池气体采样方法通过在燃料电池的阳极板和阴极板的流道中设置多个所述采样点可以获取各点的采样气体, 分析气体的含量及浓度可以帮助燃料电池获得更安全可靠的工作条件, 有利于保证燃料电池的工作安全和工作寿命, 保证燃料电池的利用率。所述燃料电池电流密度分布估计方法, 在不设置其他传感器或者传感垫片的条件下, 通过多点采样的结果计算不同区域的电流密度, 从而获得燃料电池单体的电流密度分布图。所述燃料电池内部状态模型的标定方法可以针对大面积燃料电池单体的不均一性可以建立燃料电池内部状态模型, 然后对建立模型中的待标定量进行标定。标定后的所述燃料电池模型的准确度更高, 对于研究大面积多流道燃料电池单体内单个流道内部的不均一性以及不同流道间的差异性具有一定的意义和价值。

燃料电池气体采样系统及采样方法、燃料电池电流密度分布估计方法以及燃料电池内部状态模型的标定方法

相关申请

本公开要求 2018 年 12 月 29 日申请的，申请号为 201811646079.X，名称为“燃料电池气体采样系统及采样方法”、2018 年 12 月 29 日申请的，申请号为 201811641176.X，名称为“燃料电池电流密度分布估计方法、装置及计算机存储介质”和 2018 年 12 月 29 日申请的，申请号为 201811641141.6，名称为“燃料电池内部状态模型的标定方法、装置和计算机设备”的中国专利申请的优先权，在此将其全文引入作为参考。

技术领域

本公开涉及燃料电池技术领域，特别是涉及一种燃料电池气体采样系统及采样方法、燃料电池电流密度分布估计方法以及燃料电池内部状态模型的标定方法。

背景技术

燃料电池是一种电化学发电设备，其原理是：燃料(例如氢)和氧化剂(例如空气)通过膜电极发生电化学反应，产生电动势。质子交换膜燃料电池通常采用能够传递质子的聚合物膜作为电解质，反应过程中，质子通过膜从阳极传递到阴极，电子通过外接负载从阳极传递到阴极。燃料电池内部的气体浓度对于燃料电池的性能评价具有很重要的意义。因此，燃料电池系统内部气体采样的系统和方法变得十分重要。

目前针对燃料电池大单片、或者说不同类型的燃料电池单片内部气体采样的方法不是很成熟。发明人所了解的方案只是针对单流道的燃料电池小单片，采用单一的采样口实现采样。发明人所了解的方案并不能实现燃料电池内部多点气体的采样，无法监控到燃料电池内部不同位置的气体含量。

发明内容

为了实现燃料电池内部多点气体的采样，无法监控到燃料电池内部不同位置气体含量的问题，提供一种燃料电池气体采样系统及采样方法。

一种燃料电池气体采样方法，包括：

设置采样管路和多个采样点，所述多个采样点设置于燃料电池的阴极入口、阳极出口、阳极入口、阴极出口以及阳极流道和阴极流道中，其中，设置于所述阳极流道和所述阴极流道中的采样点伸入流道横截面的中心区域；所述采样管路与所述多个采样点分别连接，用于实现燃料电池内部气体的导出；

向所述阴极入口和所述阳极入口分别通入反应气体，并在燃料电池的阳极板和阴极板之间加入电子负载；

获取经所述采样管路导出的所述多个采样点的采集气体，以完成对燃料电池气体的采样。

一种燃料电池气体采样系统，包括：

阳极板，具有为气体流动提供通道的阳极流道；

膜电极，设置于所述阳极板具有所述阳极流道的一侧；

阴极板，设置于所述膜电极远离所述阳极板的一侧，所述阴极板具有为气体流动提供

通道的阴极流道；

多个采样点，设置于所述阳极流道和所述阴极流道，并且伸入流道横截面的中心区域；以及

采样管路，与所述多个采样点分别连接，用于实现燃料电池内部气体的导出。

本公开中提供的所述燃料电池气体采样方法，设置所述多个采样点分别获取燃料电池中不同位置的采样气体，以实现燃料电池内部多点气体的采样，实时监控到燃料电池内部不同位置气体含量。所述多个采样点伸入所述阳极流道和所述阴极流道横截面的中心区域，可以精确的获取流经流道的气体。通过在燃料电池的阳极板和阴极板的流道中设置多个所述采样点可以获取各点的采样气体，分析气体的含量及浓度可以帮助燃料电池获得更安全可靠的工作条件，有利于保证燃料电池的工作安全和工作寿命，保证燃料电池的效率。

为了解决燃料电池内部设置传感器或者测量垫片的方案设计难度大，设计成本高的问题，提供一种燃料电池电流密度分布估计方法、装置及计算机存储介质。

一种燃料电池电流密度分布估计方法，包括：

在燃料电池的阴极板定义多个区域，所述阴极板具有阴极流道，每个分区内沿所述阴极流道流向方向间隔设置多个采样点，每一个采样点均伸入流道横截面的中心区域；

分别计算所述多个区域中每一个区域内的氧气浓度变化量；

根据法拉第定律计算并得出一个区域的电流值，一个区域的所述电流值等于一个区域内氧气浓度的变化量与氧气的体积流量以及四倍法拉第常数的乘积，分别获得所述多个区域内的电流值；

根据所述多个区域内每个区域的电流值与区域面积之比，分别得出所述多个区域的电流密度，并根据所述多个区域以及所述多个区域的电流密度生成燃料电池的电流密度分布图。

一种燃料电池电流密度分布估计装置，所述装置包括：

采样气体获取模块，用于获取燃料电池的阴极板多个区域内沿阴极流道流向方向间隔设置多个采样点的采样气体信息；

氧气浓度运算模块，用于计算所述多个区域中每一个区域内的氧气浓度变化量；

区域电流运算模块，用于计算得出一个区域的电流值；以及

电流密度分布图生成模块，用于生成燃料电池中所述多个区域的电流密度分布图。

本公开涉及燃料电池技术领域，特别涉及一种燃料电池电流密度分布估计方法、装置及计算机存储介质。本公开中提供的所述燃料电池电流密度分布估计方法，在不设置其他传感器或者传感垫片的条件下，通过多点采样的结果计算不同区域的电流密度，从而获得燃料电池的电流密度分布。本公开的燃料电池电流密度分布估计方法，对现有的燃料电池的设计改进点较小，改进的成本较低，能够准确得出燃料电池的电流密度分布图。

为了解决发明人一般认为燃料电池的状态是一致性的，未考虑到燃料电池单体的差异性的问题，提供一种燃料电池内部状态模型的标定方法、装置和计算机设备。

一种燃料电池内部状态模型的标定方法，包括：S01，确定燃料电池等效模型；

S02，结合所述燃料电池等效模型及燃料电池工作条件，建立燃料电池内部状态过程方程，并确定所述燃料电池等效模型的内部状态过程方程中的待标定量；

S03，通过燃料电池多点气体采样方法，获取所述燃料电池内部状态过程方程中的运算参数；

S04，将所述运算参数带入所述燃料电池等效模型的内部状态过程方程，求得一个或者一组所述待标定量；以及

S05，重复步骤 S03 和步骤 S04，获取多个或多组所述待标定量，直至所述待标定量的变化范围在预设范围内，或者所述待标定量的误差平方和在预设范围内，则完成对所述待标定量的标定。

一种燃料电池内部状态模型的标定装置，包括：

燃料电池等效模型确定单元，用于确定燃料电池适用的模型；

燃料电池内部状态过程确定单元，用于结合所述燃料电池等效模型及燃料电池工作条件建立燃料电池内部状态过程方程，并确定待标定量；

运算参数获取单元，用于获取所述燃料电池内部状态过程方程中的运算参数；

运算参数计算单元，用于将所述运算参数带入所述单流道多腔模型的内部状态过程方程，求得一个或者一组所述待标定量；以及

循环判断单元，用于判断是否继续获取多个或多组所述待标定量，当所述待标定量的平均值或者所述待标定量的误差平方和在阈值范围内，则不再继续获取多个或多组所述待标定量。

本公开中提供一种燃料电池内部状态模型的标定方法、装置和计算机设备。本公开中可以对大面积燃料电池单体的不均一性可以建立燃料电池内部状态模型，然后对建立模型中的待标定量进行标定。对所述待标定量进行标定的过程中，可以采用一组稳态气体采样实验，通过测定和分析燃料电池的内部状态，完成对所述待标定量的标定。标定后的所述燃料电池模型的准确度更高，对于研究大面积多流道燃料电池单体内单个流道内部的不均一性以及不同流道间的差异性具有一定的意义和价值。

附图说明

图1为本公开一个实施例中提供的燃料电池气体采样方法流程图；

图2为本公开一个实施例中提供的燃料电池气体采样系统结构示意图；

图3为本公开一个实施例中提供的平行流道阳极板中采样点的分布位置示意图；

图4为本公开一个实施例中提供的平行流道阳极板中采样点的分布位置示意图；

图5为本公开一个实施例中提供的平行流道阳极板中采样点的分布位置示意图；

图6为本公开一个实施例中提供的平行流道阴极板中采样点的分布位置示意图；

图7为本公开一个实施例中提供的平行流道阴极板中采样点的分布位置示意图；

图8为本公开一个实施例中提供的平行流道阴极板中采样点的分布位置示意图；

图9为本公开一个实施例中提供的蛇形流道阳极板中采样点的分布位置示意图；

图10为本公开一个实施例中提供的蛇形流道阳极板中采样点的分布位置示意图；

图11为本公开一个实施例中提供的蛇形流道阳极板中采样点的分布位置示意图；

图12为本公开一个实施例中提供的蛇形流道阴极板中采样点的分布位置示意图；

图13为本公开一个实施例中提供的蛇形流道阴极板中采样点的分布位置示意图；

图14为本公开一个实施例中提供的蛇形流道阴极板中采样点的分布位置示意图；

图15为本公开一个实施例中提供的交指形流道阳极板中采样点的分布位置示意图；

图16为本公开一个实施例中提供的交指形流道阳极板中采样点的分布位置示意图；

图17为本公开一个实施例中提供的交指形流道阳极板流道气体流动示意图；

图18为本公开一个实施例中提供的交指形流道阴极板中采样点的分布位置示意图；

图19为本公开一个实施例中提供的交指形流道阴极板中采样点的分布位置示意图；

图20为本公开一个实施例中提供的交指形流道阴极板流道气体流动示意图；

图21为本公开一个实施例中提供的燃料电池电流密度分布估计方法流程示意图；

图22为本公开一个实施例中提供的燃料电池气体采样系统结构示意图；

图23为本公开一个具体的实施例中提供的燃料电池电流密度分布估计方法流程示意图；

图24为本公开一个实施例中提供的阴极流道不同区域内的电流密度分布图；

图25为本公开一个实施例中提供的燃料电池电流密度分布估计装置的结构示意图；

图26为本公开一个实施例中提供的燃料电池内部状态模型的标定方法流程图；

图27为本公开一个实施例中提供的燃料电池内部状态模型的标定方法流程图；

图 28 为本公开一个实施例中提供的阴极进出口两腔模型示意图；

图 29 为本公开一个实施例中提供的燃料电池内部状态模型的标定方法流程图；

图 30 为本公开一个实施例中提供的燃料电池单片的流道间差异模型示意图；

图 31 为本公开一个实施例中提供的单流道多腔模型中标定后的流动阻力系数的验证结果示意图；

图 32 为本公开一个实施例中提供的流道间差异模型中标定后的线性参数和基准量的验证结果示意图。

燃料电池气体采样系统 100：

1-阴极入口，2-水入口，3-阳极出口，4-阳极入口，5-水出口，
6-阴极出口，7-流道，8-阳极入口采样点，9-阳极出口采样点，
10-采样装置，20-气瓶，30-四通阀，31-第一 N 通阀，32-第二 N 通阀，
40-采样点，41-采样管路，50-阳极板，51-阳极流道，
60-阴极板，61-阴极流道，70-膜电极，80-伴热带，
101-流道内其他采样点，111-入口流道其他采样点，112-出口流道其他采样点。

燃料电池电流密度分布估计装置 200：

采样气体获取模块 210，氧气浓度运算模块 220，
区域电流运算模块 230，电流密度分布图生成模块 240。

具体实施方式

为了便于理解本公开，下面将参照相关附图对本公开进行更全面的描述。附图中给出了本公开的较佳的实施例。但是，本公开可以以许多不同的形式来实现，并不限于本文所描述的实施例。相反地，提供这些实施例的目的是使对本公开的公开内容的理解更加透彻全面。

在第一实施例中，本公开中有必要针对发明人所了解的方案并不能实现燃料电池内部多点气体的采样，无法监控到燃料电池内部不同位置气体含量的问题，提供一种燃料电池气体采样系统及采样方法。

请参阅图 1-图 3，本公开提供一种燃料电池气体采样方法，至少包括以下步骤：

S100，设置采样管路 41 和多个采样点 40。所述多个采样点 40 设置于燃料电池的阴极入口 1、阳极出口 3、阳极入口 4、阴极出口 6 以及阳极流道 51 和阴极流道 61 中。其中，设置于所述阳极流道 51 和所述阴极流道 61 中的采样点 40 伸入流道横截面的中心区域。所述采样管路 41 与所述多个采样点 40 分别连接，用于实现燃料电池内部气体的导出。

本步骤中，将采样点设置于流道横截面的中心区域可以理解为将所述采样管路 41 穿透所述阳极流道 51 和所述阴极流道 61 的流道板，所述采样管路 41 伸入流道内部的端点可以直接接触到燃料电池内部的气体，成为一个所述采样点 40。另外请参阅图 3，所述多个采样点 40 除了设置于燃料电池的所述阴极入口 1、所述阳极出口 3、所述阳极入口 4 和所述阴极出口 6 的采样点，还包括设置于所述阳极流道 51 和所述阴极流道 61 的流道板的所述采样点 40。设置于所述阳极流道 51 和所述阴极流道 61 的流道板的所述采样点 40 可以获取燃料电池内部不同位置的采样气体。

S200，向所述阴极入口 1 和所述阳极入口 4 分别通入反应气体，并在燃料电池的阳极板 50 和阴极板 60 之间加入电子负载。

本步骤中，可以向所述阴极入口 1 和所述阳极入口 4 中分别通入阴极标准气体和阳极标准气体。通气之后在所述阴极板 60 和所述阳极板 50 之间加入一定的电子负载。比如，所述电子负载可以是设定燃料电池单片输出 0A/cm²-2A/cm² 的电流。

S300，获取经所述采样管路 41 导出的所述多个采样点 40 的采集气体，以完成对燃料电池气体的采样。

本步骤中，可以通过采样装置 10 获取经所述采样管路 41 导出的所述多个采样点 40 的采集气体。所述采样装置 10 可以对采集气体进行分析，得出分析结果，用以指导燃料电池的使用。

本实施例中，设置所述多个采样点 40 分别获取燃料电池中不同位置的采样气体，以实现燃料电池内部多点气体的采样，实时监控到燃料电池内部不同位置气体含量。所述多个采样点 40 伸入所述阳极流道 51 和所述阴极流道 61 横截面的中心区域，可以精确的获取流经流道的气体。通过在燃料电池的阳极板 50 和阴极板 60 的流道中设置多个所述采样点 40 可以获取各点的采样气体，分析气体的含量及浓度可以帮助燃料电池获得更安全可靠的工作条件，有利于保证燃料电池的工作安全和工作寿命，保证燃料电池的利用率。

本公开图 3-图 8，提供平行流道的双极板中采样点的分布位置示意图。本公开图 9-图 14，提供蛇形流道的双极板中采样点的分布位置示意图。本公开图 15-图 20，提供交指形流道的双极板中采样点的分布位置示意图。其中，所述多个采样点 40 包括阳极入口采样点 8，阳极出口采样点 9，流道内其他采样点 101，入口流道其他采样点 111 以及出口流道其他采样点 112。

在一个实施例中，设置所述多个采样点 40 的步骤具体包括：

S110，沿燃料电池的所述阳极流道 51 中流道的走向方向等间距的设置所述多个采样点 40。S120，沿燃料电池的所述阴极流道 61 中流道的走向方向等间距的设置所述多个采样点 40。本实施例中，所述多个采样点 40 分别在每间隔一条或者多条的所述阳极流道 51 的流道中和每间隔一条或者多条的所述阴极流道 61 的流道中设置，能够合理的分配所述采样点 40 的个数。本实施例中，所述多个采样点 40 的设置方法可以参考上述方法中的设置方法。

本实施例中，所述多个采样点 40 的布置方式可以参考下述附图，如图 3、图 4、图 6 和图 7 所示为平行流道的燃料电池，沿着流道的走向方向等间距的设置所述多个采样点 40。其中，图 3 和图 6 忽略流道弯道结构的等间距的分布所述采样点 40。图 4 和图 7 考虑流道弯道结构的等间距的分布所述采样点 40。本实施例中，沿着燃料电池极板中流道的走向方向等间距的设置所述多个采样点 40 可以从整体上实现所述燃料电池内部气体的采样，其采样的数据更全面，对于指导燃料电池的使用工况的选取更准确。

如图 9、图 10、图 12 和图 13 所示为蛇形流道的燃料电池，沿着流道的走向方向等间距的设置所述多个采样点 40。其中，图 9 和图 12 忽略流道弯道结构的等间距的分布所述采样点 40。图 10 和图 13 考虑流道弯道结构的等间距的分布所述采样点 40。

如图 15 和图 18 所示为交指形流道的燃料电池，沿着流道的走向方向等间距的设置所述多个采样点 40。图 17 和图 20 分别表示了交指形流道阴极板和交指形流道阳极板内部的采样点分布以及气体扩散流动方向。

本实施例中，沿着燃料电池极板中流道的走向方向等间距的设置所述多个采样点 40 可以从整体上实现所述燃料电池内部气体的采样，其采样的数据更全面，对于指导燃料电池的使用工况的选取更准确。

在一个实施例中，燃料电池包括至少三条所述阳极流道 51 和至少三条所述阴极流道 61。本实施例中，设置所述多个采样点 40 的步骤具体还包括：在每间隔一条或者多条的所述阳极流道 51 上设置所述多个采样点 40。在每间隔一条或者多条的所述阴极流道 61 上设置所述多个采样点 40。

本实施例中提出的方法，能够合理的分配所述采样点 40 的个数。比如燃料电池有三条所述阳极流道 51，可以在第一条阳极流道 51 和第三条阳极流道 51 上间隔设置所述采样点 40，可以等间隔设置，也可以不等间隔设置，具体的设置方法可以根据实际的需求进行设计。另外考虑到所述采样点 40 密集度的问题，也可以每间隔两条流道、每间隔三条流道或者每间隔四条流道再设置所述采样点 40。比如，燃料电池包括 9 条所述阴极流道 61，在第一条所述阴极流道 61 等间距或者不等间距的设置多个所述采样点 40。在第二条所述

阴极流道 61 和第三条所述阴极流道 61 不设置所述采样点。在第四条所述阴极流道 61 等间距或者不等间距的设置多个所述采样点 40。在第五条所述阴极流道 61 和第六条所述阴极流道 61 不设置所述采样点。在第七条所述阴极流道 61 等间距或者不等间距的设置多个所述采样点 40。在第八条所述阴极流道 61 和第九条所述阴极流道 61 不设置所述采样点。本实施例中的设置方法在此不作进一步的限定。

在一个实施例中，设置所述多个采样点 40 的步骤具体包括：

沿燃料电池内部的所述阳极流道 51 中流道的走向方向划分多个区域，将所述多个采样点 40 设置于区域边界，不同区域中所述采样点 40 分布的密集度不完全相同。沿燃料电池内部的所述阴极流道 61 中流道的走向方向划分多个区域，不同区域中所述采样点 40 分布的密集度不完全相同。

本实施例中提供的所述采样点 40 的分布方法，可以参考图 5、图 8、图 11、图 14、图 16、图 19 中示意的形式进行设置。其中，图 5、图 8、图 11、图 14、图 16、图 19 均采用了非等间距的方式分布所述采样点 40。具体的请参阅图 8 和图 19，分别示出了区域 I、区域 II、区域 III、区域 IV、区域 V、区域 VI、区域 VII、区域 VIII、区域 IX、区域 X，图 12 示出了区域 I、区域 II、区域 III、区域 IV、区域 V。在每一个区域的边界与流道交界的部分位置设置所述采样点 40。图 8 提供了平行流道阴极板中采样点的分布位置示意图。图 12 提供了蛇形流道阴极板中采样点的分布位置示意图。图 19 提供了交指形流道阴极板中采样点的分布位置示意图。

本实施例中，所述采样点 40 的设置方法可以根据燃料电池流道内气体流动的经验值确定区域的划分，其中划分区域的面积可以相同，也可以不相同。燃料电池中气体的浓度可以认为是沿流道走向逐渐降低的。不同区域中所述采样点 40 分布的密集度不完全相同是指在不同区域的边界设置的所述采样点 40 的个数可以相同也可以不同。所述采样点 40 分布的密集度不完全相同，采集的燃料电池内部的气体含量也不相同。

在一个实施例中，在向所述阴极入口 1 和所述阳极入口 4 分别通入反应气体，并在燃料电池的阳极板 50 和阴极板 60 之间加入电子负载的步骤之前，还包括：向所述采样管路 41 中通入惰性气体，以实现与所述多个采样点 40 和所述采样管路 41 的吹扫。

本实施例中，对所述燃料电池气体采样系统 100 进行吹扫可以使得每个所述采样点 40 的采样结果更精确，避免在所述采样管路 41 中一些残留物质的存在。具体的在一个实施例中，在气体采样分析开始前，设定燃料电池的工作状态，使得采样分析符合采样的要求。如图 2 所示设定所述四通阀 30 与所述气瓶 20 相连通。打开所述气瓶 20（所述气瓶 20 中装有压缩气体为氮气）的出口，关闭所述采样装置 10 的采样口。所述采样系统 100 内其余的所有出入口均打开，用氮气吹扫整个所述采样管路 41，同时设定冷却液的温度和流量，吹扫过程结束，关闭氮气瓶 20 的出口。

在一个实施例中，所述燃料电池气体采样方法具体包括前期的准备工作：对燃料电池供应空气和氢气，设定阴极增湿露点温度和空气干球温度，逐步增大空气流量和氢气流量，增大电流负载，直至燃料电池工作状态达到预设值，并且稳定运行 1h。燃料电池工作状态可以包括：燃料电池工作电流 120A；阴极空气流量 $12\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ ，空气进气露点温度 43°C ；

阳极氢气流量 $0.9\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$ ，进气不增湿；采用水冷，冷却水入口温度为 60°C 。

打开所述采样装置 10 的采样口，打开所述气瓶 20 出口，用氮气吹扫管路，所述采样装置 10 的采样结果稳定一段时间后关闭所述气瓶 20 出口，关闭所述四通阀 30 与所述气瓶 20 相连的入口。此时吹扫所述采样管路 41 的步骤实施完毕。

步骤（1）：关闭所述第二 N 通阀 32 的所有出入口，关闭所述第一 N 通阀 31（阳极处的）的其他口，仅打开所述第一 N 通阀 31 的出口以及所述第一 N 通阀 31 与第一采样点连通的入口，对第一采样点进行采样。

步骤(2):对第一采样点采样一段时间后,关闭所述第一N通阀入口31,打开所述气瓶20的出口以及所述四通阀30与所述气瓶20连通的入口,用氦气吹扫管路一段时间,关闭所述气瓶20的出口以及所述四通阀30与所述氦气瓶20连通的入口。在第一次采样结束之后实现对所述采样管路41的清扫。

步骤(3):打开第一N通阀31与第二采样点的入口,对第二采样点进行采样。在对第二采样点的采样结束之后,对所述采样管路41的清扫。重复步骤(1)至步骤(3),在每一次清扫所述采样管路41之后切换至下一个采样点,直至所述阳极板50或者所述阴极板60的所有所述采样点40都采样完成。后续在使用所述采样结果时,可选取可靠的所述采样结果用于指导燃料电池的应用。

上述实施例中,所述采样装置10可以为质谱仪。质谱仪在实现对多个所述采样点40的采样需要是完成第一采样点之后,再对第二采样点进行采样。质谱仪决定了对每个所述采样点40的气体进行单独分析。如果所述采样装置10变化了,也可以实现多点同时采样和分析。即可以同时第一采样点、第二采样点和第三采样点(多个采样点)进行采样。此时的所述第一N通阀31和所述第二N通阀32可以不再设置。

在一个实施例中,在获取经所述采样管路41导出的所述多个采样点40的采集气体,以完成对燃料电池气体的采样的步骤之前,还包括:

提供采样装置10。在一个实施例中,所述采样装置10可以是质谱仪。采用阳极标准气和阴极标准气对所述采样装置10进行标定。对所述采样装置10进行标定,可以保证采样结果的准确性。

对所述采样装置10进行标定的步骤具体包括:向所述采样管路41中通入阳极标准气,通过所述采样装置10分析采样气体,以获得第一类采样结果。向所述采样管路41中通入阴极标准气,通过所述采样装置10分析采样气体,以获得第二类采样结果。

重复上述两个步骤,获得多个所述第一类采样结果和多个所述第二类采样结果,对多个所述第一类采样结果和多个所述第二类采样结果进行分析计算,以获得所述采样装置10的采样修正系数,完成对所述采样装置10的标定。

参考图2,对所述采样装置10进行标定的步骤可以包括步骤1:打开连通氦气瓶20出口的四通阀30的入口,打开氦气瓶20的出口,打开四通阀30其他三个口,用氦气分别对毛细管、阳极流道51、阴极流道61以及采样管路(采样管路为毛细管与采样装置10连接的通气管路)进行吹扫,直至流道和管路内无其他残余气体。

步骤2:关闭氦气瓶20的出口,关闭四通阀30与阴阳极采样管路连接的两个口,将连通氦气瓶20出口的四通阀30的入口转至与阳极标准气瓶出口连通,将阳极标准气通向采样装置10。采样一段时间之后,采样装置10对采样气体进行采样分析。

步骤3:关闭阳极标准气瓶出口,将连通阳极标准气瓶出口的四通阀入口与阴极标准气瓶出口连通,将阴极标准气通向采样装置,采样一段时间,采样装置10对阴极为的采样气体进行分析采样装置对其进行采样分析。

步骤4:关闭阴极标准气瓶出口,将连通阴极标准气瓶出口的四通阀入口与氦气瓶出口连通,将阳极标准气通向采样装置,采样一段时间,采样装置10对阳极的采样气体进行分析用氦气吹扫管路一段时间。

再重复步骤2至步骤4两到三次,得到多次综合结果,经分析得到采样装置的修正系数。以完成对所述采样装置10的标定。

请继续参考图2,本公开一个实施例中提供一种燃料电池气体采样系统100包括:阳极板50、膜电极70、阴极板60、多个采样点40以及采样管路41。

所述阳极板50具有为气体流动提供通道的阳极流道51。所述膜电极70设置于所述阳极板50具有所述阳极流道51的一侧。阴极板60设置于所述膜电极70远离所述阳极板50的一侧。所述阴极板60具有为气体流动提供通道的阴极流道61。所述阳极流道51和所述阴极流道60不是全封闭的,流道类似像槽一样,气体在槽里流动。

所述膜电极 70 包括质子交换膜用于实现质子（质子包括电子和空穴）在所述质子交换膜中的交换或者复合。所述膜电极 70 还包括阳极气体扩散层和阳极催化剂层设置于所述质子交换膜的第一侧。所述膜电极 70 还包括阴极催化剂层和阴极的气体扩散层设置于所述质子交换膜的第二侧。

多个采样点 40 设置于所述阳极流道 51 和所述阴极流道 61，并且伸入流道横截面的中心区域。采样管路 41 与所述多个采样点 40 分别连接，用于实现燃料电池内部气体的导出。所述采样管路 41 主要是由从极板外插进流道内的毛细管引出来的管路。所述采样管路 41 可以采用不锈钢毛细管。

质子交换膜燃料电池，氢气和氧气发生电化学反应，生成水的同时输出电能。基本的燃料电池单体结构会包括阳极板 50、阴极板 60 和膜电极 70。其中在阳极板 50 上设置有阳极流道 51。在阴极板 60 上设置有阴极流道 61。膜电极 70 包括质子交换膜、催化层和扩散层，其中质子交换膜是能够传导质子的聚合物膜，催化层为有催化剂铂附着的碳载体，扩散层的成分主要是碳和聚四氟乙烯。质子交换膜、催化层和扩散层构成膜电极，为氢气和氧气的反应提供场所，并起到导电和传热传质的作用。双极板（所述阳极板 50 和所述阴极板 60）一般由碳板或者金属板构成，在双极板上刻有供气体流动的流道。

在一个实施例中，所述阳极流道 51 中沿流道的走向方向具有多个第一类区域。所述阴极流道 61 中沿流道的走向方向具有多个第二类区域。所述多个采样点 40 分别设置于每一个第一类区域边界所在的流道和每一个第二类区域边界所在的流道，不同区域中所述采样点 40 分布的密集度不完全相同。具体的，所述多个采样点 40 可以参考图 8，图 12 和图 19 所示的设置方式。

本实施例中，所述多个第一类区域的面积可以相等也可以不相等。所述多个第二类区域的面积可以相等也可以不相等。本实施例中，设置的区域面积不相等，所述采样点 40 的密集程度不完全相同可以实现不同区域不同程度的采样检测。

在一个实施例中，所述燃料电池气体采样系统 100 还包括伴热带 80。所述伴热带 80 围绕所述采样管路 41 的外侧壁设置。在一个实施例中，所述伴热带 80 可以是所述采样管路 41 保温为 120°C。

在一个实施例中，所述燃料电池气体采样系统 100 还包括壳体。所述壳体在图 2 中有表示，但未标号。所述壳体用于提供收纳腔，在一个实施例中，所述收纳腔可以是现有的电池外壳或者是电池模组的外壳，在整个采样过程中实现固定的功能。

在一个实施例中，所述燃料电池气体采样系统 100 还包括：四通阀 30。如图 2 所示的所述四通阀 30 用以切换清扫管路和采样管路。

在一个实施例中，所述燃料电池气体采样系统 100 还包括：多个 N 通阀。具体的所述多个 N 通阀可以是图 2 中所示的所述第一 N 通阀 31 和所述第二 N 通阀 32。本实施例中，所述多个 N 通阀用以实现不同的管路的接通，当需要管路变化时，可以在不同的位置设置不同的所述 N 通阀。

在一个实施例中，为了避免采样气体中的水蒸气冷凝为液态水而堵塞管路，从而造成采样时间增加，影响采样结果，所述燃料电池气体采样系统 100 中的所述采样管路 41 均使用所述伴热带 80 缠绕，以使所述采样管路 41 保温为 120°C。

在一个实施例中，为了避免采样时非指定流道气体的影响，所述燃料电池气体采样系统 100 中在所述采样管路 41 的端面与流道采样口的接触面采用 O 型密封圈压紧密封。

在第一实施例中，目前燃料电池利用分布式的参数测量数据可以验证模型仿真结果的可靠性，同时能够表征燃料电池运行过程中不同位置的状态，反映燃料电池的局部特性。燃料电池内部的电流密度是燃料电池的关键参数之一。

发明人所了解的方案采用子电池方法对质子交换膜燃料电池电流分布进行了测定。发明人所了解的方案分别考察了气体压力、气体流量、电池温度及不同放电电流密度等条件对燃料电池电流分布的影响。发明人所了解的方案，需要在燃料电池内部设置传感器或者

测量垫片，才能得出燃料电池不同区域的电流密度，从而获得燃料电池单体的电流密度分布。在燃料电池内部设置传感器或者测量垫片的方案设计难度大，设计成本高。

基于此，有必要针对发明人所了解的方案在燃料电池内部设置传感器或者测量垫片的方案设计难度大，设计成本高的问题，提供一种燃料电池电流密度分布估计方法、装置及计算机存储介质。

请参阅图 21 和图 22，图 21 提供一种燃料电池电流密度分布估计方法。图 22 提供一种燃料电池电流密度分布估计方法的应用示意图。本公开一个实施例中，提供的所述方法包括：

S10，在燃料电池的阴极板 60 定义 k 个区域。所述阴极板 60 具有阴极流道 61。每个分区内沿所述阴极流道 61 流向方向间隔设置多个采样点 40，每一个采样点 40 均伸入流道横截面的中心区域。

本步骤中，每一个采样点 40 均伸入流道横截面的中心区域可以理解为将所述采样管路 41 穿透所述阳极流道 51 和所述阴极流道 61 的流道板。所述采样管路 41 伸入流道内部的端点可以直接接触到燃料电池内部的气体。另外请参阅图 3-图 5，图 3 图 4 和图 5 分别为平行流道阳极板中 3 种采样点的分布位置示意图。所述多个采样点 40 除了设置于燃料电池的所述阴极入口 1、所述阳极出口 3、所述阳极入口 4 和所述阴极出口 6 的采样点，还包括设置于所述阳极流道 51 和所述阴极流道 61 的流道板的所述采样点 40。设置于所述阳极流道 51 和所述阴极流道 61 的流道板的所述采样点 40 可以获取燃料电池内部不同位置的采样气体。

请参阅图 6-图 8 分别为平行流道阴极板中三种采样点的分布位置示意图。其中图 8 中给出了 k 个区域 (k=10) 中采样点的分布示意。可以理解，所述采样点 40 的分布方式还可以有其他的多种。比如所述采样点 40 可以设置在每一个区域内的任意位置，所述采样点 40 也可以设置在每一个区域边界的位置。在设置所述采样点 40 的时候可以紧密设置、也可以每间隔一个流道设置一个间隔设置，或者是每间隔两个流道设置一个所述采样点 40。

另外所述阳极板 50 和所述阴极板 60 中流道的排列方式可以有很多种，比如还可以是蛇形流道或者交指形流道。所述采样点 40 在所述阳极流道 51 和所述阴极流道 61 中设置的方式可以有很多种。如图 23 所示为蛇形流道阴极板中采样点的分布位置示意图。如图 24 所示为交指形流道阴极板中采样点的分布位置示意图。

S20，分别计算所述 k 个区域中每一个区域内的氧气浓度变化量。

每一个区域的氧气浓度变化量可以根据进入每一个区域的氧气浓度和流出每一个区域的氧气浓度之差进行确认。在另一个实施例中，也可以根据一定时间内每一个区域内的氧气浓度变化量，具体的可以是后一时间点的氧气浓度值减去前一时间段氧气浓度值得出。

S30，根据法拉第定律计算得出一个区域的电流值，所述电流值等于一个区域内氧气浓度的变化量与氧气的体积流量以及四倍法拉第常数的乘积，分别获得所述 k 个区域内的电流值。

本步骤中，结合法拉第定律计算得出一个区域的电流值，该运算过程是基于所述步骤 S10 获得的所述阴极流道 61 中气体浓度运算得到的。本实施例中，k 个区域的电流值可能相同也可能不相同。其中的影响因素有很多，比如所述阴极流道 61 内的氧气气体浓度不同，k 个区域设置的位置或者面积不同的情况都可能导致区域的电流值不同。

S40，根据所述 k 个区域内每个区域的电流值与区域面积之比，分别得出所述 k 个区域的电流密度，并根据所述 k 个区域以及所述 k 个区域的电流密度生成燃料电池的电流密度分布图。

本步骤中，可以准确的得出每个区域的电流密度，并绘制电流密度分布示意图。所述燃料电池的电流密度分布图可以指导燃料电池的使用。

本实施例中，所述燃料电池电流密度分布估计方法，在不设置其他传感器或者传感垫片的条件下，通过所述多个采样点 40 的采样结果计算不同区域的电流密度，从而获得燃料电池单体的电流密度分布。本公开的燃料电池电流密度分布估计方法，对现有的燃料电池的设计改进点较小，改进的成本较低，能够准确得出燃料电池的电流密度分布图。

在一个实施例中，在每一个区域内，沿燃料电池的所述阴极流道 61 中流道的走向方向等间距的设置所述多个采样点 40。

本实施例中，所述多个采样点 40 的布置方式可以参考下述附图，如图 3、图 4、图 6、图 7 和图 23 所示为沿燃料电池的所述阴极流道 61 中流道的走向方向等间距的设置所述多个采样点 40。其中，图 3 和图 6 为忽略流道弯道结构的等间距的分布所述采样点 40。图 4、图 7 和图 23 为考虑流道弯道结构的等间距的分布所述采样点 40。

本实施例中，沿着燃料电池极板中流道的走向方向等间距的设置所述多个采样点 40 可以从整体上实现所述燃料电池内部气体的采样，其采样的数据更全面，对于指导燃料电池的使用工况的选取更准确。

在一个实施例中，每一个区域内的氧气浓度变化量等于进入一个区域的氧气浓度与流出一个区域的氧气浓度之差。其中，进入一个区域的氧气浓度等于设置于一个区域进入边界的所述多个采样点 40 获得的平均氧气浓度。流出一个区域的氧气浓度等于设置于一个区域流出边界的所述多个采样点 40 获得的平均氧气浓度。

本实施例中，将计算一个区域内氧气浓度的步骤进行简化，每一个区域内的氧气浓度变化量等于每一个区域进入边界的所述多个采样点 40 获得的平均氧气浓度减去每一个区域流出边界的所述多个采样点 40 获得的平均氧气浓度。

在一个实施例中，一个所述采样点 40 的氧气浓度等于一个所述采样点 40 的氧气分压与一个所述采样点 40 的氮气分压的比值，再乘以一个所述采样点 40 的氮气浓度，其中，气体流经所述阴极流道 61 时，氮气浓度不发生变化。

在一个实施例中，结合法拉第定律： $m = \frac{Q}{F} \times \frac{M}{z}$ 、 $Q = It$ 以及 $n = \frac{m}{M}$ ，推导得出 $I = \frac{n \times F \times z}{t}$ ，

其中， m 为反应气体的质量， Q 为反应过程中转移的电荷量， F 为法拉第常数， M 为反应气体的摩尔质量， z 为每个反应气体分子所需要转移的电子数， n 为反应气体的物质的量， I 为电流值， t 为时间；

结合 $n = c \times V$ ， $V = W \times t$ 得出 $I = c \times W \times F \times z$ ，其中， t 为气体流过该部分流道所用的时间， c 为反应气体的摩尔浓度， V 为流过该部分流道的气体的体积， W 为流过该部分流道的气体的流量， z 为每个反应气体分子反应所需要转移的电子数；

结合 $I = c \times W \times F \times z$ ，以及阴极反应气体氧气分子在反应过程中所需要转移的电子数为 4，得出一个区域的电流值 $I_k = \Delta C_{O_2}^k \times W \times 4F$ 。

本实施例中，如果计算燃料电池阴极板 60 每一个区域的电流值， m 为氧气的质量， Q 为反应过程中转移的电荷量， F 为法拉第常数， M 为氧气的摩尔质量， z 为每个氧气分子所需要转移的电子数， n 为氧气的物质的量， I 为电流值， t 为时间。

请参阅图 23，在一个具体的实施例中，通过计算燃料电池阴极板 60 气体浓度的变化，最终求得燃料电池内部电流密度的分布图。具体步骤包括：

步骤 (1)：获得第 k 个区域边界中所有所述多个采样点 40 的氧气分压 $X_{O_2}^{i,k}$ 和氮气分

压 $x_{N_2}^{i,k}$ 。其中 k 为小于等于 N 的正整数。本实施例中，可以通过如图 2 所示的所述采样装置 10 获得氧气分压和氮气分压。由于氮气相对稳定，因此不考虑氮气浓度 C_{N_2} 的变化。

步骤 (2): 计算每个所述采样点 40 的氧气浓度 $C_{O_2}^{i,k}$ ，其中等于 $\frac{x_{O_2}^{i,k}}{x_{N_2}^{i,k}} \times C_{N_2}$ ；

步骤 (3): 计算第 k 个区域边界的氧气浓度值，所述第 k 个区域边界的氧气浓度值 $C_{O_2}^k$ 为第 k 个区域边界处所有所述采样点 40 的氧气浓度的平均值。

步骤 (4): 计算第 k 个区域内氧气浓度的变化量 $\Delta C_{O_2}^k$ ，所述第 k 个区域内氧气浓度的变化量 $\Delta C_{O_2}^k$ 等于进入第 k 个区域界面的氧气浓度-导出第 k 个区域界面的氧气浓度。

步骤 (5): 采用公式 $I_k = \Delta C_{O_2}^k \times W \times 4F$ 计算第 k 个区域的电流值，其中 W 为氧气的体积流量（可测得）， F 为法拉第常数（已知量）。

步骤 (6): 计算第 k 个区域的电流密度 J_k ： $J_k = \frac{I_k}{S_k}$ 其中， S_k 为所选区域的面积。 S_k

在对所述阴极板 60 进行区域划分时获得的已知量。

循环上述步骤 (1) 至步骤 (6)，分别计算出如图 8、图 23 和图 24 所示的区域 I、区域 II、区域 III、区域 IV、区域 V、区域 VI、区域 VII、区域 VIII、区域 IX、区域 X 的电流密度。根据不同区域的电流密度值，生成燃料电池的电流密度分布图。

本实施例中，所述燃料电池电流密度分布估计方法，在不设置其他传感器或者传感垫片的条件下，通过多点采样的结果计算不同区域的电流密度，从而获得燃料电池单体的电流密度分布。本公开的燃料电池电流密度分布估计方法，对现有的燃料电池的设计改进点较小，改进的成本较低，能够准确得出燃料电池的电流密度分布图如图 24 所示。

在一个具体的实施例中，所述燃料电池气体采样过程具体包括前期的准备工作：对燃料电池供应空气和氢气，设定阴极增湿露点温度和空气干球温度，逐步增大空气流量和氢气流量，增大电流负载，直至燃料电池工作状态达到预设值，并且稳定运行 1h。燃料电池工作状态可以包括：燃料电池工作电流 120A；阴极空气流量 $12L \cdot min^{-1}$ ，空气进气露点温度 $43^\circ C$ ；阳极氢气流量 $0.9L \cdot min^{-1}$ ，进气不增湿；采用水冷，冷却水入口温度为 $60^\circ C$ 。

打开所述采样装置 10 的采样口，打开所述气瓶 20 出口，用氮气吹扫管路，所述采样装置 10 的采样结果稳定一段时间后关闭所述气瓶 20 出口，关闭所述三通阀 30 与所述气瓶 20 相连的入口。此时吹扫所述采样管路 41 的步骤实施完毕。

步骤 (1): 关闭所述 N 通阀 31（阳极处的）的其他口，仅打开所述 N 通阀 31 的出口以及所述 N 通阀 31 与第一采样点连通的入口，对第一采样点进行采样。

步骤 (2): 对第一采样点采样一段时间后，关闭所述 N 通阀 31 的入口，打开所述气瓶 20 的出口以及所述三通阀 30 与所述气瓶 20 连通的入口，用氮气吹扫管路一段时间，关闭所述气瓶 20 的出口以及所述三通阀 30 与所述氮气瓶 20 连通的入口。在第一次采样

结束之后实现对所述采样管路 41 的清扫。

步骤 (3): 打开 N 通阀 31 与第二采样点的入口, 对第二采样点进行采样。在对第二采样点的采样结束之后, 对所述采样管路 41 的清扫。重复步骤 (1) 至步骤 (3), 在每一次清扫所述采样管路 41 之后切换至下一个采样点, 直至所述阴极板 60 的所有所述采样点 40 都采样完成。后续在使用所述采样结果时, 可选取可靠的所述采样结果用于指导燃料电池的应用。

上述实施例中, 所述采样装置 10 可以为质谱仪。质谱仪在实现对多个所述采样点 40 的采样需要是完成第一采样点之后, 再对第二采样点进行采样。质谱仪决定了对每个所述采样点 40 的气体进行单独分析。如果所述采样装置 10 变化了, 也可以实现多点同时采样和分析。即可以同时第一采样点、第二采样点和第三采样点 (多个采样点) 进行采样。

在一个实施例中, 所述采样装置 10 可以是质谱仪。采用阳极标准气和阴极标准气对所述采样装置 10 进行标定。对所述采样装置 10 进行标定, 可以保证采样结果的准确性。

对所述采样装置 10 进行标定的步骤具体包括: 向所述采样管路 41 中通入阳极标准气, 通过所述采样装置 10 分析采样气体, 以获得第一类采样结果。向所述采样管路 41 中通入阴极标准气, 通过所述采样装置 10 分析采样气体, 以获得第二类采样结果。

重复上述两个步骤, 获得多个所述第一类采样结果和多个所述第二类采样结果, 对多个所述第一类采样结果和多个所述第二类采样结果进行分析计算, 以获得所述采样装置 10 的采样修正系数, 完成对所述采样装置 10 的标定。

请继续参考图 22, 本公开一个实施例中提供一种燃料电池气体采样系统包括: 阳极板 50、膜电极 70、阴极板 60、多个采样点 40 以及采样管路 41。

所述阳极板 50 具有为气体流动提供通道的阳极流道 51。所述膜电极 70 设置于所述阳极板 50 具有所述阳极流道 51 的一侧。阴极板 60 设置于所述膜电极 70 远离所述阳极板 50 的一侧。所述阴极板 60 具有为气体流动提供通道的阴极流道 61。所述阳极流道 51 和所述阴极流道 60 不是全封闭的, 流道类似像槽一样, 气体在槽里流动。

所述膜电极 70 包括质子交换膜用于实现质子 (质子包括电子和空穴) 在所述质子交换膜中的交换或者复合。所述膜电极 70 还包括阳极气体扩散层和阳极催化剂层设置于所述质子交换膜的第一侧。所述膜电极 70 还包括阴极催化剂层和阴极的气体扩散层设置于所述质子交换膜的第二侧。

多个采样点 40 设置于所述阳极流道 51 和所述阴极流道 61, 并且伸入流道横截面的中心区域。采样管路 41 与所述多个采样点 40 分别连接, 用于实现燃料电池内部气体的导出。所述采样管路 41 主要是由从极板外插进流道内的毛细管引出来的管路。所述采样管路 41 可以采用不锈钢毛细管。

质子交换膜燃料电池, 氢气和氧气发生电化学反应, 生成水的同时输出电能。基本的燃料电池单体结构会包括阳极板 50、阴极板 60 和膜电极 70。其中在阳极板 50 上设置有阳极流道 51。在阴极板 60 上设置有阴极流道 61。膜电极 70 包括质子交换膜、催化层和扩散层, 其中质子交换膜是能够传导质子的聚合物膜, 催化层为有催化剂铂附着的碳载体, 扩散层的成分主要是碳和聚四氟乙烯。质子交换膜、催化层和扩散层构成膜电极, 为氢气和氧气的反应提供场所, 并起到导电和传热传质的作用。双极板 (所述阳极板 50 和所述阴极板 60) 一般由碳板或者金属板构成, 在双极板上刻有供气体流动的流道。

请再次参阅图 2, 在一个实施例中, 在实时阴极气体采样的过程中还可以设置伴热带 80。所述伴热带 80 围绕所述采样管路 41 的外侧壁设置。在一个实施例中, 所述伴热带 80 可以是所述采样管路 41 保温为 120℃。

在一个实施例中, 所述燃料电池中可以包括燃料电池单片串联形成的电池堆, 每个电池对中包括多个燃料电池单片。在另一个实施例中, 燃料电池还包括壳体, 设置于所述电池堆的外侧, 用于保护所述电池堆。所述壳体在图 2 中有表示, 但未标号。所述壳体用于提供容纳腔, 在一个实施例中, 所述容纳腔可以是现有的电池外壳或者是电池模组的外壳,

在整个采样过程中实现固定的功能。

在一个实施例中，所述燃料电池气体采样过程中还可以包括：N 通阀 31。具体的所述 N 通阀 31 可以是图 2 中所示的所述 N 通阀 31。在另一个实施例中，可以进一步设置多个 N 通阀，比如可以设置第一 N 通阀、第二 N 通阀或者其他的阀门。本实施例中，所述多个 N 通阀用以实现不同的管路的接通，当需要管路变化时，可以在不同的位置设置不同的所述 N 通阀。

在一个实施例中，为了避免采样气体中的水蒸气冷凝为液态水而堵塞管路，从而造成采样时间增加，影响采样结果，可以在采用所述伴热带 80 缠绕所述采样管路 41，使所述采样管路 41 保温为 120℃。

在一个实施例中，为了避免采样时非指定流道气体的影响，可以在所述采样管路 41 的端面与流道采样口的接触面采用 O 型密封圈压紧密封。

请参阅图 25，在本公开一个实施例中提供一种燃料电池电流密度分布估计装置 200，包括：采样气体获取模块 210、氧气浓度运算模块 220、区域电流运算模块 230 以及电流密度分布图生成模块 240。

所述采样气体获取模块 210，用于获取燃料电池的阴极板 60k 个区域内沿阴极流道 61 流向方向间隔设置多个采样点 40 的采样气体信息。所述氧气浓度运算模块 220，用于计算所述 k 个区域中每一个区域内的氧气浓度变化量。所述区域电流运算模块 230，用于计算得出一个区域的电流值。所述电流密度分布图生成模块 240，用于生成燃料电池中所述 k 个区域的电流密度分布图。

本公开一个实施例中提供一种计算机设备，包括存储器和处理器，所述存储器存储有计算机程序。所述处理器执行所述计算机程序时实现上述任一实施例中所述方法的步骤。

本公开一个实施例中提供一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序。所述计算机程序被处理器执行时实现上述任一实施例中所述方法的步骤。

在第三实施例中，燃料电池在运行过程中各单片的物质组分状态呈现出的一致性，这主要是由于配气不均匀性与单片的个体差异造成的。燃料电池单片对于整个电堆的寿命具有极大的影响。为此，在燃料电池建模过程中，应该考虑到燃料电池单片内部状态沿流道方向的不均一性以及流道之间的差异性。

燃料电池数值模型可以较为详细地反映燃料电池内部各物质组分的传递过程、电化学反应过程以及传热过程。发明人所了解的方案，包括质子交换膜燃料电池模型优化处理方法，认为燃料电池的状态是一致性的，未考虑到燃料电池单体的差异性。

有必要针对发明人所了解的方案认为燃料电池的状态是一致性的，未考虑到燃料电池单体的差异性的问题，提供一种燃料电池内部状态模型的标定方法、装置和计算机设备。

请参阅图 26，本公开一个实施例中提供一种燃料电池内部状态模型的标定方法，包括：

S01，确定燃料电池等效模型。本步骤中，基于不同的参数设定或者是不同的研究角度，可以得出不同的燃料电池的等效模型。比如，本公开中，燃料电池模型可以为单流道多腔模型和多个流道的流道间差异模型。再比如还可以建立燃料电池单向流模型和 M 维 N 相多组分的燃料电池单体模型。

S02，结合所述燃料电池等效模型及燃料电池工作条件，建立燃料电池内部状态过程方程，并确定所述燃料电池等效模型的内部状态过程方程中的待标定量。

本步骤中，可以根据燃料电池的电压条件或者电流条件确定所述燃料电池的内部状态方程。寻找内部状态过程方程中的待标定量，所述待标定量可以是一个也可以是多个，在此不作限定。

S03，通过燃料电池多点气体采样方法，获取所述燃料电池内部状态过程方程中的运算参数。本步骤中的运算参数，可以通过燃料电池气体的多点采样系统获得的数据。比如所述运算参数可以是阴极进口腔进入到阴极出口腔的气体流量，可以是阴极出口腔排气流量，可以是阴极不同流道入口气体压力，可以是阴极不同流道出口气体压力，还可以

是不同流道与初始流道间距中的一种或多种。

S04, 将所述运算参数带入所述燃料电池等效模型的内部状态过程方程, 求得一个或者一组所述待标定量。本步骤中的计算过程可以结合模块或者计算机程序实现。

S05, 重复步骤 S03 和步骤 S04, 获取多个或多组所述待标定量, 直至所述待标定量的变化范围在预设范围内, 或者所述待标定量的误差平方和在预设范围内, 则完成对所述待标定量的标定。

本实施例中提供的所述燃料电池内部状态模型的标定方法包括确定燃料电池等效模型。结合所述燃料电池等效模型及燃料电池工作条件, 建立燃料电池内部状态过程方程, 并确定所述燃料电池等效模型的内部状态过程方程中的待标定量。获取所述燃料电池内部状态过程方程中的运算参数。将所述运算参数带入所述燃料电池等效模型的内部状态过程方程, 求得一个或者一组所述待标定量。重复获取多个或多组所述待标定量, 直至所述待标定量的变化范围在预设范围内, 或者所述待标定量的误差平方和在预设范围内, 则完成对所述待标定量的标定。

本实施例中, 提出了一种针对大面积燃料电池单体不均一性及差异性模型的内部状态标定方法, 采用一组稳态气体采样实验, 通过测定和分析燃料电池的内部状态, 标定了燃料电池的单体模型, 对于研究大面积多流道燃料电池单体内单个流道内部的不均一性以及不同流道间的差异性具有一定的意义和价值。

请参阅图 27, 在一个实施例中, 所述燃料电池内部状态模型的标定方法包括:

S011, 将燃料电池等效为至少包括阴极进口腔和阴极出口腔的单流道多腔模型。本步骤中提供的燃料电池单片的单流道多腔模型如图 28 所示。图 28 中示意了将一个燃料电池单片等效为单流道, 多个腔室的结构。图 28 中仅示意了阴极进口单片和阴极出口单片两个腔室, 在阴极进口单片和阴极出口单片的两个腔室之间还包括另外的腔室。可以理解, 根据设计需求的不同, 每个燃料电池单片设置的腔室数量可以自行增减。

S021, 结合燃料电池阴极腔室的工作电流条件和工作电压条件, 建立所述单流道多腔模型的内部状态过程方程, 所述单流道多腔模型的内部状态过程方程中待标定量为流动阻力系数。

在本步骤中的一个实施例中, 提供的所述工作电流条件为:

$$i_{in} A_{fc,in} + i_{out} A_{fc,out} = I_{load} \quad \text{式 (1)}$$

其中, $A_{fc,in}$ 为燃料电池进口腔的活性面积是已知量。 $A_{fc,out}$ 为燃料电池出口腔的活性面积, I_{load} 为负载电流是已知量。 i_{in} 为阴极进口腔内的电流密度, i_{out} 为阴极出口腔内的电流密度。

所述工作电压条件为:

$$\begin{aligned}
& \frac{RT}{\alpha_c F'} \ln \left[\frac{s_{stop} i_{in}}{(s_{stop} - s_{in}) a i_0^{ref}} \times \frac{C_{ref}^{O_2}}{C_{ca,in}^{O_2} - \frac{i_{in}}{4F} \left[\frac{L_{gdl}}{D_{O_2}^{eff} (1-s_{in})^2} + \frac{1}{h_{O_2}} \right]} \right] - i_{in} R_{in} \\
& = \frac{RT}{\alpha_c F'} \ln \left[\frac{s_{stop} i_{out}}{(s_{stop} - s_{out}) a i_0^{ref}} \times \frac{C_{ref}^{O_2}}{C_{ca,out}^{O_2} - \frac{i_{out}}{4F} \left[\frac{L_{gdl}}{D_{O_2}^{eff} (1-s_{out})^2} + \frac{1}{h_{O_2}} \right]} \right] - i_{out} R_{out}
\end{aligned} \tag{2}$$

其中, R 为理想气体常数, F 为法拉第常数, T 为燃料电池内部温度, L_{gdl} 为气体扩散层厚度, α_c 为阴极反应传递系数, s_{stop} 为燃料电池受水淹影响停止工作时的液态水饱和度, s_{in} 为阴极进口处的液态水饱和度, s_{out} 为阴极出口处的液态水饱和度, a 为水活度。所述水活度 a 等于气态水饱和度与当前温度下饱和水蒸气浓度之比。 i_0^{ref} 为参考电流密度, h_{O_2} 为氧气对流传质系数。所述氧气对流传质系数 h_{O_2} 与气体流量有关。 R_{in} 为进口腔欧姆电阻, R_{out} 为出口腔欧姆电阻, $D_{O_2}^{eff}$ 为氧气的有效扩散系数。 $C_{ref}^{O_2}$ 为氧气的参考浓度, 以上参数值在所述单流道多腔模型中均为已知量。 $C_{ca,in}^{O_2}$ 为阴极进口腔内的氧气浓度 (可由 $C_{ca,in}^{O_2} = \frac{P_{ca,in}^{O_2}}{RT_{fc}}$ 计算得到), $C_{ca,out}^{O_2}$ 为阴极出口腔内的氧气浓度 (可由 $C_{ca,out}^{O_2} = \frac{P_{ca,out}^{O_2}}{RT_{fc}}$ 计算得到)。 i_{in} 为阴极进口腔内的电流密度, i_{out} 为阴极出口腔内的电流密度, 可通过式 (1) 和式 (2) 联立求解得到。

在本步骤中的一个实施例中, 所述单流道多腔模型的内部状态过程方程包括: 阴极进口腔气体动态过程模型和阴极出口腔气体动态过程模型;

所述阴极进口腔气体动态过程模型为:

$$\frac{dp_{ca,in}^{N_2}}{dt} = \frac{2RT_{fc}}{V_{ca}} \left(W_{air} (1 - x_{air,in}^{O_2}) - W_{12} (1 - x_{ca,in}^{O_2}) \right) \tag{3}$$

和

$$\frac{dp_{ca,in}^{O_2}}{dt} = \frac{2RT_{fc}}{V_{ca}} \left(W_{air} x_{sup}^{O_2} - W_{12} x_{ca,in}^{O_2} - \frac{i_{in}}{4F} A_{fc,in} \right) \tag{4}$$

另外结合以下公式 (5) 至公式 (7):

$$P_{ca,in} = P_{ca,in}^{N_2} + P_{ca,in}^{O_2} + P_{sat} \tag{5}$$

$$x_{ca,in}^{O_2} = \frac{p_{ca,in}^{O_2}}{p_{ca,in}^{N_2} + p_{ca,in}^{O_2}} \quad \text{式 (6)}$$

$$C_{ca,in}^{O_2} = \frac{p_{ca,in}^{O_2}}{RT_{fc}} \quad \text{式 (7)}$$

其中, $\frac{dp_{ca,in}^{N_2}}{dt}$ 为阴极进口腔内氮气的压力变化率, $\frac{dp_{ca,in}^{O_2}}{dt}$ 为阴极进口腔内氧气的压力变化率, 由式 (3) (4) (5) (6) (13) 联立可以计算出 $p_{ca,in}^{N_2}$ 为阴极进口腔内氮气的压力, $p_{ca,in}^{O_2}$ 为阴极进口腔内氧气的压力, 进而代入式 (7) 可以得到 $C_{ca,in}^{O_2}$ 为阴极进口腔内的氧气浓度, R 为理想气体常数, T_{fc} 为燃料电池内部温度, 可直接测得。 V_{ca} 为阴极控制体体积为设定值), W_{air} 为干空气进气流量, 可由空压机前端的气体流量传感器直接测得。 $x_{air,in}^{O_2}$ 为入口干空气内氧气的体积分数, 可以通过经验值得到。 W_{12} 为从阴极进口腔进入到阴极出口腔的气体流量, 通过下述公式 (12) 来计算, $x_{ca,in}^{O_2}$ 为阴极入口的氧气分压, 通过下述式 (8) 来表示。 $x_{sup}^{O_2}$ 为设定的阴极入口供气中氧气的分压是已知量。 i_{in} 为阴极进口腔内的电流密度 (通过联立 (1) (2) 求解), $A_{fc,in}$ 为阴极进口腔的活性面积, 为已知量。 $p_{ca,in}$ 为阴极进口气体压力 (通过式 (5) 计算), p_{sat} 为饱和水蒸气压力是已知量。 $C_{ca,in}^{O_2}$ 为阴极进口腔内的氧气浓度 (由式 (7) 计算得到)。

所述阴极出口腔气体动态过程模型为:

$$\frac{dp_{ca,out}^{N_2}}{dt} = \frac{2RT'_{fc}}{V_{ca}} \left(W_{12} (1 - x_{ca,in}^{O_2}) - W_{rm} (1 - x_{ca,out}^{O_2}) \right) \quad \text{式 (8)}$$

$$\frac{dp_{ca,out}^{O_2}}{dt} = \frac{2RT'_{fc}}{V_{ca}} \left(W_{12} x_{ca,in}^{O_2} - W_{rm} x_{ca,out}^{O_2} - \frac{i_{out}}{4F} A_{fc,out} \right) \quad \text{式 (9)}$$

另外结合以下公式 (10) 至公式 (14):

$$p_{ca,out} = p_{ca,out}^{N_2} + p_{ca,out}^{O_2} + p_{sat} \quad \text{式 (10)}$$

$$x_{ca,out}^{O_2} = \frac{p_{ca,out}^{O_2}}{p_{ca,out}^{N_2} + p_{ca,out}^{O_2}} \quad \text{式 (11)}$$

$$C_{ca,out}^{O_2} = \frac{p_{ca,out}^{O_2}}{RT'_{fc}} \quad \text{式 (12)}$$

$$W_{12} = 2k_{ca} (p_{ca,in} - p_{ca,out}) \frac{p_{ca,in} - p_{sat}}{RT'_{fc}} \quad \text{式 (13)}$$

$$W_{rm} = 2k_{ca}(p_{ca,out} - p_{rm}) \frac{p_{ca,out} - p_{sat}}{RT_{fc}} \quad \text{式 (14)}$$

其中, $\frac{dp_{ca,out}^{N_2}}{dt}$ 为阴极出口腔内氮气的压力变化率, $\frac{dp_{ca,out}^{O_2}}{dt}$ 为阴极出口腔内氧气的压力变化率, 由式 (8) (9) (10) (11) (12) (13) (14) 联立可以计算出 $p_{ca,out}^{N_2}$ 为阴极出口腔内氮气的压力, $p_{ca,out}^{O_2}$ 为阴极出口腔内氧气的压力, 代入式 (12) 可得 $C_{ca,out}^{O_2}$ 为阴极出口腔内的氧气浓度。R 为理想气体常数, T_{fc} 为燃料电池内部温度, 可直接测得。 V_{ca} 为阴极控制体体积可以是一种设定值。 W_{12} 为从阴极进口腔进入到阴极出口腔的气体流量, 模型中通过式 (13) 来表示。 W_{rm} 为阴极尾排气体流量, 通过式 (14) 来表示。 $x_{ca,in}^{O_2}$ 为阴极入口的氧气分压, 通过式 (6) 来计算。 $x_{ca,out}^{O_2}$ 为阴极出口腔氧气的分压, 通过式 (11) 来表示。 i_{out} 为阴极出口腔内的电流密度, 通过联立 (1) (2) 求解得出。 $A_{fc,out}$ 为阴极出口腔的活性面积, 为已知量。 $p_{ca,out}$ 为阴极出口腔的气体压力, 可以通过式 (10) 表示。 p_{sat} 为饱和水蒸气压力是已知量。 $C_{ca,out}^{O_2}$ 为阴极出口腔内的氧气浓度, 可以由式 (12) 计算得到。

S031, 所述运算参数包括第一运算参数和第二运算参数, 获取从阴极进口腔进入到阴极出口腔的气体流量 W_{12} 作为所述第一运算参数, 获取阴极出口腔排气流量 W_{rm} 作为所述第二运算参数。

S041, 将所述第一运算参数和所述第二运算参数带入所述单流道多腔模型的内部状态过程方程, 求得一个燃料电池阴极的流动阻力系数 k_{ca} 。

S051, 重复步骤 S031 和步骤 S041, 获取多个所述流动阻力系数 k_{ca} , 直至所述待标定量的变化范围在预设范围内, 则完成对所述流动阻力系数 k_{ca} 的标定。

本实施例中, 在标定过程中, 式 (13) 与 (14) 中的 W_{12} 与 W_{rm} 分别通过布置在阴极进口处及阴极尾排阀处的流量传感器测得。 $C_{ca,in}^{O_2}$ 与 $C_{ca,out}^{O_2}$ 可由多点气体采样实验测得, 进而由式 (7) (12) 可分别计算出 $p_{ca,in}^{O_2}$ 与 $p_{ca,out}^{O_2}$ 。 $p_{ca,in}^{N_2}$ 与 $p_{ca,out}^{N_2}$ 可由多点气体采样实验测得。 p_{sat} 为已知量, p_{rm} 可直接测得, 则由式 (5) (10) 可以计算出 $p_{ca,in}$ 与 $p_{ca,out}$ 。将 $p_{ca,in}$ 与 $p_{ca,out}$ 代入式 (13) 或式 (14) 可以求得 k_{ca} 。多次实验求平均值, 标定完成。

更广泛地, 对于单流道多腔模型与单流道两腔模型类似, 主要是考虑物质在流道内分

布的不均匀性，沿气体流动方向将流道分为多个腔，从而建立单流道多腔模型，具体的标定方法可与步骤 S011-步骤 S051 的方法类似。

本实施例中，提供了一种基于单流道多腔模型，建立所述单流道多腔模型的内部状态过程方程。并实现对所述单流道多腔模型的内部状态过程方程中待标定量的标定过程。所述模型中的待标定量是流动阻力系数。本实施例中可以获取多个所述流动阻力系数，直至所述待标定量的变化范围在预设范围内，则完成对所述流动阻力系数的标定。本公开中主要通过燃料电池多点气体采样方法和装置来实现对燃料电池单体模型的标定。具体的燃料电池多点气体采样方法在后续结合图 2-图 6 进行整体介绍。

在一个实施例中，可以通以下步骤判断是否继续获取多个或多组所述待标定量：获取在前步骤中的所有所述流动阻力系数；

按照时间前后进行排列，用后一状态的所述流动阻力系数减去前一状态的所述流动阻力系数，获得所述流动阻力系数的变化量；

判断所述流动阻力系数的变化量是否在一个预设的范围内；

若所述流动阻力系数的变化量在 ± 0.0001 的范围内，则取平均值作为所述流动阻力系数的标定值。

具体的，所述流动阻力系数 k_{ca} 是由气体粘度和燃料电池阴极结构参数决定的阴极腔流动阻力系数（需要通过实验数据标定）。多次重复步骤 S031 和步骤 S041，直到所述流动阻力系数的变化范围在 ± 0.0001 ，取平均值作为所述流动阻力系数的标定值。在一个实施例中，所述流动阻力系数的取值为 $3.457 \times 10^{-5} \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$ 。在其他的实施例中，所述流动阻力系数的取值范围可以是 $1 \times 10^{-5} \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$ 到 $1 \times 10^{-4} \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$ 。

请参阅图 29，在一个实施例中，所述燃料电池内部状态模型的标定方法包括：

S012，将燃料电池等效为包括多个流道的流道间差异模型。本步骤中提供的燃料电池单片的流道间差异模型如图 30 所示。图 30 中示意了三个流道，每个流道示意了三个不同的腔。可以理解，根据设计需求的不同，每个燃料电池单片可设置的流道可以进一步增多，并且每个流道可设置的腔室还可以进一步增多。

S022，结合燃料电池排气管路中液态水饱和度在重力方向上线性分布关系，建立阴极排气流量模型，所述阴极排气流量模型为所述流道间差异模型的内部状态过程方程，所述阴极排气流量模型中待标定量为线性参数 k 和基准量 b 组成的数据组。

在一个实施例中，所述阴极排气流量模型为：

$$W_{ca,out} = \frac{p_{ca,in} - p_{ca,out}}{k_1 + k_2(1 + \frac{\rho_l}{\rho_g}s)\mu_g} \quad \text{式 (15)}$$

结合以下的式 (16)：

$$s = kx + b \quad \text{式 (16)}$$

其中， $W_{ca,out}$ 为阴极不同流道出口的气体流量， $p_{ca,in}$ 为阴极不同流道入口的气体压力，可测得。 $p_{ca,out}$ 为阴极不同流道出口的气体压力，可测得。 k_1 为流道的孔口流量系数是已知量。 k_2 为排气歧管的孔口流量系数是已知量。 ρ_l 为液态水密度， ρ_g 为排气气体密度， μ_g 为气体粘度是已知量。 s 为不同流道的液态水饱和度，假设不同流道的液态水饱和度按照线性分布，并且满足 $s = kx + b$ ， x 为不同流道与初始流道的间距，可测得。 k 为线性参数，

需要实验数据标定。b 为基准量，需要实验数据标定。

S032，所述运算参数包括第三运算参数、第四运算参数和第五运算参数，获取阴极不同流道入口气体压力 $p_{ca,in}$ 作为所述第三运算参数，获取阴极不同流道出口气体压力 $p_{ca,out}$ 作为所述第四运算参数，获取不同流道与初始流道间距 x 作为所述第五运算参数。

S042，将所述第三运算参数、所述第四运算参数和所述第五运算参数带入所述阴极排气流量模型，求得一组所述数据组。

S052，重复步骤 S032 和步骤 S042，获取多组所述数据组，直至所述线性参数和所述基准量的误差平方和在预设范围内，则完成对所述线性参数 k 和所述基准量 b 的标定。

本实施例中的具体标定过程包括：本模型中需要标定的参数为线性系数 k 和基准量 b 。标定实验中，式 (15) 中的 $W_{ca,out}$ 可以通过实际测得，通过布置在流道出口的流量传感器测得，除要标定的参数外，其余参数均已知。通过估计一组 k 和 b 的初始值，改变 x 的值，代入求解相应的，直到计算出的与实际测量的的标准差最小。

在一个实施例中，可以通过一下步骤判断是否继续获取多个或多组所述待标定量：

通过估计不同的所述线性参数 k 和所述基准量 b 的值，改变所述阴极不同流道入口的气体压力 $p_{ca,in}$ 和所述不同流道与初始流道的间距 x ，求解不同的所述阴极不同流道出口的气体流量 $W_{ca,out}^{model}$ 。

根据计算出的所述阴极不同流道出口的气体流量 $W_{ca,out}^{model}$ 与实际测量的所述阴极不同流道出口的气体流量 $W_{ca,out}^{real}$ 带入公式 (17)：

$$r^2 = \sum (W_{ca,out}^{real} - W_{ca,out}^{model})^2 \quad \text{式 (17)}$$

求解每组数据的误差平方和 r^2 ，直至所述误差平方和 r^2 小于 0.001，确定对应的所述线性参数 k 和所述基准量 b 为最优解，完成标定。在一个实施例中，所述线性参数 k 和所述基准量 b 的取值可以为： $k=0.012$ ， $b=0.531$ 。

请参阅图 2-图 6，在一个具体的实施例中提供燃料电池多点气体采样系统及采样方法。

如图 2 所示一种燃料电池气体多点采样系统包括：阳极板 50、膜电极 70、阴极板 60、多个采样点 40 以及采样管路 41。

所述阳极板 50 具有为气体流动提供通道的阳极流道 51。所述膜电极 70 设置于所述阳极板 50 具有所述阳极流道 51 的一侧。阴极板 60 设置于所述膜电极 70 远离所述阳极板 50 的一侧。所述阴极板 60 具有为气体流动提供通道的阴极流道 61。所述阳极流道 51 和所述阴极流道 60 不是全封闭的，流道类似像槽一样，气体在槽里流动。

所述膜电极 70 包括质子交换膜用于实现质子（质子包括电子和空穴）在所述质子交换膜中的交换或者复合。所述膜电极 70 还包括阳极气体扩散层和阳极催化剂层设置于所述质子交换膜的第一侧。所述膜电极 70 还包括阴极催化剂层和阴极的气体扩散层设置于所述质子交换膜的第二侧。

多个采样点 40 设置于所述阳极流道 51 和所述阴极流道 61，并且伸入流道横截面的中心区域。采样管路 41 与所述多个采样点 40 分别连接，用于实现燃料电池内部气体的导出。所述采样管路 41 主要是由从极板外插进流道内的毛细管引出来的管路。所述采样管路 41 可以采用不锈钢毛细管。

质子交换膜燃料电池，氢气和氧气发生电化学反应，生成水的同时输出电能。基本的燃料电池单体结构会包括阳极板 50、阴极板 60 和膜电极 70。其中在阳极板 50 上设置有阳极流道 51。在阴极板 60 上设置有阴极流道 61。膜电极 70 包括质子交换膜、催化层和

扩散层，其中质子交换膜是能够传导质子的聚合物膜，催化剂层为有催化剂铂附着的碳载体，扩散层的成分主要是碳和聚四氟乙烯。质子交换膜、催化层和扩散层构成膜电极，为氢气和氧气的反应提供场所，并起到导电和传热传质的作用。双极板（所述阳极板 50 和所述阴极板 60）一般由碳板或者金属板构成，在双极板上刻有供气体和冷却液流动的流道。

图 3 和图 6 中从另外的剖面示出了：水出口 5，6-阴极出口，流道 7，阳极入口采样点 8，阳极出口采样点 9 以及流道内其他采样点 101。

在一个实施例中，所述多个采样点 40 沿所述阳极流道 51 中流道的走向方向等间距的设置以及沿所述阴极流道 61 中流道的走向方向等间距的设置。

在一个实施例中，燃料电池包括至少三条所述阳极流道 51 和至少三条所述阴极流道 61。所述多个采样点 40 分别在每间隔一条或者多条的所述阳极流道 51 的流道中和每间隔一条或者多条的所述阴极流道 61 的流道中设置。

请结合图 2-图 6，所述燃料电池多点气体采样方法至少包括以下步骤：

S10，设置采样管路 41 和多个采样点 40。所述多个采样点 40 设置于燃料电池的阴极入口 1、阳极出口 3、阳极入口 4、阴极出口 6 以及阳极流道 51 和阴极流道 61 中。其中，设置于所述阳极流道 51 和所述阴极流道 61 中的采样点 40 伸入流道横截面的中心区域。所述采样管路 41 与所述多个采样点 40 分别连接，用于实现燃料电池内部气体的导出。

本步骤中，将采样点设置于流道横截面的中心区域可以理解为将所述采样管路 41 穿透所述阳极流道 51 和所述阴极流道 61 的流道板，所述采样管路 41 伸入流道内部的端点可以直接接触到燃料电池内部的气体，成为一个所述采样点 40。另外请参阅图 3-图 6，所述多个采样点 40 除了设置于燃料电池的所述阴极入口 1、所述阳极出口 3、所述阳极入口 4 和所述阴极出口 6 的采样点，还包括设置于所述阳极流道 51 和所述阴极流道 61 的流道板的所述采样点 40。设置于所述阳极流道 51 和所述阴极流道 61 的流道板的所述采样点 40 可以获取燃料电池内部不同位置的采样气体。

S20，向所述阴极入口 1 和所述阳极入口 4 分别通入反应气体，并在燃料电池的阳极板 50 和阴极板 60 之间加入电子负载。

本步骤中，可以向所述阴极入口 1 和所述阳极入口 4 中分别通入阴极标准气体和阳极标准气体。通气之后在所述阴极板 60 和所述阳极板 50 之间加入一定的电子负载。比如，所述电子负载可以是设定燃料电池单片输出 $0A/cm^2$ - $2A/cm^2$ 的电流。

S30，获取经所述采样管路 41 导出的所述多个采样点 40 的采集气体，以完成对燃料电池气体的采样。

本步骤中，可以通过采样装置 10 获取经所述采样管路 41 导出的所述多个采样点 40 的采集气体。所述采样装置 10 可以对采集气体进行分析，得出分析结果，用以指导燃料电池的使用。

本实施例中，设置所述多个采样点 40 分别获取燃料电池中不同位置的采样气体，以实现燃料电池内部多点气体的采样，实时监控到燃料电池内部不同位置气体含量。所述多个采样点 40 伸入所述阳极流道 51 和所述阴极流道 61 横截面的中心区域，可以精确的获取流经流道的气体。通过在燃料电池的阳极板 50 和阴极板 60 的流道中设置多个所述采样点 40 可以获取各点的采样气体，分析气体的含量及浓度可以帮助燃料电池获得更安全可靠的工作条件，有利于保证燃料电池的工作安全和工作寿命，保证燃料电池的利用率。

本公开一个实施例中，与硬件结构相关的燃料电池内部状态模型的标定方法的部分具体包括：

第一，设计实验条件的各种参数。实验条件的各种参数分别包括：阴极流量（标准状态） $5.16L/min$ ；阴极入口露点温度 $60^\circ C$ ；干球温度 $65^\circ C$ ；电流 $40A$ ；冷却液入口温度 $59^\circ C$ 。

第二，设计的实验步骤：

(1) 对燃料电池进行氦气吹扫，设定冷却液温度和流量。

(2) 停止吹扫并供应空气和氢气，设定阴极增湿露点温度和空气干球温度，逐步增

大空气流量和氦气流量。同时逐步增大电流负载，直至气体流量和电流达到设定值，并且稳定运行一段时间。

(3) 打开所述采样装置 10 的采样口，打开所述气瓶 20 的出口，用氦气吹扫管路。所述采样装置 10 为质谱仪，待所述质谱仪的采样结果稳定一段时间后关闭氦气瓶出口，关闭四通阀与之相连的入口。

(4) 关闭所述第二 N 通阀 32 的所有出入口，关闭所述第一 N 通阀 31（阳极处的）的其他口，仅打开所述第一 N 通阀 31 的出口以及与第一采样点连通的入口，对第一采样点进行采样。

(5) 对第一采样点采样一段时间后，关闭所述第一 N 通阀 31 入口，打开所述气瓶 20（此时所述气瓶 20 为氦气瓶）出口以及所述四通阀 30 与之连通的入口，用氦气吹扫管路一段时间，关闭氦气瓶出口以及所述四通阀 30 与之连通的入口。

(6) 打开所述第一 N 通阀 31 与第二采样点的入口，对第二采样点进行采样。

(7) 类似地，采样结束后，吹扫，之后切换至下一个采样点，直至所述阳极板 50 所有采样点采样完成。

(8) 氦气吹扫所述采样管路 41。打开所述第二 N 通阀 32（阴极板处的）的出口与所述阴极板 60 的第一采样点连通的入口，开始采样。

(9) 重复步骤 (5) 至步骤 (7)，直至所述阴极板 60 所有采样点采样完成。

第三，在获得所述运算参数之后，对进行标定：

运用上述采样结果对模型进行标定，将采样结果代入单流道多腔模型或者流道间差异模型，反推出所需要标定的参数值，即可得到较为准确的燃料电池单体的单流道多腔模型和流道间差异模型。

第四，对标定参数进行验证：

运用标定后的单流道多腔模型和流道间差异模型进行验证。具体方法为在模型分析软件中对模型设定与实际实验相同的工作条件，比较模型结果与实验结果。若结果比较吻合，则证明标定的模型有效。否则，需要重新修改模型。标定结果如图 31 和图 32 所示。

本公开的另一个实施例提供一种燃料电池内部状态模型的标定装置，包括：燃料电池等效模型确定单元、燃料电池内部状态过程确定单元、运算参数获取单元、运算参数计算单元以及循环判断单元。

所述燃料电池等效模型确定单元用于确定燃料电池适用的模型。所述燃料电池内部状态过程确定单元用于结合所述燃料电池等效模型及燃料电池工作条件建立燃料电池内部状态过程方程并确定待标定量。所述运算参数获取单元用于获取所述燃料电池内部状态过程方程中的运算参数。所述运算参数计算单元用于将所述运算参数带入所述单流道多腔模型的内部状态过程方程求得一个或者一组所述待标定量。所述循环判断单元用于判断是否继续获取多个或多组所述待标定量当所述待标定量的平均值或者所述待标定量的误差平方和在阈值范围内则不再继续获取多个或多组所述待标定量。

本实施例中所述燃料电池内部状态模型的标定装置实现燃料电池内部状态模型参数标定的具体步骤可以参考上述的燃料电池内部状态模型的标定方法，在此不再赘述。

一种计算机设备，包括存储器和处理器，所述存储器存储有计算机程序。所述处理器执行所述计算机程序时实现上述任一项所述方法的步骤。

一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序。所述计算机程序被处理器执行时实现上述任一项所述的方法的步骤。

本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程，是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成，所述的计算机程序可存储于一非易失性计算机可读存储介质中，该计算机程序在执行时，可包括如上述各方法的实施例的流程。其中，本公开所提供的各实施例中所使用的对存储器、存储、数据库或其它介质的任何引用，均可包括非易失性和/或易失性存储器。非易失性存储器可包括只读存储器(ROM)、可编程ROM

(PROM)、电可编程 ROM (EPROM)、电可擦除可编程 ROM (EEPROM) 或闪存。易失性存储器可包括随机存取存储器 (RAM) 或者外部高速缓冲存储器。作为说明而非局限, RAM 以多种形式可得, 诸如静态 RAM (SRAM)、动态 RAM (DRAM)、同步 DRAM (SDRAM)、双数据率 SDRAM (DDRSDRAM)、增强型 SDRAM (ESDRAM)、同步链路 (Synchlink) DRAM (SLDRAM)、存储器总线 (Rambus) 直接 RAM (RDRAM)、直接存储器总线动态 RAM (DRDRAM)、以及存储器总线动态 RAM (RDRAM) 等。

需要说明的是, 在本文中, 诸如“第一”和“第二”等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来, 而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。

以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合, 为使描述简洁, 未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述, 然而, 只要这些技术特征的组合不存在矛盾, 都应当认为是本说明书记载的范围。

以上所述实施例仅表达了本公开的几种实施方式, 其描述较为具体和详细, 但并不能因此而理解为对申请专利范围的限制。应当指出的是, 对于本领域的普通技术人员来说, 在不脱离本公开构思的前提下, 还可以做出若干变形和改进, 这些都属于本公开的保护范围。因此, 本公开专利的保护范围应以所附权利要求为准。

权利要求

1、一种燃料电池气体采样方法，其特征在于，包括：

设置采样管路（41）和多个采样点（40），所述多个采样点（40）设置于燃料电池的阴极入口（1）、阳极出口（3）、阳极入口（4）、阴极出口（6）以及阳极流道（51）和阴极流道（61）中，其中，设置于所述阳极流道（51）和所述阴极流道（61）中的采样点（40）伸入流道横截面的中心区域；所述采样管路（41）与所述多个采样点（40）分别连接，用于实现燃料电池内部气体的导出；

向所述阴极入口（1）和所述阳极入口（4）分别通入反应气体，并在燃料电池的阳极板（50）和阴极板（60）之间加入电子负载；

获取经所述采样管路（41）导出的所述多个采样点（40）的采集气体，以完成对燃料电池气体的采样。

2、根据权利要求 1 所述的燃料电池气体采样方法，其特征在于，设置所述多个采样点（40）的步骤具体包括：

沿燃料电池的所述阳极流道（51）中流道的走向方向等间距的设置所述多个采样点（40）；

沿燃料电池的所述阴极流道（61）中流道的走向方向等间距的设置所述多个采样点（40）。

3、根据权利要求 2 所述的燃料电池气体采样方法，其特征在于，燃料电池包括至少三条所述阳极流道（51）和至少三条所述阴极流道（61），

设置所述多个采样点（40）的步骤具体还包括：

在每间隔一条或者多条的所述阳极流道（51）上设置所述多个采样点（40）；

在每间隔一条或者多条的所述阴极流道（61）上设置所述多个采样点（40）。

4、根据权利要求 1 所述的燃料电池气体采样方法，其特征在于，设置所述多个采样点（40）的步骤具体包括：

沿燃料电池内部的所述阳极流道（51）中流道的走向方向划分多个区域，将所述多个采样点（40）设置于区域边界，不同区域中所述采样点（40）分布的密集度不完全相同；

沿燃料电池内部的所述阴极流道（61）中流道的走向方向划分多个区域，不同区域中所述采样点（40）分布的密集度不完全相同。

5、根据权利要求 1-4 中任一项所述的燃料电池气体采样方法，其特征在于，在向所述阴极入口（1）和所述阳极入口（4）分别通入反应气体，并在燃料电池的阳极板（50）和阴极板（60）之间加入电子负载的步骤之前，还包括：

向所述采样管路(41)中通入惰性气体,以实现与所述多个采样点(40)和所述采样管路(41)的清扫。

6、根据权利要求1所述的燃料电池气体采样方法,其特征在于,在获取经所述采样管路(41)导出的所述多个采样点(40)的采集气体,以完成对燃料电池气体的采样的步骤之前,还包括:

提供采样装置(10);

向所述采样管路(41)中通入阳极标准气,通过所述采样装置(10)分析采样气体,以获得第一类采样结果;

向所述采样管路(41)中通入阴极标准气,通过所述采样装置(10)分析采样气体,以获得第二类采样结果;

重复上述两个步骤,获得多个所述第一类采样结果和多个所述第二类采样结果,对多个所述第一类采样结果和多个所述第二类采样结果进行分析计算,以获得所述采样装置(10)的采样修正系数,完成对所述采样装置(10)的标定。

7、一种燃料电池气体采样系统,其特征在于,包括:

阳极板(50),具有为气体流动提供通道的阳极流道(51);

膜电极(70),设置于所述阳极板(50)具有所述阳极流道(51)的一侧;

阴极板(60),设置于所述膜电极(70)远离所述阳极板(50)的一侧,所述阴极板(60)具有为气体流动提供通道的阴极流道(61);

多个采样点(40),设置于所述阳极流道(51)和所述阴极流道(61),并且伸入流道横截面的中心区域;以及

采样管路(41),与所述多个采样点(40)分别连接,用于实现燃料电池内部气体的导出。

8、根据权利要求7所述的燃料电池气体采样系统,其特征在于,所述多个采样点(40)沿所述阳极流道(51)中流道的走向方向等间距的设置以及沿所述阴极流道(61)中流道的走向方向等间距的设置。

9、根据权利要求8所述的燃料电池气体采样系统,其特征在于,燃料电池包括至少三条所述阳极流道(51)和至少三条所述阴极流道(61),

所述多个采样点(40)分别在每间隔一条或者多条的所述阳极流道(51)的流道中和每间隔一条或者多条的所述阴极流道(61)的流道中设置。

10、根据权利要求7所述的燃料电池气体采样系统,其特征在于,所述阳极流道(51)中沿流道的走向方向具有多个第一类区域,所述阴极流道(61)中沿流道的走向方向具有

多个第二类区域，所述多个采样点（40）分别设置于每一个第一类区域边界所在的流道和每一个第二类区域边界所在的流道，不同区域中所述采样点（40）分布的密集度不完全相同。

11、一种燃料电池电流密度分布估计方法，其特征在于，包括：

在燃料电池的阴极板（60）定义多个区域，所述阴极板（60）具有阴极流道（61），每个分区内沿所述阴极流道（61）流向方向间隔设置多个采样点（40），每一个采样点（40）均伸入流道横截面的中心区域；

分别计算所述多个区域中每一个区域内的氧气浓度变化量；

根据法拉第定律计算得出一个区域的电流值，所述电流值等于一个区域内氧气浓度的变化量与氧气的体积流量以及四倍法拉第常数的乘积，分别获得所述多个区域内的电流值；

根据所述多个区域内每个区域的电流值与区域面积之比，分别得出所述多个区域的电流密度，并根据所述多个区域以及所述多个区域的电流密度生成燃料电池的电流密度分布图。

12、如权利要求 11 所述的燃料电池电流密度分布估计方法，其特征在于，在每一个区域内，沿燃料电池的所述阴极流道（61）中流道的走向方向等间距的设置所述多个采样点（40）。

13、如权利要求 11 所述的燃料电池电流密度分布估计方法，其特征在于，燃料电池包括至少三条所述阴极流道（61），在每间隔一条或者多条的所述阴极流道（61）上设置所述多个采样点（40）。

14、根据权利要求 11-13 中任一项所述的燃料电池电流密度分布估计方法，其特征在于，每一个区域内，所述多个采样点（40）均设置于区域边界，不同区域中所述采样点（40）分布的密集度不完全相同。

15、根据权利要求 14 所述的燃料电池电流密度分布估计方法，其特征在于，每一个区域内的氧气浓度变化量等于进入一个区域的氧气浓度与流出一个区域的氧气浓度之差；

其中，进入一个区域的氧气浓度等于设置于一个区域进入边界的所述多个采样点（40）获得的平均氧气浓度，流出一个区域的氧气浓度等于设置于一个区域流出边界的所述多个采样点（40）获得的平均氧气浓度。

16、根据权利要求 15 所述的燃料电池电流密度分布估计方法，其特征在于，一个所述采样点（40）的氧气浓度等于一个所述采样点（40）的氧气分压与一个所述采样点（40）的氮气分压的比值，再乘以一个所述采样点（40）的氮气浓度，其中，气体流经所述阴极

流道 (61) 时, 氮气浓度不发生变化。

17、根据权利要求 15 所述的燃料电池电流密度分布估计方法, 其特征在于, 所述根据法拉第定律计算得出一个区域的电流值的具体方法包括:

结合法拉第定律: $m=Q/F \times M/z$ 、 $Q=It$ 以及 $n=m/M$, 推导得出 $I=(n \times F \times z)/t$, 其中, m 为反应气体的质量, Q 为反应过程中转移的电荷量, F 为法拉第常数, M 为反应气体的摩尔质量, z 为每个反应气体分子所需要转移的电子数, n 为反应气体的物质的量, I 为电流值, t 为时间;

结合 $n=c \times V$, $V=W \times t$ 得出 $I=c \times W \times F \times z$, 其中, t 为气体流过该部分流道所用的时间, c 为反应气体的摩尔浓度, V 为流过该部分流道的气体的体积, W 为流过该部分流道的气体的流量, z 为每个反应气体分子反应所需要转移的电子数;

结合 $I=c \times W \times F \times z$, 以及阴极反应气体氧气分子在反应过程中所需要转移的电子数为 4, 得出一个区域的电流值 $I_k = \Delta C_{(O_2)}^k \times W \times 4F$ 。

18、一种燃料电池电流密度分布估计装置, 其特征在于, 所述装置包括:

采样气体获取模块 (210), 用于获取燃料电池的阴极板 (60) 多个区域内沿阴极流道 (61) 流向方向间隔设置多个采样点 (40) 的采样气体信息;

氧气浓度运算模块 (220), 用于计算所述多个区域中每一个区域内的氧气浓度变化量;

区域电流运算模块 (230), 用于计算得出一个区域的电流值; 以及

电流密度分布图生成模块 (240), 用于生成燃料电池中所述多个区域的电流密度分布图。

19、一种燃料电池内部状态模型的标定方法, 其特征在于, 包括:

S01, 确定燃料电池等效模型;

S02, 结合所述燃料电池等效模型及燃料电池工作条件, 建立燃料电池内部状态过程方程, 并确定所述燃料电池等效模型的内部状态过程方程中的待标定量;

S03, 通过燃料电池多点气体采样方法, 获取所述燃料电池内部状态过程方程中的运算参数;

S04, 将所述运算参数带入所述燃料电池等效模型的内部状态过程方程, 求得一个或者一组所述待标定量; 以及

S05, 重复步骤 S03 和步骤 S04, 获取多个或多组所述待标定量, 直至所述待标定量的变化范围在预设范围内, 或者所述待标定量的误差平方和在预设范围内, 则完成对所述待标定量的标定。

20、根据权利要求 19 所述的燃料电池内部状态模型的标定方法, 其特征在于,

S011, 将燃料电池等效为至少包括阴极进口腔和阴极出口腔的单流道多腔模型;

S021, 结合燃料电池阴极腔室的工作电流条件和工作电压条件, 建立所述单流道多腔模型的内部状态过程方程, 所述单流道多腔模型的内部状态过程方程中待标定量为流动阻力系数;

S031, 所述运算参数包括第一运算参数和第二运算参数, 获取从阴极进口腔进入到阴极出口腔的气体流量作为所述第一运算参数, 获取阴极出口腔排气流量作为所述第二运算参数;

S041, 将所述第一运算参数和所述第二运算参数带入所述单流道多腔模型的内部状态过程方程, 求得一个燃料电池阴极的流动阻力系数;

S051, 重复步骤 S031 和步骤 S041, 获取多个所述流动阻力系数, 直至所述待标定量的变化范围在预设范围内, 则完成对所述流动阻力系数的标定。

21、根据权利要求 20 所述的燃料电池内部状态模型的标定方法, 其特征在于,

所述工作电流条件为 $i_{in}A_{fc,in} + i_{out}A_{fc,out} = I_{load}$, 其中, $A_{fc,in}$ 为燃料电池进口腔的活性面积, $A_{fc,out}$ 为燃料电池出口腔的活性面积, I_{load} 为负载电流, i_{in} 为阴极进口腔内的电流密度, i_{out} 为阴极出口腔内的电流密度;

所述工作电压条件为:

$$\begin{aligned} & \frac{RT}{\alpha_c F} \ln \left[\frac{s_{stop} i_{in}}{(s_{stop} - s_{in}) a i_0^{ref}} \times \frac{C_{ref}^{O_2}}{C_{ca,in}^{O_2} - \frac{i_{in}}{4F} \left[\frac{L_{gdl}}{D_{O_2}^{eff} (1 - s_{in})^2} + \frac{1}{h_{O_2}} \right]} \right] - i_{in} R_{in} \\ & = \frac{RT}{\alpha_c F} \ln \left[\frac{s_{stop} i_{out}}{(s_{stop} - s_{out}) a i_0^{ref}} \times \frac{C_{ref}^{O_2}}{C_{ca,out}^{O_2} - \frac{i_{out}}{4F} \left[\frac{L_{gdl}}{D_{O_2}^{eff} (1 - s_{out})^2} + \frac{1}{h_{O_2}} \right]} \right] - i_{out} R_{out} \end{aligned} ;$$

其中, R 为理想气体常数, F 为法拉第常数, T 为燃料电池内部温度, L_{gdl} 为气体扩散层厚度, α_c 为阴极反应传递系数, s_{stop} 为燃料电池受水淹影响停止工作时的液态水饱和度, s_{in} 为阴极进口处的液态水饱和度, s_{out} 为阴极出口处的液态水饱和度, a 为水活度, i_0^{ref} 为参考电流密度, h_{O_2} 为氧气对流传质系数, R_{in} 为进口腔欧姆电阻, R_{out} 为出口腔欧姆电阻,

$D_{O_2}^{eff}$ 为氧气的有效扩散系数, $C_{ref}^{O_2}$ 为氧气的参考浓度, $C_{ca,in}^{O_2}$ 为阴极进口腔内的氧气浓度, $C_{ca,out}^{O_2}$ 为阴极出口腔内的氧气浓度, i_{in} 为阴极进口腔内的电流密度, i_{out} 为阴极出口腔内的电流密度。

22、根据权利要求 20 所述的燃料电池内部状态模型的标定方法, 其特征在于,

所述单流道多腔模型的内部状态过程方程包括: 阴极进口腔气体动态过程模型和阴极出口腔气体动态过程模型;

所述阴极进口腔气体动态过程模型为:

$$\frac{dp_{ca,in}^{N_2}}{dt} = \frac{2RT_{fc}}{V_{ca}} \left(W_{air} (1 - x_{air,in}^{O_2}) - W_{12} (1 - x_{ca,in}^{O_2}) \right) \quad \text{和}$$

$$\frac{dp_{ca,in}^{O_2}}{dt} = \frac{2RT_{fc}}{V_{ca}} \left(W_{air} x_{sup}^{O_2} - W_{12} x_{ca,in}^{O_2} - \frac{i_{in}}{4F} A_{fc,in} \right), \quad \text{其中, } \frac{dp_{ca,in}^{N_2}}{dt} \text{ 为阴极进口腔内氮气的压力变化}$$

率, $\frac{dp_{ca,in}^{O_2}}{dt}$ 为阴极进口腔内氧气的压力变化率, $p_{ca,in}^{N_2}$ 为阴极进口腔内氮气的压力, $p_{ca,in}^{O_2}$ 为

阴极进口腔内氧气的压力, $C_{ca,in}^{O_2}$ 为阴极进口腔内的氧气浓度, R 为理想气体常数, T_{fc} 为

燃料电池内部温度, V_{ca} 为阴极控制体体积, W_{air} 为干空气进气流量, $x_{air,in}^{O_2}$ 为入口干空气内

氧气的体积分数, W_{12} 为从阴极进口腔进入到阴极出口腔的气体流量, $x_{ca,in}^{O_2}$ 为阴极入口的

氧气分压, $x_{sup}^{O_2}$ 为设定的阴极入口供气中氧气的分压, i_{in} 为阴极进口腔内的电流密度, $A_{fc,in}$

为阴极进口腔的活性面积;

所述阴极出口腔气体动态过程模型为:

$$\frac{dp_{ca,out}^{N_2}}{dt} = \frac{2RT_{fc}}{V_{ca}} \left(W_{12} (1 - x_{ca,in}^{O_2}) - W_{rm} (1 - x_{ca,out}^{O_2}) \right) \quad \text{和}$$

$$\frac{dp_{ca,out}^{O_2}}{dt} = \frac{2RT_{fc}}{V_{ca}} \left(W_{12} x_{ca,in}^{O_2} - W_{rm} x_{ca,out}^{O_2} - \frac{i_{out}}{4F} A_{fc,out} \right), \quad \text{其中, } \frac{dp_{ca,out}^{N_2}}{dt} \text{ 为阴极出口腔内氮气的压力}$$

变化率, $\frac{dp_{ca,out}^{O_2}}{dt}$ 为阴极出口腔内氧气的压力变化率, $p_{ca,out}^{N_2}$ 为阴极出口腔内氮气的压力,

$p_{ca,out}^{O_2}$ 为阴极出口腔内氧气的压力, $C_{ca,out}^{O_2}$ 为阴极出口腔内的氧气浓度, $x_{ca,in}^{O_2}$ 为阴极入口的

氧气分压, $x_{ca,out}^{O_2}$ 为阴极出口腔氧气的分压, i_{out} 为阴极出口腔内的电流密度, $A_{fc,out}$ 为阴极

出口腔的活性面积, W_{12} 为从阴极进口腔进入到阴极出口腔的气体流量, W_{rm} 为阴极尾排气

体流量；其中， $W_{12} = 2k_{ca}(p_{ca,in} - p_{ca,out}) \frac{p_{ca,in} - p_{sat}}{RT_{fc}}$ ， $W_{rm} = 2k_{ca}(p_{ca,out} - p_{rm}) \frac{p_{ca,out} - p_{sat}}{RT_{fc}}$

k_{ca} 表示燃料电池阴极腔的流动阻力系数， k_{ca} 为所述燃料电池等效模型的内部状态过程方程中的所述待标定量， $p_{ca,in}$ 为阴极入口腔的气体压力， $p_{ca,out}$ 为阴极出口腔的气体压力， p_{sat} 为饱和水蒸气压力， p_{rm} 为尾排气体压力。

23、根据权利要求 19 所述的燃料电池内部状态模型的标定方法，其特征在于，

S012，将燃料电池等效为包括多个流道的流道间差异模型；

S022，结合燃料电池排气管路中液态水饱和度在重力方向上线性分布关系，建立阴极排气流量模型，所述阴极排气流量模型为所述流道间差异模型的内部状态过程方程，所述阴极排气流量模型中待标定量为线性参数和基准量组成的数据组；

S032，所述运算参数包括第三运算参数、第四运算参数和第五运算参数，获取阴极不同流道入口气体压力作为所述第三运算参数，获取阴极不同流道出口气体压力作为所述第四运算参数，获取不同流道与初始流道间距作为所述第五运算参数；

S042，将所述第三运算参数、所述第四运算参数和所述第五运算参数带入所述阴极排气流量模型，求得一组所述数据组；

S052，重复步骤 S032 和步骤 S042，获取多组所述数据组，直至所述线性参数和所述基准量的误差平方和在预设范围内，则完成对所述线性参数和所述基准量的标定。

24、根据权利要求 23 所述的燃料电池内部状态模型的标定方法，其特征在于，所述

阴极排气流量模型为： $W_{ca,out} = \frac{p_{ca,in} - p_{ca,out}}{k_1 + k_2(1 + \frac{\rho_1}{\rho_g}s)\mu_g}$ ，其中， $W_{ca,out}$ 为阴极不同流道出口的气

体流量， $p_{ca,in}$ 为阴极不同流道入口的气体压力， $p_{ca,out}$ 为阴极不同流道出口的气体压力， k_1 为流道的孔口流量系数， k_2 为排气歧管的孔口流量系数， ρ_1 为液态水密度， ρ_g 为排气气体密度， μ_g 为气体粘度， s 为不同流道的液态水饱和度，假设不同流道的液态水饱和度按照线性分布，并且满足 $s = kx + b$ ， x 为不同流道与初始流道的间距， k 为线性参数， b 为基准量。

25、根据权利要求 24 所述的燃料电池内部状态模型的标定方法，其特征在于，

通过估计不同的所述线性参数和所述基准量的值，改变所述阴极不同流道入口的气体压力 $p_{ca,in}$ 和所述不同流道与初始流道的间距 x ，求解不同的所述阴极不同流道出口的气体

流量 $W_{ca,out}^{model}$;

根据计算出的所述阴极不同流道出口的气体流量 $W_{ca,out}^{model}$ 与实际测量的所述阴极不同流道出口的气体流量 $W_{ca,out}^{real}$ 带入公式 $r^2 = \sum (W_{ca,out}^{real} - W_{ca,out}^{model})^2$, 求解每组数据的误差平方和 r^2 , 直至所述误差平方和 r^2 小于 0.001, 确定对应的所述线性参数和所述基准量为最优解, 完成标定。

26、一种燃料电池内部状态模型的标定装置, 其特征在于, 包括:

燃料电池等效模型确定单元, 用于确定燃料电池适用的模型;

燃料电池内部状态过程确定单元, 用于结合所述燃料电池等效模型及燃料电池工作条件建立燃料电池内部状态过程方程, 并确定待标定量;

运算参数获取单元, 用于获取所述燃料电池内部状态过程方程中的运算参数;

运算参数计算单元, 用于将所述运算参数带入所述单流道多腔模型的内部状态过程方程, 求得一个或者一组所述待标定量; 以及

循环判断单元, 用于判断是否继续获取多个或多组所述待标定量, 当所述待标定量的平均值或者所述待标定量的误差平方和在阈值范围内, 则不再继续获取多个或多组所述待标定量。

27、一种计算机设备, 包括存储器和处理器, 所述存储器存储有计算机程序, 其特征在于, 所述处理器执行所述计算机程序时实现权利要求 11 至 17 中任一项或者权利要求 19 至 25 中任一项所述方法的步骤。

28、一种计算机可读存储介质, 其上存储有计算机程序, 其特征在于, 所述计算机程序被处理器执行时实现权利要求 11 至 17 中任一项或者权利要求 19 至 25 中任一项所述的方法的步骤。

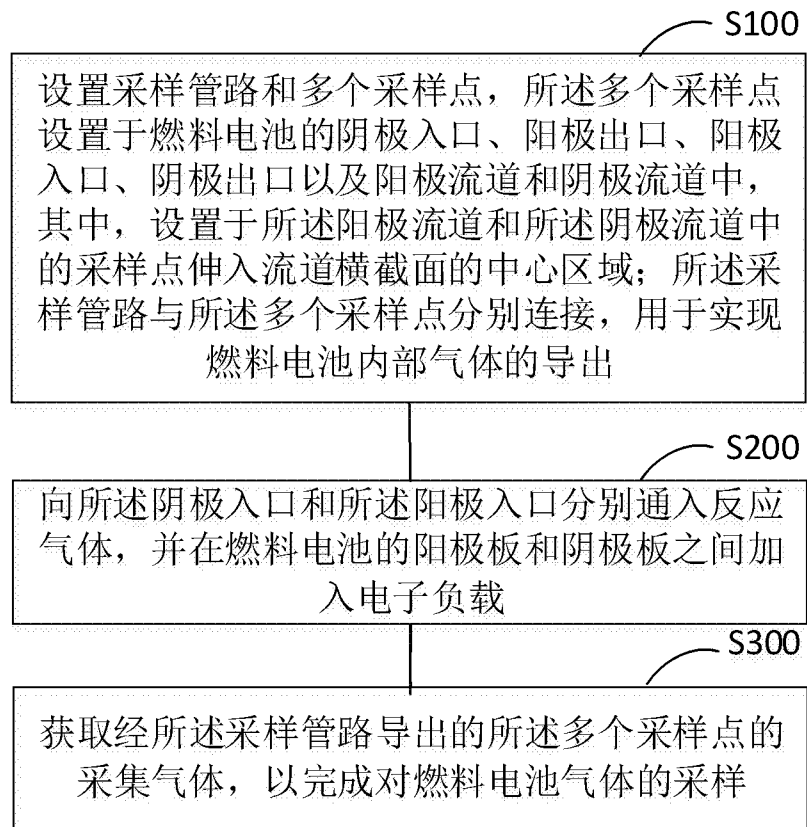


图 1

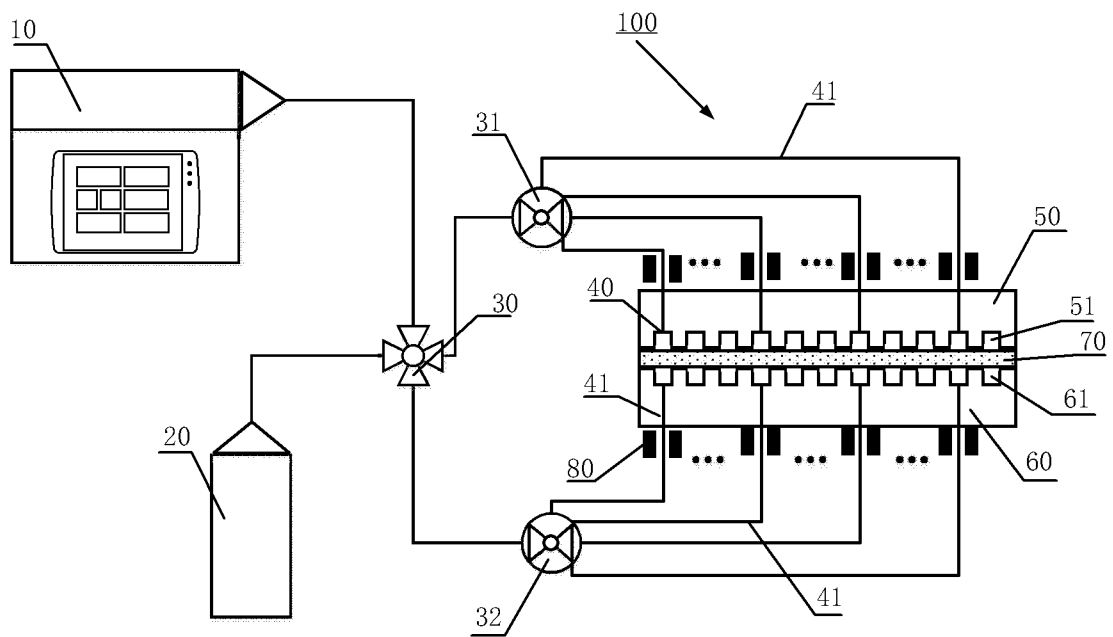


图 2

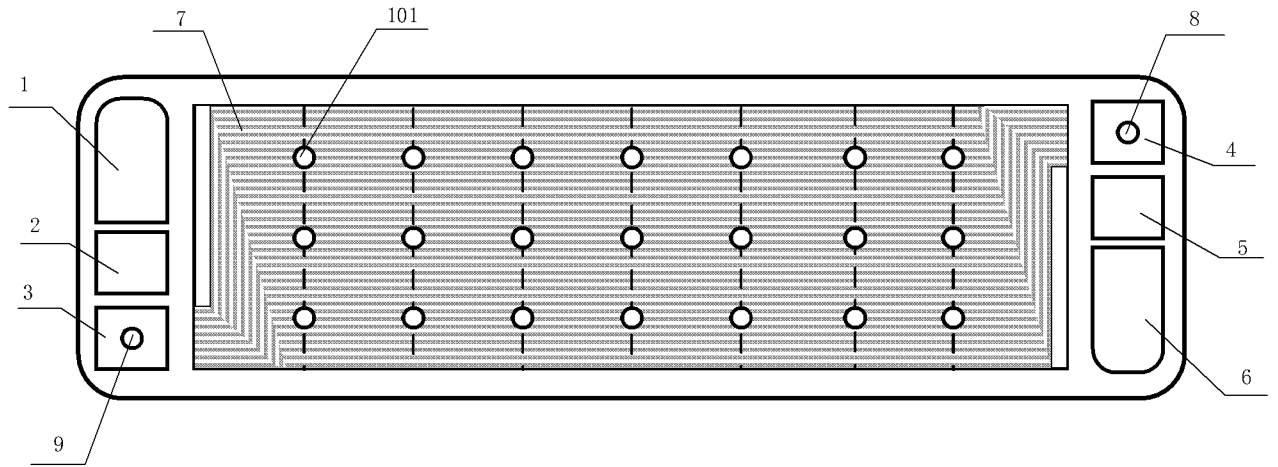


图 3

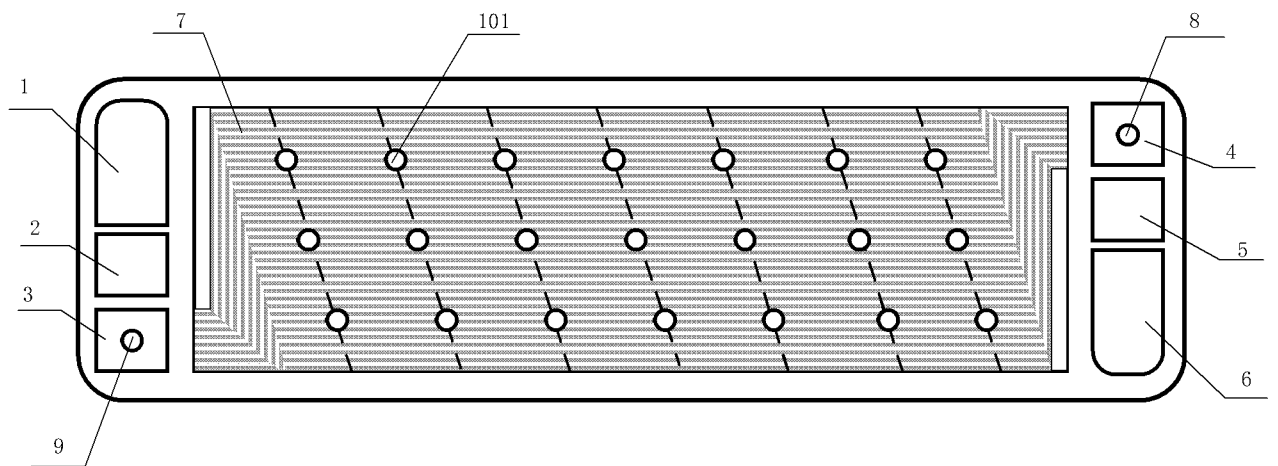


图 4

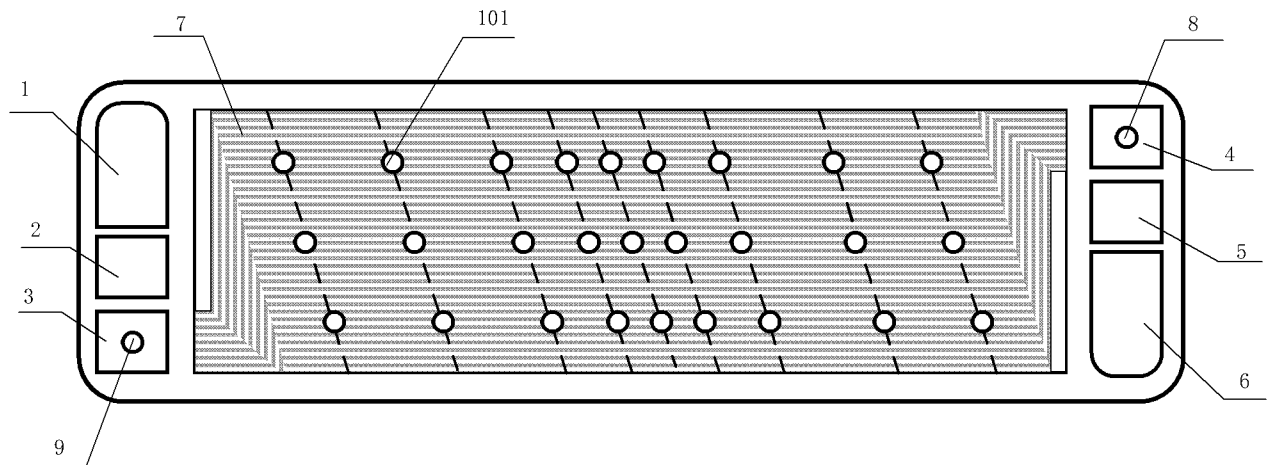


图 5

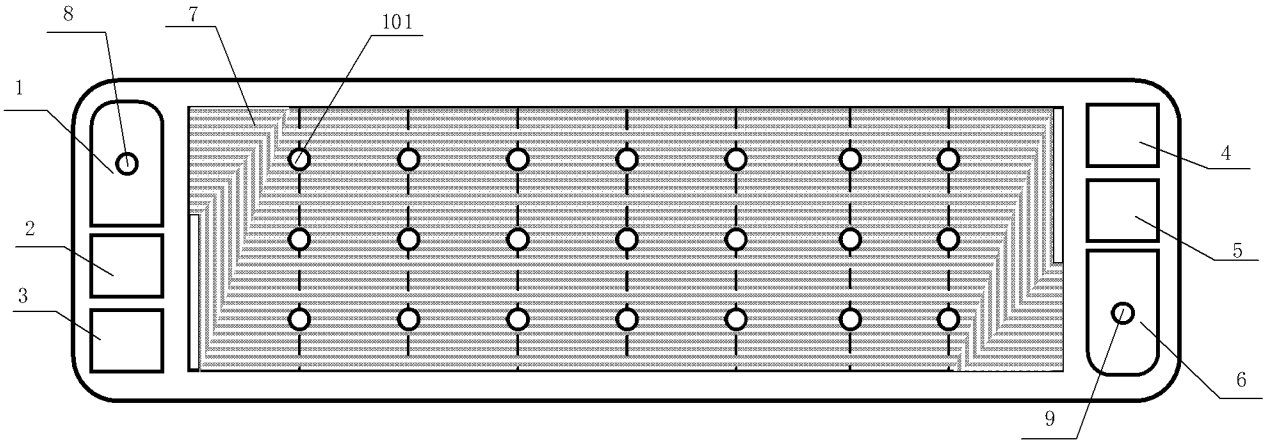


图 6

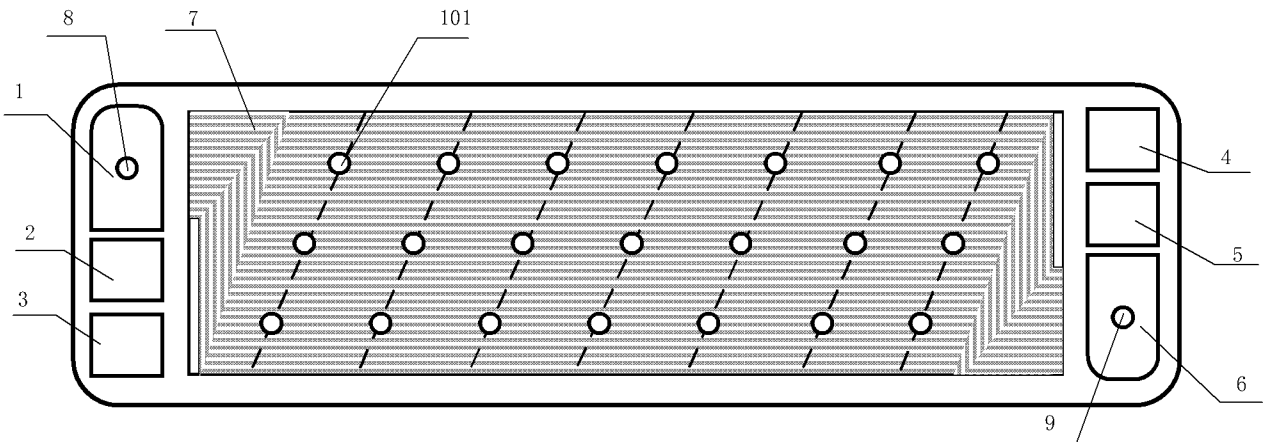


图 7

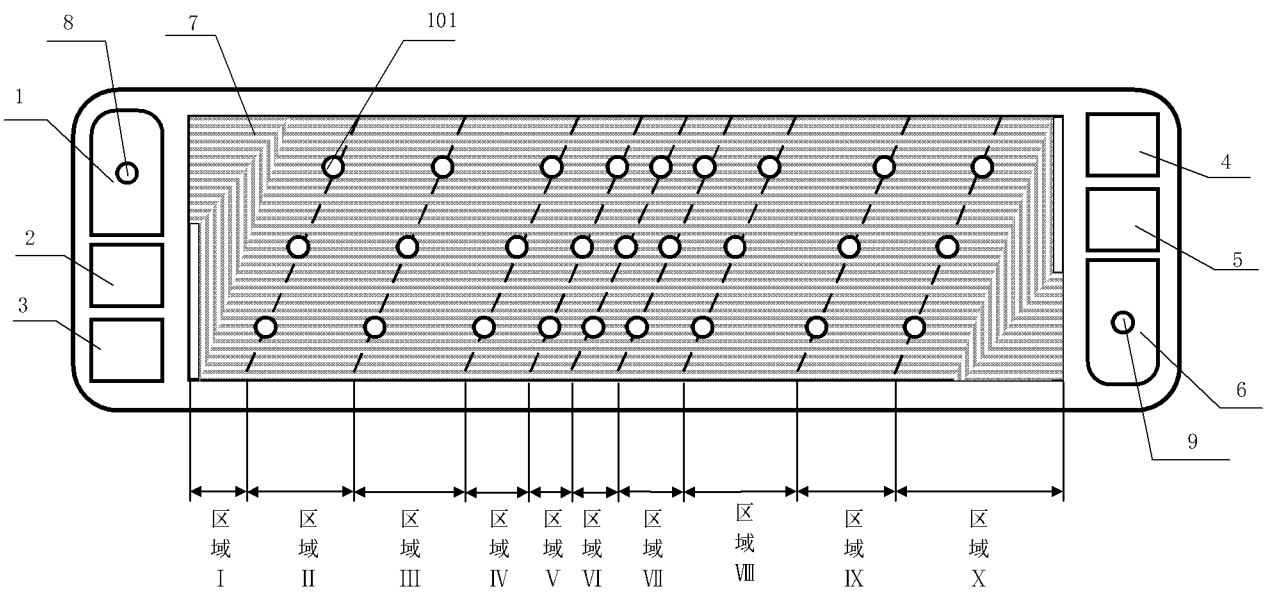


图 8

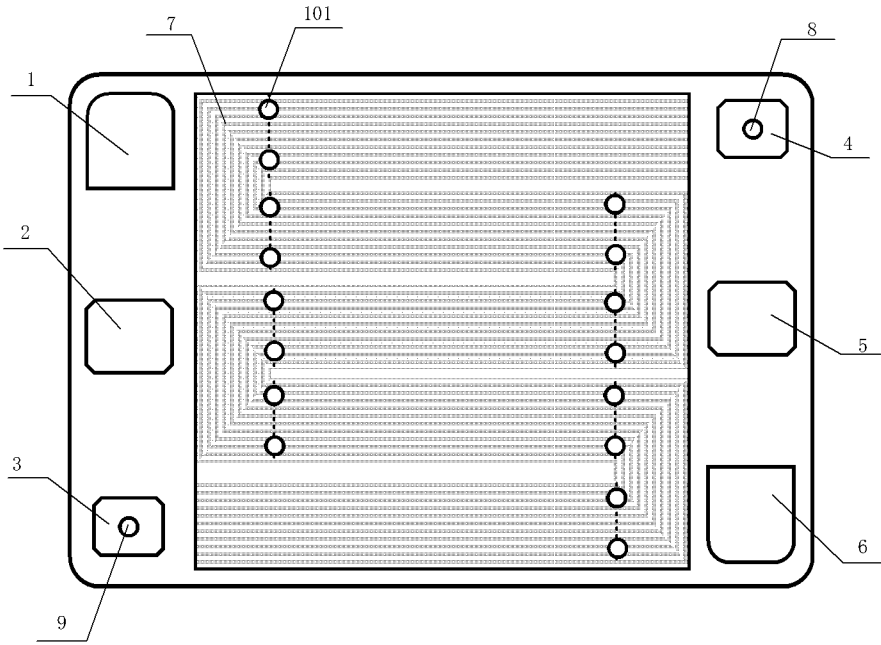


图 9

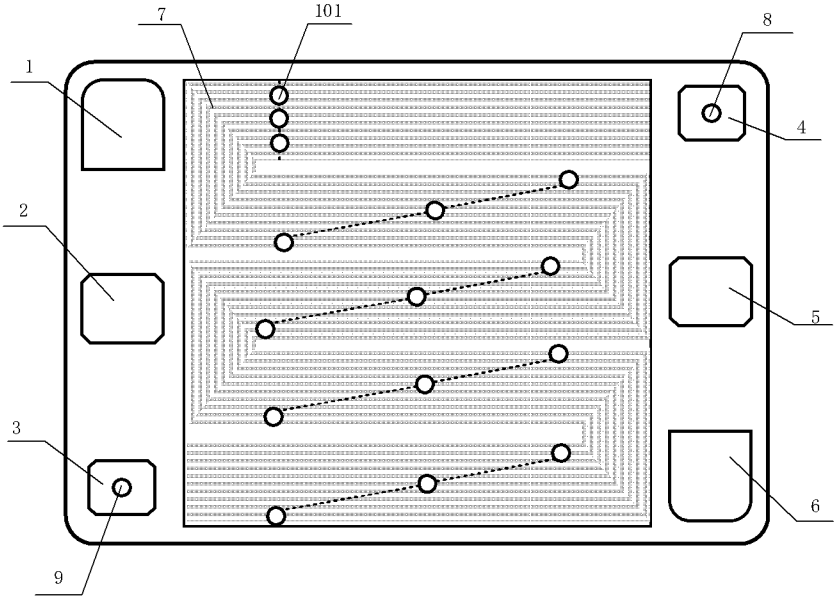


图 10

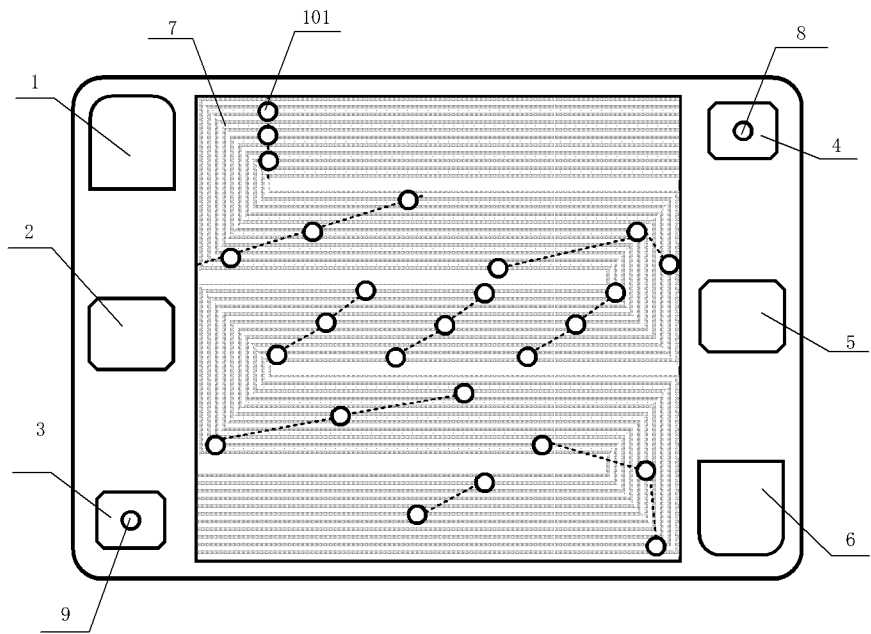


图 11

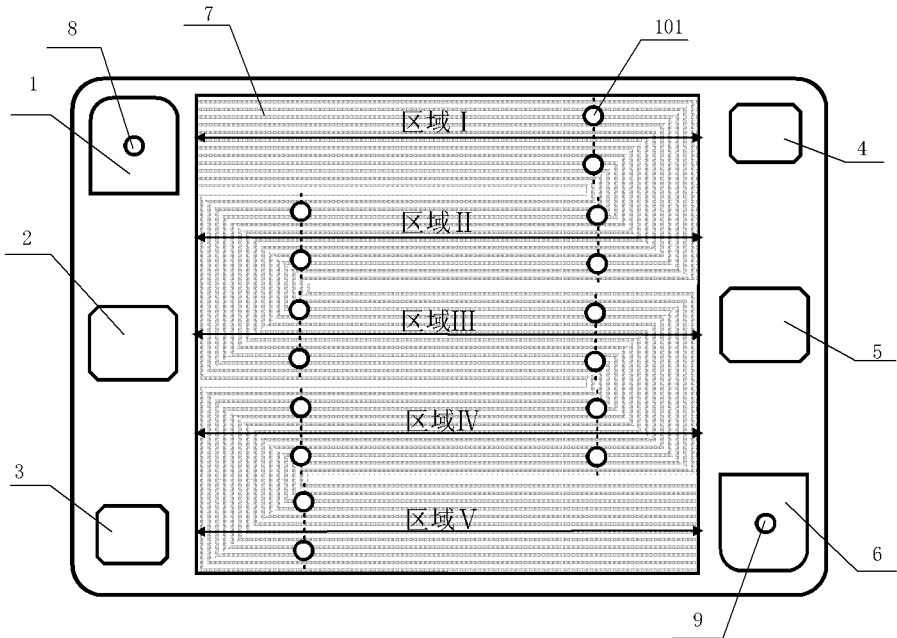


图 12

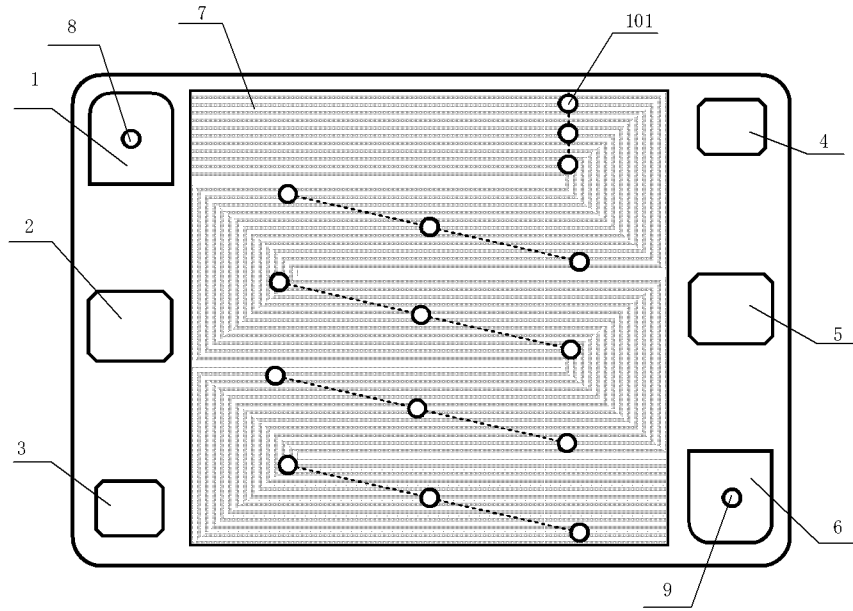


图 13

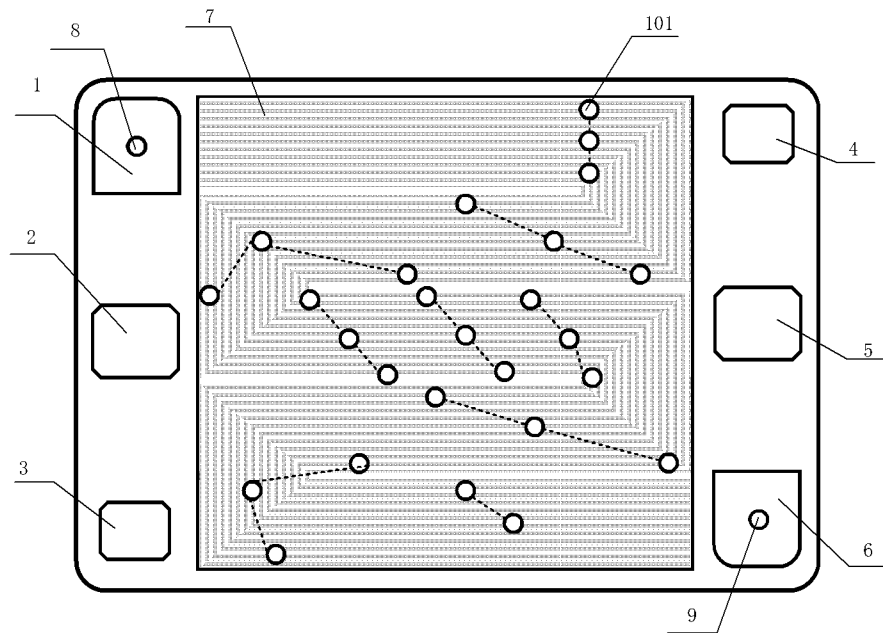


图 14

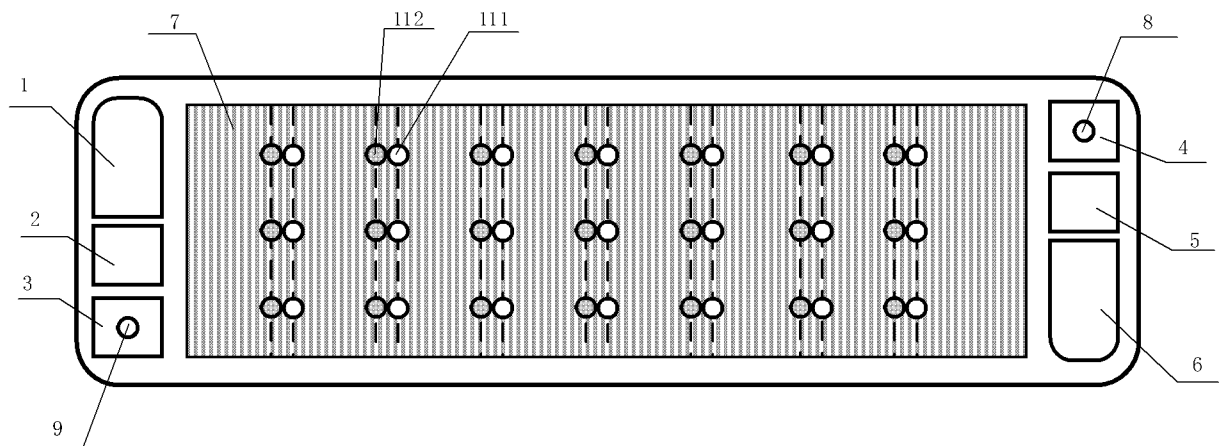


图 15

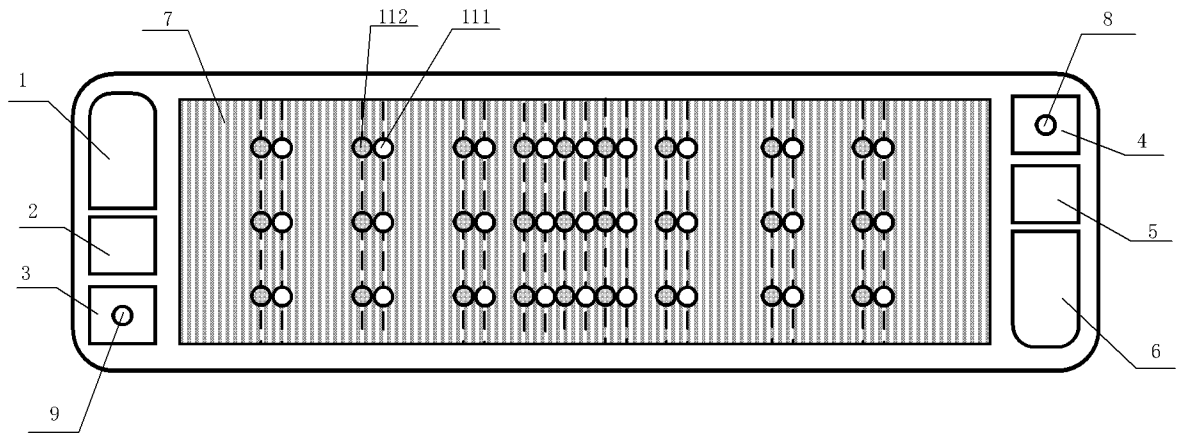


图 16

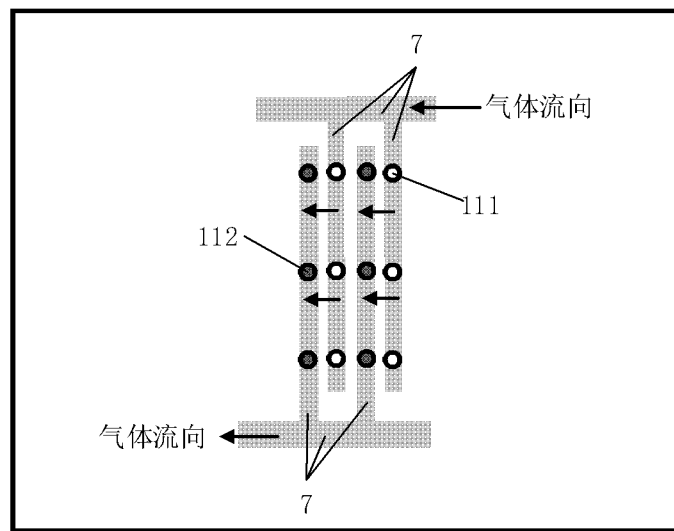


图 17

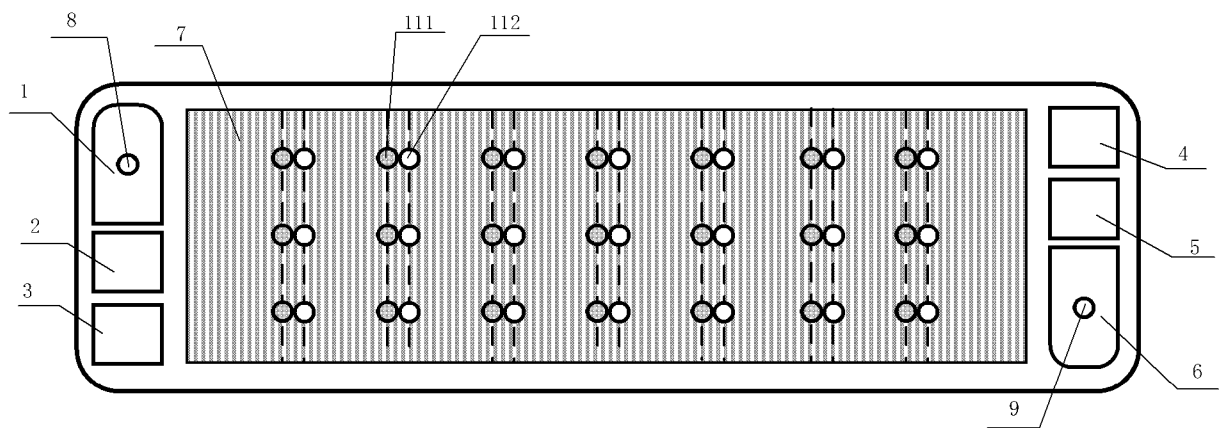


图 18

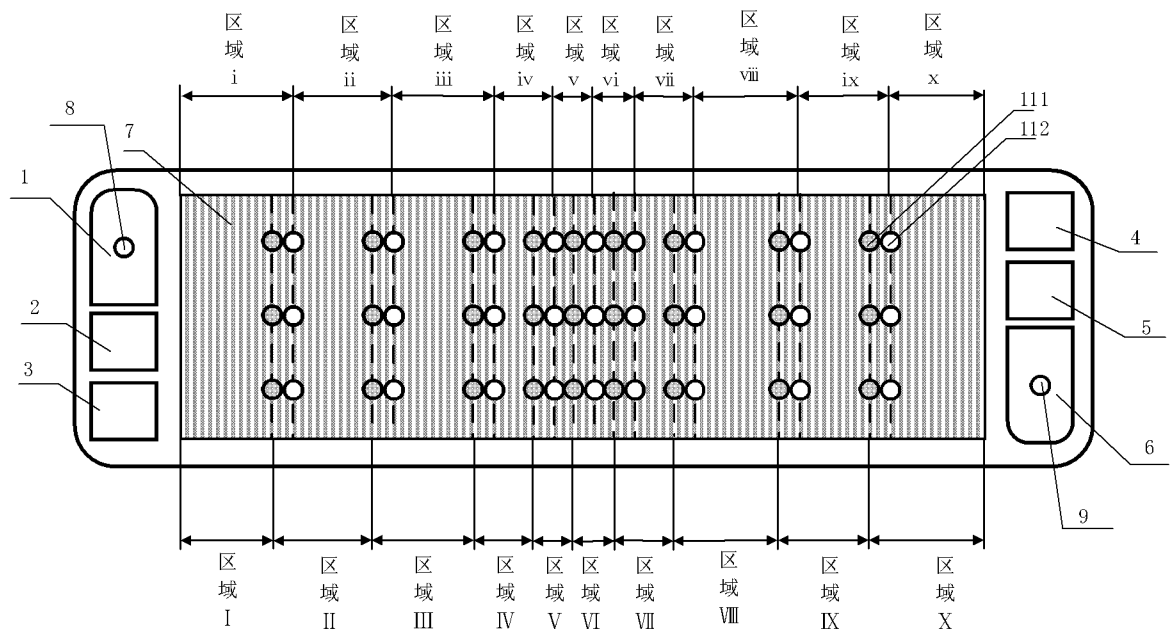


图 19

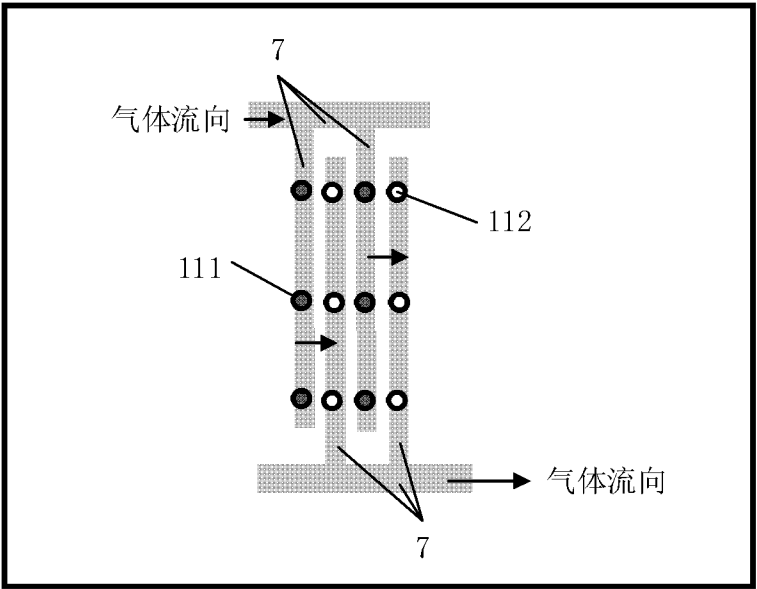


图 20

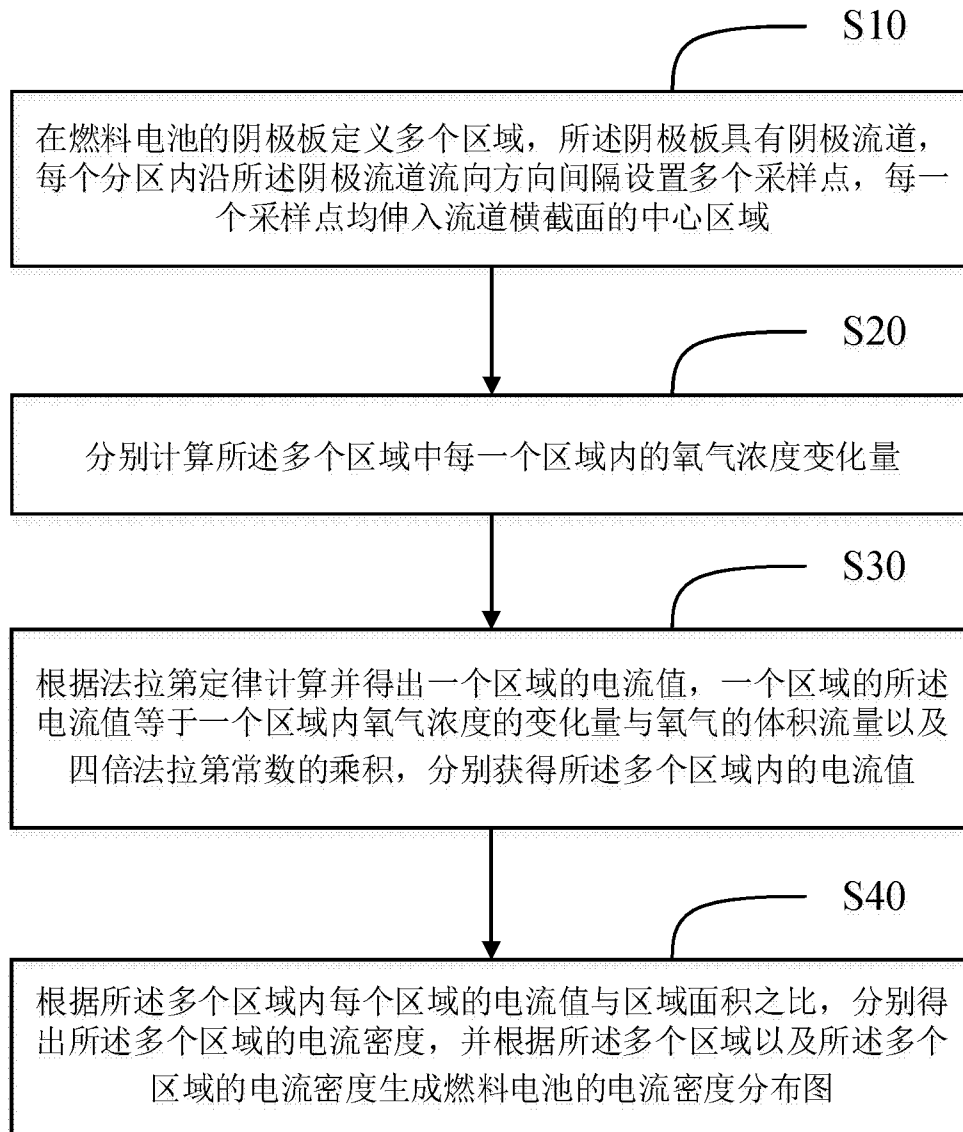


图 21

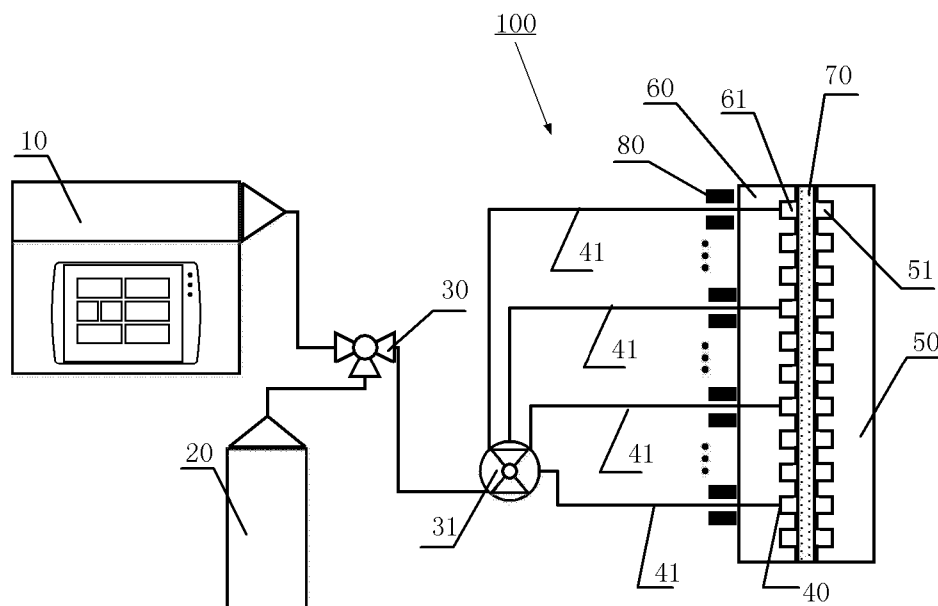


图 22

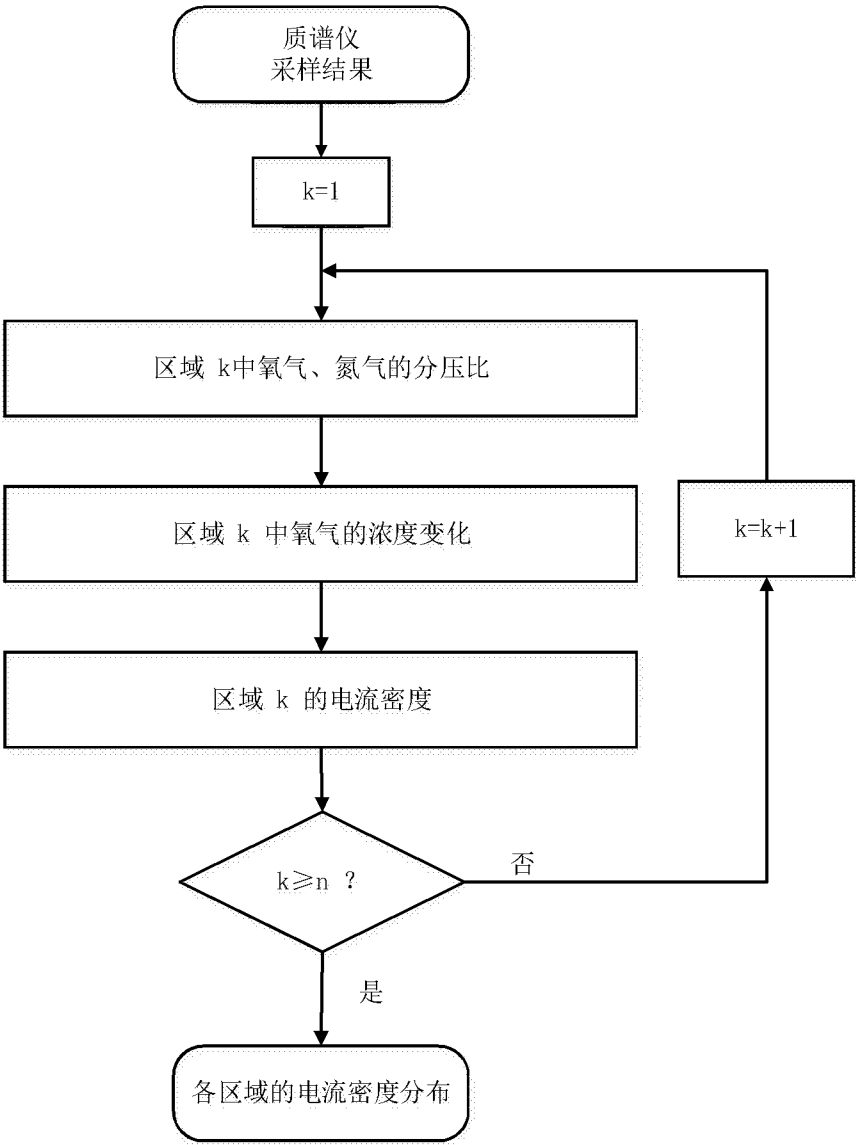


图 23

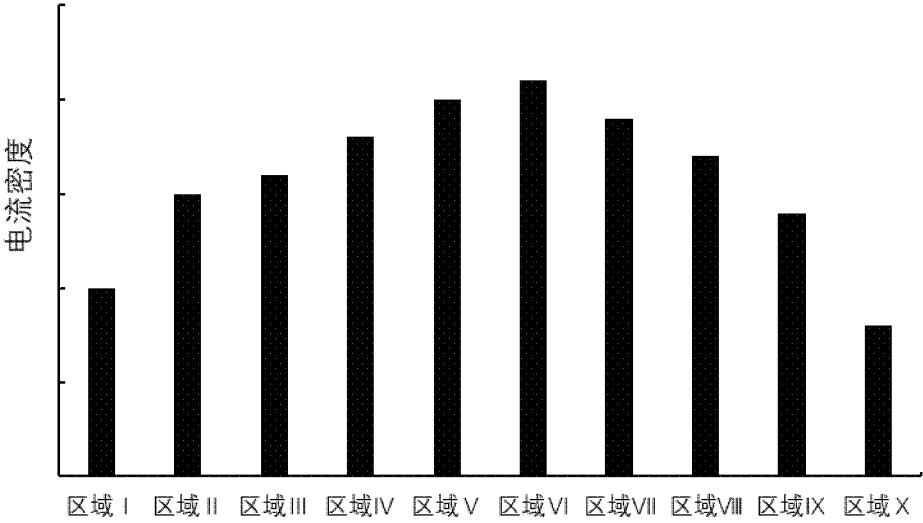


图 24

200

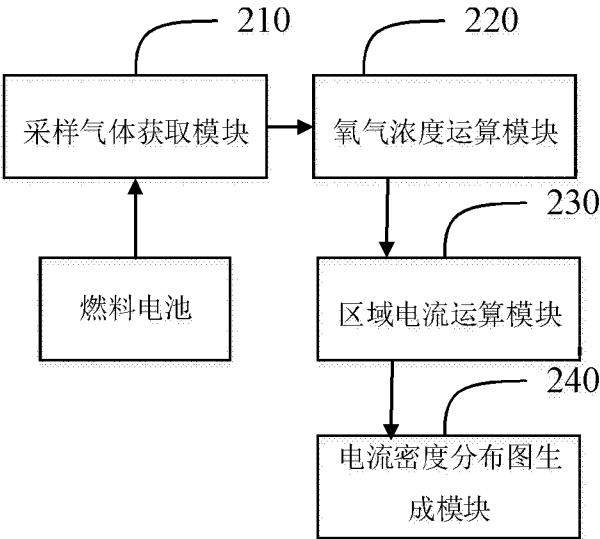


图 25

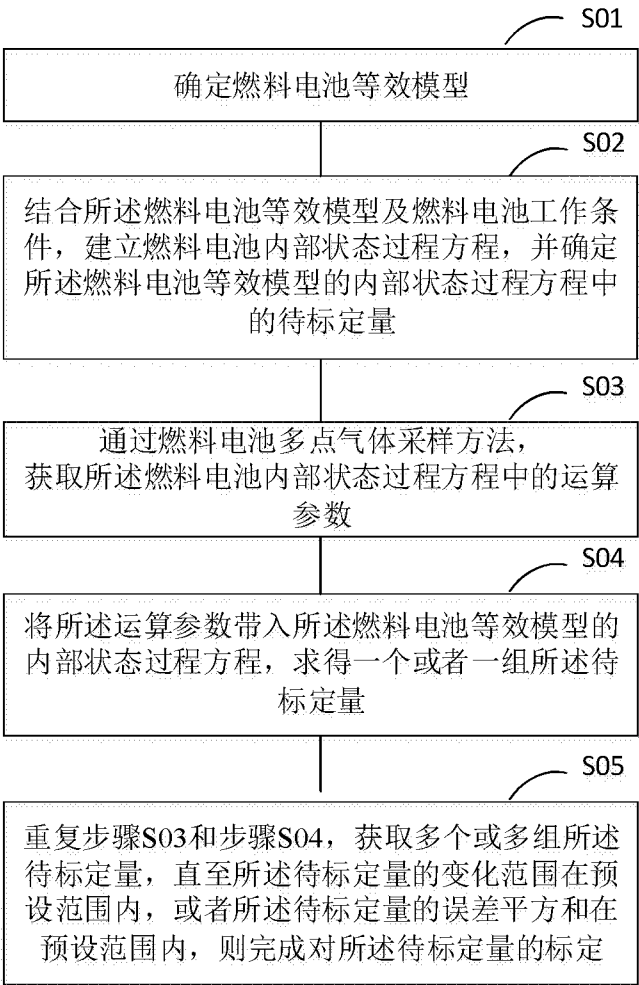


图 26

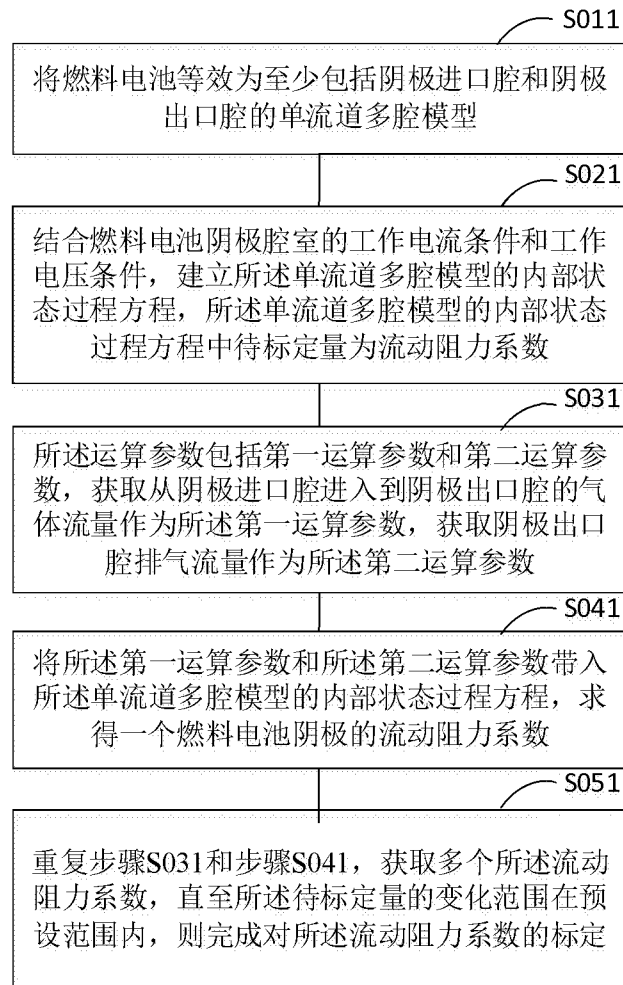


图 27

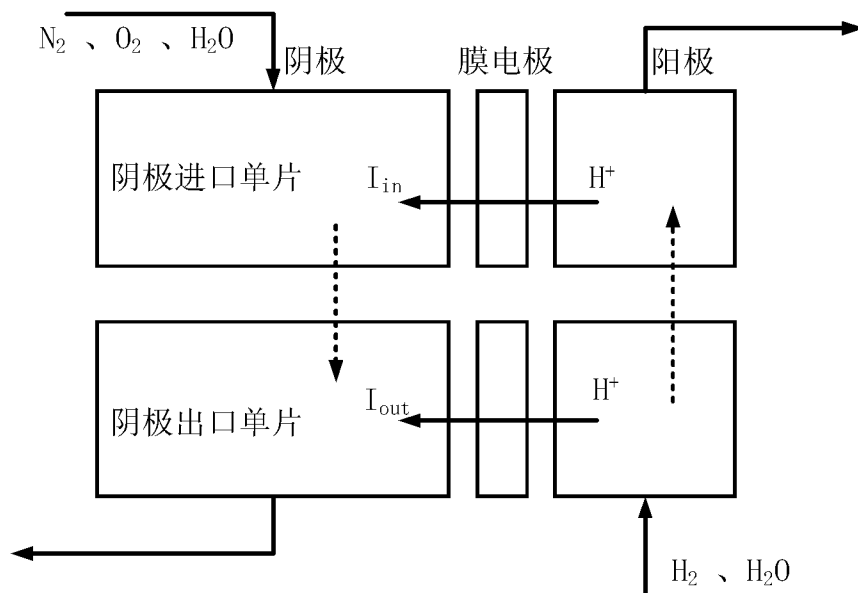


图 28

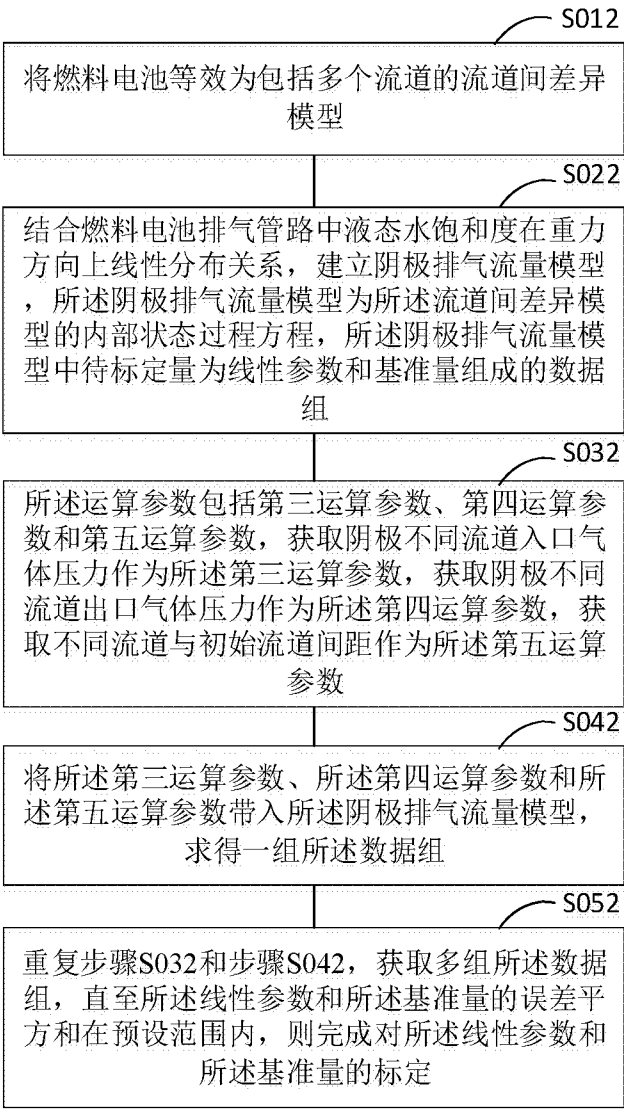


图 29

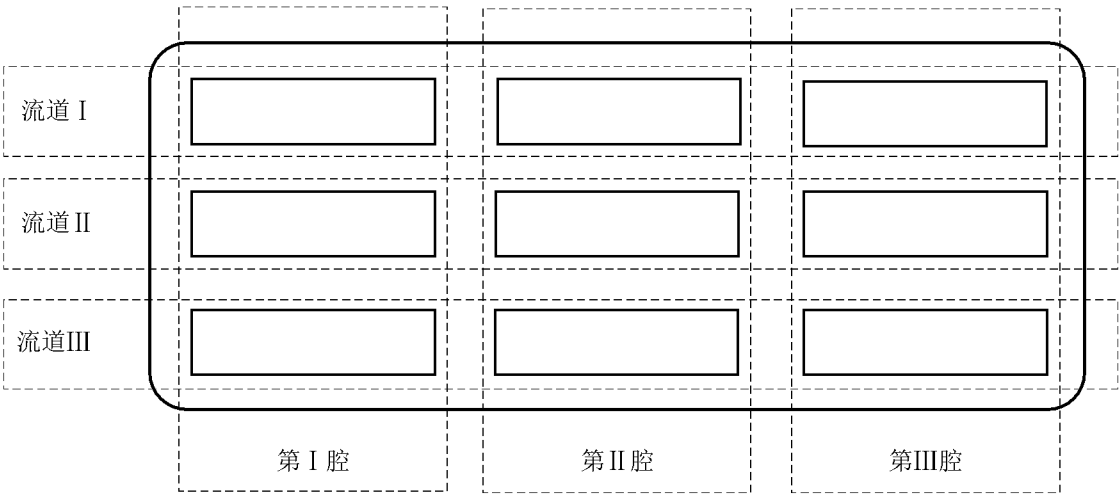


图 30

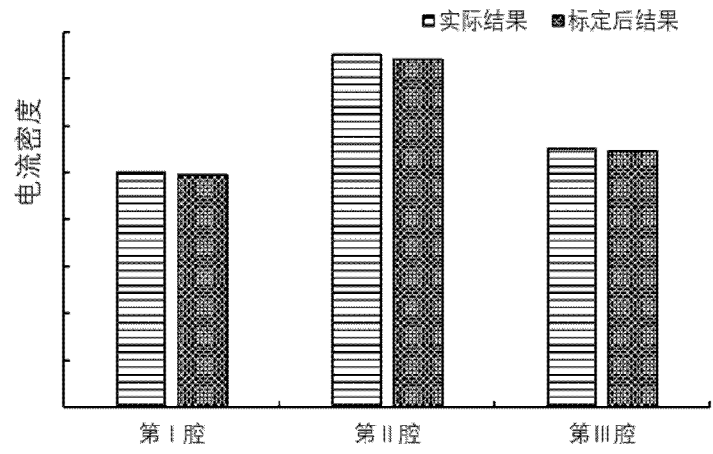


图 31

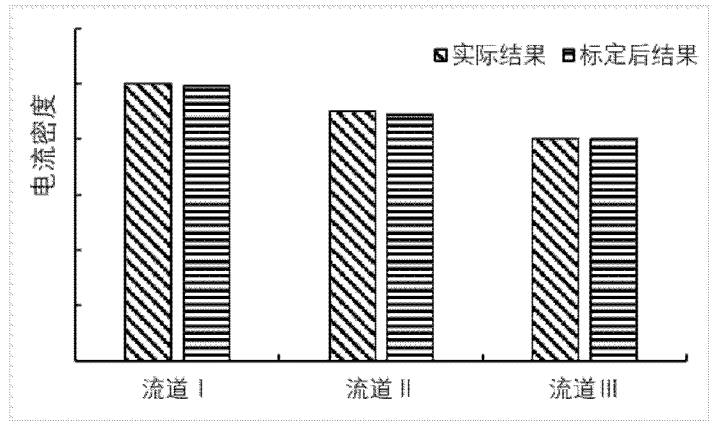


图 32

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/128921

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01M 8/0444(2016.01)i; H01M 8/04537(2016.01)i; H01M 8/04992(2016.01)i; G01N 1/26(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01M; G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT; ISI; CNKI: 清华大学, 李建秋, 方川, 王清, 徐梁飞, 燃料电池, 采集, 采样, 多, 三, 电流密度, 标定, 验证, 模型, fuel cell, sample, sampling, current density, model

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109802159 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 24 May 2019 (2019-05-24) claims 1-10, description, paragraphs [0005]-[0121]	1-10
PX	CN 109818015 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 28 May 2019 (2019-05-28) claims 1-10, description, paragraphs [0005]-[0111]	11-18, 27, 28
PX	CN 109815554 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 28 May 2019 (2019-05-28) claims 1-10, description, paragraphs [0005]-[0166]	19-28
X	方川 等 (FANG, Chuan et al.). "大活性面积燃料电池多通道气体在线采样系统 (Multi-channel Gas On-line Sampling System for Large Active Area Fuel Cell)" 实验技术与管理 (<i>Experimental Technology and Management</i>), Vol. 35, No. 12, 20 December 2018 (2018-12-20), ISSN: 1002-4956, pages 112-117, and figures 1-6	1-18, 27, 28
A	方川 等 (FANG, Chuan et al.). "大活性面积燃料电池多通道气体在线采样系统 (Multi-channel Gas On-line Sampling System for Large Active Area Fuel Cell)" 实验技术与管理 (<i>Experimental Technology and Management</i>), Vol. 35, No. 12, 20 December 2018 (2018-12-20), ISSN: 1002-4956, pages 112-117, and figures 1-6	19-26



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 February 2020

Date of mailing of the international search report

11 March 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/128921

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007052988 A (NIPPON SOKEN et al.) 01 March 2007 (2007-03-01) entire document	1-28

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

- [1] The claims comprise three inventions set forth by independent claims 1 and 7, independent claims 11 and 18, and independent claims 19 and 26. The same or corresponding technical feature of the three inventions is: multi-point gas sampling. However, this same or corresponding technical feature is disclosed by D1 (FANG, Chuan et al., Multi-channel gas on-line sampling system for large active area fuel cell, Experimental Technology and Management). The three inventions do not have a same or corresponding special technical feature that defines a contribution which the inventions make over the prior art, do not have a technical relationship, do not belong to a single general inventive concept, and thus do not satisfy the requirement of unity of invention in the sense of PCT Rule 13.1.
1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/128921

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109802159	A	24 May 2019	None			
CN	109818015	A	28 May 2019	None			
CN	109815554	A	28 May 2019	None			
JP	2007052988	A	01 March 2007	JP	4810927	B2	09 November 2011

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/128921

A. 主题的分类 H01M 8/0444(2016.01)i; H01M 8/04537(2016.01)i; H01M 8/04992(2016.01)i; G01N 1/26(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																							
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) H01M; G01N 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNABS; CNTXT; VEN; USTXT; EPTXT; WOTXT; ISI; CNKI: 清华大学, 李建秋, 方川, 王清, 徐梁飞, 燃料电池, 采集, 采样, 多, 三, 电流密度, 标定, 验证, 模型, fuel cell, sample, sampling, current density, model																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 109802159 A (清华大学) 2019年 5月 24日 (2019 - 05 - 24) 权利要求第1-10项、说明书第[0005]-[0121]段</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 109818015 A (清华大学) 2019年 5月 28日 (2019 - 05 - 28) 权利要求第1-10项、说明书第[0005]-[0111]段</td> <td>11-18, 27, 28</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 109815554 A (清华大学) 2019年 5月 28日 (2019 - 05 - 28) 权利要求第1-10项、说明书第[0005]-[0166]段</td> <td>19-28</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>方川 等. "大活性面积燃料电池多通道气体在线采样系统" 实验技术与管理, 第35卷, 第12期, 2018年 12月 20日 (2018 - 12 - 20), ISSN: 1002-4956, 第112-117页以及图1-6</td> <td>1-18, 27, 28</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>方川 等. "大活性面积燃料电池多通道气体在线采样系统" 实验技术与管理, 第35卷, 第12期, 2018年 12月 20日 (2018 - 12 - 20), ISSN: 1002-4956, 第112-117页以及图1-6</td> <td>19-26</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2007052988 A (NIPPON SOKEN等) 2007年 3月 1日 (2007 - 03 - 01) 全文</td> <td>1-28</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 109802159 A (清华大学) 2019年 5月 24日 (2019 - 05 - 24) 权利要求第1-10项、说明书第[0005]-[0121]段	1-10	PX	CN 109818015 A (清华大学) 2019年 5月 28日 (2019 - 05 - 28) 权利要求第1-10项、说明书第[0005]-[0111]段	11-18, 27, 28	PX	CN 109815554 A (清华大学) 2019年 5月 28日 (2019 - 05 - 28) 权利要求第1-10项、说明书第[0005]-[0166]段	19-28	X	方川 等. "大活性面积燃料电池多通道气体在线采样系统" 实验技术与管理, 第35卷, 第12期, 2018年 12月 20日 (2018 - 12 - 20), ISSN: 1002-4956, 第112-117页以及图1-6	1-18, 27, 28	A	方川 等. "大活性面积燃料电池多通道气体在线采样系统" 实验技术与管理, 第35卷, 第12期, 2018年 12月 20日 (2018 - 12 - 20), ISSN: 1002-4956, 第112-117页以及图1-6	19-26	A	JP 2007052988 A (NIPPON SOKEN等) 2007年 3月 1日 (2007 - 03 - 01) 全文	1-28
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
PX	CN 109802159 A (清华大学) 2019年 5月 24日 (2019 - 05 - 24) 权利要求第1-10项、说明书第[0005]-[0121]段	1-10																					
PX	CN 109818015 A (清华大学) 2019年 5月 28日 (2019 - 05 - 28) 权利要求第1-10项、说明书第[0005]-[0111]段	11-18, 27, 28																					
PX	CN 109815554 A (清华大学) 2019年 5月 28日 (2019 - 05 - 28) 权利要求第1-10项、说明书第[0005]-[0166]段	19-28																					
X	方川 等. "大活性面积燃料电池多通道气体在线采样系统" 实验技术与管理, 第35卷, 第12期, 2018年 12月 20日 (2018 - 12 - 20), ISSN: 1002-4956, 第112-117页以及图1-6	1-18, 27, 28																					
A	方川 等. "大活性面积燃料电池多通道气体在线采样系统" 实验技术与管理, 第35卷, 第12期, 2018年 12月 20日 (2018 - 12 - 20), ISSN: 1002-4956, 第112-117页以及图1-6	19-26																					
A	JP 2007052988 A (NIPPON SOKEN等) 2007年 3月 1日 (2007 - 03 - 01) 全文	1-28																					
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
* 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 "T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件																							
国际检索实际完成的日期 2020年 2月 14日		国际检索报告邮寄日期 2020年 3月 11日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 邵 囡 电话号码 (86-512) 88995715																					

第III栏 缺乏发明单一性的意见(续第1页第3项)

本国际检索单位在该国际申请中发现多项发明，即：

- [1] 权利要求书包括独立权利要求1、7，独立权利要求11、18和独立权利要求19、26所要求保护的3项发明，上述3项发明的相同或相应的技术特征为：多点气体采样。然而，上述相同或相应的技术特征已经被D1（方川等 大活性面积燃料电池多通道气体在线采用系统 实验技术与管理）公开，则上述3项发明不具有相同或相应的体现发明对现有技术作出贡献的特定技术特征，不存在技术关联，不属于一个总的发明构思，因而不满足发明单一性的要求，不符合PCT细则13.1的规定。

1. ☐ 由于申请人按时缴纳了被要求缴纳的全部附加检索费，本国际检索报告涉及全部可作检索的权利要求。
2. ☒ 由于无需付出有理由要求附加费的劳动即能对全部可检索的权利要求进行检索，本单位未通知缴纳任何加费。
3. ☐ 由于申请人仅按时缴纳了部分被要求缴纳的附加检索费，本国际检索报告仅涉及已缴费的那些权利要求，具体地说，是权利要求：
4. ☐ 申请人未按时缴纳被要求缴纳的附加检索费。因此，本国际检索报告仅涉及权利要求书中首先提及的发明；包含该发明的权利要求是：

对异议的意见

- ☐ 申请人缴纳了附加检索费，同时提交了异议书，适用时，缴纳了异议费。
- ☐ 申请人缴纳了附加检索费，同时提交了异议书，但未在通知书规定的时间期限内缴纳异议费。
- ☐ 缴纳附加检索费时未提交异议书。

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/128921

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	109802159	A	2019年 5月 24日	无	
CN	109818015	A	2019年 5月 28日	无	
CN	109815554	A	2019年 5月 28日	无	
JP	2007052988	A	2007年 3月 1日	JP 4810927 B2	2011年 11月 9日