



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103257171 B

(45)授权公告日 2016.08.10

(21)申请号 201310080152.2

(22)申请日 2008.06.06

(30)优先权数据

60/942,781 2007.06.08 US

11/767,629 2007.06.25 US

(62)分案原申请数据

200880018785.8 2008.06.06

(73)专利权人 埃米森斯技术有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 K·K·阿尔门丁戈

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 张欣

(51)Int.Cl.

G01N 27/419(2006.01)

(56)对比文件

US 2005/0077177 A1,2005.04.14,

US 2005/0077177 A1,2005.04.14,

US 6623618 B1,2003.09.23,

WO 2004/070374 A1,2004.09.19,

US 0098449 A1,2005.05.12,

审查员 刘畅

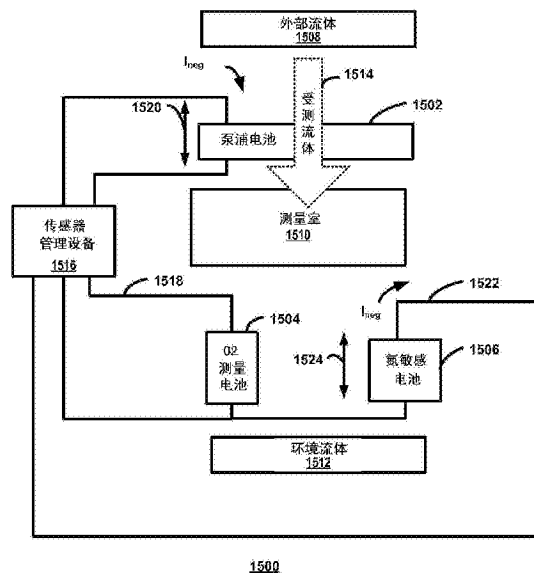
权利要求书3页 说明书36页 附图23页

(54)发明名称

用于测量被测流体的离子浓度的系统、装置以及方法

(57)摘要

本发明公开了用于测量被测流体的离子浓度的系统、装置以及方法。一种装置、系统以及方法通过根据传感器电池(1006)(206)的输出信号改变测量电池(1006)中的离子流使测量被测流体的离子浓度的效率和准确度最大化。当达到输出信号的上阈值和下阈值时,将流过泵浦电池的泵浦电流在恒定正电流与恒定负电流之间切换。将由变化电流产生的方波的脉宽比与从校准过程推导出的脉宽比函数比较,以确定被测流体的离子浓度。



1. 一种方法,包括:

引导主泵浦电流通过主电化学电池系统的单个电化学电池;

检测由所述主电化学电池系统的同一单个电化学电池根据在所述主电化学电池系统处的第一离子浓度所产生的第一输出信号;和

基于所述第一输出信号与对应的第一和第二阈值的比较,使得所述主泵浦电流从第一恒定主泵浦电流切换为第二恒定主泵浦电流以及从第二恒定主泵浦电流切换为第一恒定主泵浦电流,从而将第一离子流引导向所述主电化学电池系统以及从所述主电化学电池系统引导出去。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述单个电化学电池包括单个电极对,所述电极对被配置为执行所述主电化学电池系统的功能,涉及泵浦所述第一离子流和产生所述第一输出信号。

3. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,检测所述第一输出信号包括检测所述单个电化学电池的单个电池输出信号。

4. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一恒定主泵浦电流和所述第二恒定主泵浦电流具有相反的极性。

5. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,还包括:

根据公共测量空间内的第二离子浓度来检测由次电化学电池系统产生的第二输出信号;

基于所述第一输出信号和所述第二输出信号之间的关系,将流过所述次电化学电池系统的次泵浦电流控制在第一恒定次泵浦电流和第二恒定次泵浦电流之间,来引导第二离子流进入所述公共测量空间以及从所述公共测量空间引导出去。

6. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,所述第一离子浓度和所述第二离子浓度是元素的离子的浓度、所述公共测量空间内的第一区中的所述第一离子浓度和所述公共测量空间内第二区的所述第二离子浓度。

7. 如权利要求6所述的方法,其特征在于,所述第二离子浓度是化合物的一元素的离子的离子浓度,所述化合物在所述次电化学电池系统处被还原成所述元素的所述离子和另一元素的至少另一离子。

8. 如权利要求7所述的方法,其特征在于,所述第一离子浓度是一般氧离子浓度,而所述第二离子浓度是比一般氧离子浓度更接近电极的局部氧离子浓度,所述次电化学电池系统包括具有在电极处将氮氧化物还原成氧离子和氮离子的所述电极的氮敏感电化学电池。

9. 如权利要求7所述的方法,其特征在于,还包括:

控制所述主泵浦电流为沿正方向的第一恒定大小,直到所述第一输出信号达到所述第一和第二阈值中的上阈值;

控制所述主泵浦电流为沿负方向的所述第一恒定大小,直到所述第一输出信号达到所述第一和第二阈值中的下阈值;

控制所述次泵浦电流为正方向的第二恒定大小,直到所述第二输出信号与所述第一输出信号之间的第一差达到第一差阈值;以及

控制所述次泵浦电流为负方向的所述第二恒定大小,直到所述第二输出信号与所述第一输出信号之间的第二差达到第二阈值差。

10. 如权利要求9所述的方法,其特征在於,还包括确定另一元素的至少另一种离子的离子浓度。

11. 如权利要求10所述的方法,其特征在於,确定所述离子浓度包括基于所述次泵浦电流的占空比确定另一元素的所述至少另一种离子的所述离子浓度。

12. 如权利要求5所述的方法,其特征在於,所述公共测量空间被配置为允许不受限的离子流通过所述公共测量空间。

13. 如权利要求5所述的方法,其特征在於,所述公共测量空间没有被扩散缝隙所分隔。

14. 如权利要求1所述的方法,其特征在於,还包括通过多孔膜将所述第一离子流引导向所述主电化学电池系统并从所述主电化学电池系统引导出去。

15. 如权利要求14所述的方法,其特征在於,所述多孔膜被部署在所述主电化学电池系统的电极表面上。

16. 如权利要求1所述的方法,其特征在於,还包括一起操作电路和所述主电化学电池系统来形成具有可变脉宽比、可变幅值、和可变频率的振荡器。

17. 一种确定氮氧化物(NO_x)浓度的方法,所述方法包括:

从氧电化学电池接收对应于所述氧电化学电池处的第一氧离子浓度的第一输出信号;

基于所述第一输出信号与对应的第一和第二阈值的比较,使流过同一氧电化学电池的主泵浦电流从第一恒定主泵浦电流切换为第二恒定主泵浦电流以及从第二恒定主泵浦电流切换为第一恒定主泵浦电流;和

响应于所述第一恒定主泵浦电流和所述第二恒定主泵浦电流,将第一离子流引导向所述氧电化学电池和从所述氧电化学电池中引导出去。

18. 如权利要求17所述的方法,其特征在於,还包括一起操作电路和所述氧电化学电池来形成具有可变脉宽比、可变幅值、和可变频率的振荡器。

19. 如权利要求17所述的方法,其特征在於,还包括:

从氮敏感电化学电池接收对应于第二氧离子浓度的第二输出信号,所述第二氧离子浓度由 NO_x 还原成氮离子和氧离子而产生;

根据所述第一输出信号与所述第二输出信号之间的关系使流过所述氮敏感电化学电池的次泵浦电流在第一恒定次泵浦电流与第二恒定次泵浦电流之间变化;和

基于根据所述次泵浦电流的信号的波形确定 NO_x 浓度。

20. 如权利要求19所述的方法,其特征在於,改变所述次泵浦电流包括:

引导所述第一恒定次泵浦电流流过所述氮敏感电化学电池,直到所述第一输出信号与所述第二输出信号之差达到第一氮阈值;和

引导所述第二恒定次泵浦电流流过所述氮敏感电化学电池,直到所述第一输出信号与所述第二输出信号之差达到第二氮阈值。

21. 如权利要求20所述的方法,其特征在於,

所述第一输出信号的至少一部分是所述氧电化学电池响应于所述第一氧离子浓度而产生的氧电池能斯特电压;且

所述第二输出信号的至少一部分是所述氮敏感电化学电池响应于所述第二氧离子浓度而产生的氮电池能斯特电压。

22. 如权利要求19所述的方法,其特征在於,还包括一起操作电路和所述氧电化学电池

系统和所述氮敏感电化学电池系统来形成具有可变脉宽比、可变幅值、和可变频率的振荡器。

用于测量受测流体的离子浓度的系统、装置以及方法

[0001] 本申请是申请日为2008年6月6日,申请号为200880018785.8,名为“用于测量受测流体的离子浓度的系统、装置以及方法”申请的分案申请。

[0002] 相关申请

[0003] 本申请是2007年6月25日提交的题为“用于测量流体的离子浓度的系统、装置以及方法(System,Apparatus,And Method For Measuring An Ion Concentration Of A Fluid)”的美国专利申请No.11/767,629的部分延续(CIP)专利申请,而该申请No.11/767,629是2005年10月5日提交的题为“用于测量气体的氧气浓度的系统、装置以及方法(System,Apparatus,And Method For Measuring An Oxygen Concentration Of A Gas)”的美国专利申请No.11/244,210(现在成为美国专利No.7,249,489)的部分延续(CIP)专利申请,该申请No.11/244,210是2003年11月01日提交的题为“用于测量气体的氧气浓度的系统、装置以及方法(System,Apparatus,And Method For Measuring An Oxygen Concentration Of A Gas)”的美国专利申请S/N10/699,182(现在成为美国专利No.6,978,655)的分案申请,该S/N10/699,182申请要求2003年1月30日提交的题为“用于测量气体的氧气浓度的系统、装置以及方法(System,Apparatus,And Method For Measuring An Oxygen Concentration Of A Gas)”的美国临时专利申请S/N60/443,628的优先权,以上申请的全部内容通过引用结合于此。本申请还要求2007年6月08日提交的题为“脉宽调制宽带离子传感器(Pulse Width Modulation Wideband Ion Sensor)”的美国临时申请No.60/942,781的优先权,该申请的全部内容通过引用结合于此。

[0004] 背景

[0005] 本发明一般涉及离子传感器,更具体涉及用于监测受测流体的离子浓度的装置、系统以及方法。

[0006] 宽带离子传感器用于测量流体中的特定离子的浓度,其中该流体可以使气体或液体。宽带气体离子传感器的一种常见用途包括使用氧传感器来测定气体混合物中的氧气浓度。气体离子传感器的其它示例包括感测气态的氮氧化物的氮传感器。许多传统的内燃机使用氧传感器来测定内燃机的尾气的空气与燃料混合比。常规的内燃机通常引入使用诸如电子控制单元(ECU)之类的计算设备的电子加油控制,该计算设备根据发动机进气气流速度进入发动机进气中的燃料。通常,调节燃料量以使排放最小化,并且所有燃料完全燃烧。完全燃烧的理论空气燃料比是14.7%重量比的汽油,这称为化学计量比。理论上,在该化学计量比时所有可用燃料与所有进气一起燃烧。单位 λ 通常用于表示化学计量比附近的区域上的实际空气燃料比的系数。常规的电子加油系统通常包括置于尾气中用于测量尾气的氧气浓度的氧传感器。这些氧传感器用作燃料电池,它们通过将尾气中的未燃烧的碳氢化合物与空气中的氧气结合而产生输出电压。这产生 λ /输出转移曲线,其中 λ 为1.0时对应于0.45V的输出电压。使用该氧传感器,加油控制系统使用反馈回路调节加油以使所得的 λ 在中等负荷状况下为1.0。然而,典型的氧传感器的转移曲线在 λ 等于1.0处非常陡峭,其中,在 λ 轻微变化的情况下,输出电压会有显著变化。因此,不能使用测得的电压来测量其它 λ 值。在高负荷状况下,典型的内燃机在 λ 值 <1 (0.75到0.85)时产生最大功率。常规的ECU系统在

这些状况下工作于“开环”模式,其中所加的燃料量在无反馈的情况下仅根据将进气质量与燃料质量相关联的预存储的映射得出。因为发动机老化和制造差异改变了发动机实际的空气燃料比,这些预存的条件对于一特定的发动机而言不是始终正确的。因此,常规的系统受限于在高负荷状况下会出现的严重低效率。许多其它宽带离子传感器存在相似的缺点。

[0007] 发动机技术最近的某些发展已经导致工作于大于1(高达1.1)的 λ 的“稀薄燃烧”系统,以使用特殊的催化转化器使燃料消耗最小化并进一步使排放最小化。因为普通的 λ 传感器在这些 λ 区中不可使用,所以已经开发了“宽带”或通用尾气氧(UEGO)传感器。UEGO传感器组合了具有对尾气流开放的小孔口的测量室、标准氧传感器(能斯特电池(Nernst cell))以及泵浦电池(pump cell)。泵浦电池是允许氧在环境气氛与测量室之间移动的固态的多孔陶瓷器件。流过泵浦电池的电流(通常称为泵浦电流)的方向和大小决定氧离子的方向和流速。在常规系统中,引入了有效的反馈回路以将器件的氧传感器部分处的电压保持于化学计量电压。然后可使用泵浦电流来确定高达自由空气的比例的宽比例范围上的 λ 值

[0008] 图1A是泵浦电流与 λ 之间的典型关系的图例。如图1A所示,所得的泵浦电流与 λ 之间关系的曲线是非线性的。虽然曲线形状不会改变,但传感器的制造公差导致泵浦电流值与 λ 的不同关系(即曲线移动)。补偿这样的变化的尝试包括在连接器中向测量电池传感器引入校准电阻器。不幸的是,这种尝试方案不能解决所有变化。大气压和尾气压也会影响 λ /泵浦电流的关系。因此,这些传感器的输出是不准确的。因此期望具有用于氧传感器的能针对所有上述变化自校准和自补偿的测量方法。

[0009] 泵浦电流与 λ 的曲线也与温度高度相关。典型的UEGO包括将传感器保持于期望工作温度的加热器元件。加热器元件的温度系数是电阻变化(ΔR)与温度变化(ΔT)之商。常规技术通过以恒定电压操作加热器元件来使用加热器元件的正温度系数来调节输入。因为温度系数 $\Delta R/\Delta T$ 在工作温度下相当小,所以所得的温度调节不是非常精确。根据传感器,泵浦电池阻抗、能斯特电池阻抗、或它们二者具有更大得多的温度系数 $\Delta R/\Delta T$,从而可能允许更精确的温度控制。控制泵浦电池的温度会是更加有利的。不幸的是,在 λ 值接近1时,泵浦电流非常小或等于零,而在小电流下无法准确地测量泵浦电池阻抗。通常将能斯特电池在物理上接合至泵浦电池,因此能斯特电池和泵浦电池的温度有少量不同。为了测量能斯特电池阻抗,不得不对能斯特电池施加已知固定电流或已知固定电压,然后测量所得电压或电流。替代地,可在能斯特电池上施加小的交流(AC)电压或电流,然后测量所得的AC阻抗。第一种方法要求停止 λ 测量一段时间,还要求对能斯特电池施加反向充电以加速恢复。第二种方法不会干扰该测量,但要求低通滤波器从测得信号中滤去交流电压或电流。这些滤波器还滤去较高的信号频率,这导致不能检测短瞬态响应。这两种方法均测量能斯特电池而不是泵浦电池的温度。在工作期间,可能会出现泵浦电池与能斯特电池之间的温度梯度,从而可能导致某些温度控制误差。因此存在在无需引入复杂的电路系统来去除测量缺陷的情况下,对准确的泵浦电池温度控制同时测量 λ 的需求。

[0010] 此外,常规的燃料计量技术在氧传感器的预热期间导致严重的污染。在使用了UEGO传感器的常规系统中,在UEGO输出值可靠之前,必须获得精确的工作温度。这增加了燃料喷射系统在不了解实际空气-燃料比的情况下运行于“开环”的时间。因此,发动机产生不受控制的预热污染的时间取决于传感器预热时间。因此,还存在对使传感器产生可靠值之前的时间最小化的用于测量氧浓度的装置、系统以及方法的需求。

[0011] 诸如宽带氧传感器(WBO2传感器)之类的现有的宽带离子传感器在单个封装中组合了能斯特电池基准传感器和泵浦传感器。能斯特电池是电化学电池,它产生与电池电极之间的被测气体的分压力中的差别非线性成比例的电压。在典型的氧传感器应用中,这些电极中的一个电极被暴露给测量室的一侧上的环境气体,而另一电极被暴露给内燃机的尾气。移动通过电池的固态电解材料的氧离子产生电压。泵浦电池是其中电流迫使氧离子流过电池的能斯特电池。如果电流沿一个方向流动,则氧离子从外部气体被运输至传感器中。如果电流反向至另一方向,则氧离子从传感器被运输至外部气体中。电流的大小确定每秒被运输的氧离子的数量。

[0012] 能斯特电压是因为电池中的电化学反应而产生的电压。该电池基本担当燃料电池。能斯特电压由电池的两个电极之间的氧分压力差产生。能斯特方程描述了该电压:

$$[0013] \quad V_{\text{输出}} = (R^*)(T)/(n)(F) * \ln[(P_{O_2, \text{空气}})/(P_{O_2, \text{exh}})]$$

[0014] 其中,

$$[0015] \quad V_{\text{输出}} = \text{O}_2 \text{传感器的输出电压}(0 \text{到} 1.0 \text{伏是典型范围})$$

$$[0016] \quad R^* = \text{通用气体常数} = 8.3143 [\text{焦耳/克-摩尔} * \text{K}]$$

$$[0017] \quad T = \text{尾气温度} [^{\circ} \text{K}]$$

$$[0018] \quad n = \text{反应中涉及的电子数量} = \text{在} \text{NB}_2 \text{情况下为} 4$$

$$[0019] \quad F = \text{法拉第常数} = 96,480 [\text{库伦/克-摩尔}]$$

$$[0020] \quad P_{O_2, \text{空气}} = \text{空气中的} \text{O}_2 \text{的分压力} [\text{帕斯卡}]$$

$$[0021] \quad P_{O_2, \text{exh}} = \text{某温度下的尾气中的} \text{O}_2 \text{的分压力} [\text{帕斯卡}]。$$

[0022] 在常规系统中,能斯特电池和泵浦电池被安装在开有通往尾气的孔口(扩散缝隙)的非常小的测量室中。在丰富情况下,在测量室中几乎没有或没有氧,而存在较高水平的可氧化燃烧产物。在丰富情况下,WBO2控制器调节泵浦电池电流,以使将刚好足够的氧离子泵浦到室中以消耗所有可氧化的燃烧产物。此动作在测量室中基本上产生化学计量情况。在化学计量情况下,能斯特基准电池产生0.45V。在其中有过量氧的稀薄情况下,控制器使泵浦电流反转,以将所有的氧离子泵浦出测量室,从而返回化学计量情况。即使室中充满了自由空气,泵浦电池也足以将所有氧泵浦出测量室。

[0023] 因此,常规系统中的WB控制器的任务是调节泵浦电流,以使测量室中绝对没有氧或可氧化的燃烧产物。所需的泵浦电流是空气/燃料比的度量。然而,难以制造常规的宽带传感器,因为多个电池被组合于小封装中。此外,通往尾气的小孔口容易被尾气颗粒污染或堵塞,从而限制传感器的性能。此外,由于能斯特电池与泵浦电池之间的物理分离,常规的宽带传感器呈现出能斯特基准电池输出与变化的泵浦电池电流之间的延迟。因此,需要改进的离子传感器。

[0024] 此外,常规的氮氧化物(NO_x)传感器是通过使用锆氧化物(ZrO₂)传感器实现的。传统的ZrO₂传感器使用铂(Pt)电极来检测要测量的气体的O₂组分。Pt电极不具有测量NO_x的能力,因为氮氧化物不能被铂(Pt)单独分离。然而,可使用铑和铂的合金来分离氮氧化物。如果具有钇稳定的氧化锆电解质的传感器工作于适当的温度下,则该传感器将产生与电极之间的氧气(O₂)的分压力之差成比例的输出电压。当一个电极暴露给空气而另一电极暴露给尾气时,输出电压遵循能斯特关系。当电流流过按照此方式形成的电池时,该电池担当氧气泵,其中氧气流(以摩尔/秒为单位)与电流成比例。其中尾气侧电极由Pt-Rh合金构

成的传感器也能分离氮氧化物。因此,能斯特电压可通过以下表示:

$$[0025] \quad V_{\text{输出}} = (R^*)(T)/(n)(F) * \ln[(P_{O_2, \text{空气}})/(P_{O_2, \text{exh}} + (P_{N_2, \text{exh}}))]$$

[0026] 其中,

[0027] $V_{\text{输出}} = O_2$ 传感器的输出电压(0到1.0伏是正常范围)

[0028] $R^* =$ 通用气体常数 $= 8.3143$ [焦耳/克-摩尔*K]

[0029] $T =$ 尾气温度[°K]

[0030] $n =$ 反应中涉及的电子数量 $=$ 在 NO_2 情况下为4

[0031] $F =$ 法拉第常数 $= 96,480$ [库伦/克-摩尔]

[0032] $P_{O_2, \text{气体}} =$ 大气中的 O_2 的分压力[帕斯卡]

[0033] $P_{O_2, \text{exh}} =$ 尾气中的 O_2 的分压力[帕斯卡]

[0034] $P_{NO_x, \text{exh}} =$ 尾气中的 NO_x 化合物的分压力[帕斯卡]

[0035] NO_x 在Pt-Rh合金电极处被分解成 N_2 和 O_2 ,这使Pt-Rh电极处的 O_2 浓度局部提高。该局部提高由 P_{N_2} 表示。因此,来自 NO_x 的分压力对该关系有影响。然而,常规的 NO_x 传感器受限制,因为在诸如柴油机之类的稀薄燃烧发动机中使用常规的 NO_x 传感器时,尾气中的 O_2 的剩余分压力相比于 NO_x 化合物的分压力而言非常高。例如,尾气中的 O_2 的剩余分压力通常处于个位数到多位数百分比范围,而 NO_x 化合物的分压力处于百万分之几(ppm)范围。因此,还存在与 O_2 组分无关地提取尾气中的 NO_x 组分的离子传感器的需求。

[0036] 图1B是常规的 NO_x 传感器的框图。待测气体(受测气体)102通过主扩散缝隙104被接收到第一测量室106中。第一泵浦电池108将氧离子从第一测量室106泵浦到大气中或周围的尾气中,直到第一测量室106中的剩余气体具有相对低的氧气浓度。此氧气被减少的气体的一部分通过第二扩散缝隙110进入第二测量室112。第二测量室112中的第二泵浦电池114包括暴露给第二测量室112中的气体的由铂(Pt)和铑(Rh)合金组成的电极116。此合金中的铑具有催化性质,该催化性质将第二测量室112中的测量气体中的氮氧化物(NO_x)分解成氮气(N_2)和氧气(O_2)。因此,第二测量室112中的氧气(O_2)浓度稍微升高。对第二泵浦电池114施加恒定电压,并测量流过该泵浦电池114的电流。 NO_2 组分测量基于流过第二泵浦电池114的电流。氧气测量电池120为泵浦电池提供反馈以调节泵浦电流从而保持非常低的 O_2 浓度,同时不允许浓度降低至泵浦电池上的电压导致 ZrO_2 固体电解质电解而损坏泵浦电池的程度。然而,此常规方法在几个方面受限制。测得电流较小(在纳安范围内),从而容易收到电磁噪声污染影响。此外,至少部分因为多个扩散缝隙,所以难以制造这样的常规传感器。此外,第一测量室106与第二测量室112之间的气体浓度差非常小。因此,流过第二扩散缝隙110的扩散流被显著延迟,从而导致非常慢的传感器响应时间。

[0037] 因此,除了上述对宽带和 NO_x 传感器的需求之外,还存在对容易制造且性能提高的 NO_x 传感器的需求。

附图说明

[0038] 图1A是典型的通用尾气氧(UEGO)传感器的泵浦电流与空气燃料比 λ 之间的关系的图形表示。

[0039] 图1B是常规的 NO_x 传感器的框图。

[0040] 图2A是氧监测设备的框图。

- [0041] 图2B是离子监测设备的框图,其中离子测量设备是被配置成测量受测气体中的氧离子浓度的气体离子测量设备。
- [0042] 图3是氧监测设备的示意性表示,其中使用模拟比较器电路和反相放大器电路来实现电流管理单元。
- [0043] 图4是测量气体的氧浓度的方法的流程图。
- [0044] 图5是改变测量电池中的氧离子流量的方法的流程图。
- [0045] 图6是校准氧测量设备的方法的流程图。
- [0046] 图7是通过将测得脉宽比PWM_比与脉宽比函数比较来确定气体的氧浓度的方法的流程图。
- [0047] 图8是校准加热器控制单元的方法的流程图。
- [0048] 图9是适合于具体化氧测量设备的手持诊断设备的框图。
- [0049] 图10是包括连接至宽带传感器的传感器管理设备的传感器系统的框图,其中单个电化学电池执行传感器电池和测量电池的功能。
- [0050] 图11是示例性的泵浦电流和相应的电池电压($V_{\text{电池}}$)的图形表示。
- [0051] 图12是包括单个电化学电池和用作测量开口的扩散缝隙的传感器的截面图的框图。
- [0052] 图13是包括单个电化学电池和用作测量开口的多孔膜的传感器的截面图的框图。
- [0053] 图14是包括测量室、主电化学电池系统以及次电化学电池系统的离子浓度传感器的框图。
- [0054] 图15是包括具有泵浦电池的NO_x传感器、氧测量电池以及氮敏感电化学电池的氮氧化物(NO_x)传感器系统的框图。
- [0055] 图16是用于测量气体中的离子浓度的NO_x传感器的截面的框图,该传感器是图15的NO_x传感器的实现的示例。
- [0056] 图17是包括连接至图16的NO_x传感器的传感器管理设备的NO_x测量系统的示意性功能图。
- [0057] 图18是测量室中的氧气浓度的图形表示。
- [0058] 图19是NO_x脉冲输出曲线的图形表示。
- [0059] 图20是包括连接至传感器管理设备的NO_x传感器的传感器系统的框图,其中NO_x传感器包括用于执行氧传感器电池和氧测量电池功能的单个氧电化学电池。
- [0060] 图21是用于测量气体中的离子浓度的NO_x传感器的截面的框图,该传感器是图20的NO_x传感器的实现的示例。
- [0061] 图22是包括连接至图21的NO_x传感器的传感器管理设备2004的NO_x测量系统的示意性功能图。
- [0062] 图23是管理具有主电化学电池系统和次电化学电池系统的传感器的方法的流程图。
- [0063] 图24是管理包括主电化学电池系统和次电化学电池系统的传感器中的电流的方法的流程图。
- [0064] 图25是包括密封室传感器的传感器系统的框图。
- [0065] 图26是包括用于测量尾气的密封空气室的电化学传感器的截面的框图。

具体实施方式

[0066] 如上所述,常规的传感器系统在几个方面受限制。这些限制在提供了高效的、低成本、准确的用于测量流体的离子浓度的方法的示例性实施例中得以克服。通过基于测量电池的输出改变流过测量电池的泵浦电流、并通过观测表示该泵浦电流的所得方波的脉宽比来测量流体的离子浓度。此外,在某些情况下,本文中所描述的方法允许在预热周期中更早使用传感器,因为该测量方法允许应用补偿传感器未达到其期望工作温度的修正因子。此外,此实施例允许在无需引入复杂的电路系统来去除测量缺陷的情况下,精确控制泵浦电池温度同时测量 λ 。除确定氧离子浓度之外,这些实施例可用于测定其它气体离子浓度。例如,可将诸如感测气态氮氧化物(NO_x)的传感器之类的氮传感器连接至电流管理设备和计算设备,以测量诸如 NO 和 NO_2 离子浓度之类的气态氮氧化物的离子浓度。

[0067] 对于某些实现,通过包括单个电化学电池的测量电池执行泵浦电池和传感器电池的功能。从电池上的总电压减去由泵浦电流和电池内阻引起的电阻电压(V_R),以确定电池的能斯特电压。能斯特电压表示被测流体的离子浓度。在使用测量电池来确定氧气浓度的情况下,根据该能斯特电压推导出用于开关通过测量电池的泵浦电流的阈值在将测量电池用作 NO_x 测量系统的主电化学系统的一部分的情况下,使用测量电池的能斯特电压作为基准来评估来自氮敏感电池的输出并确定 NO_x 。

[0068] 在另一 NO_x 系统实施例中,泵浦电池和氧测量电池构成主电化学系统,该系统将氧气泵浦到测量室中并从测量室将氧气泵浦出来,而且提供与氮敏感电化学电池的输出信号作比较的基准电压。传感器管理设备将流过泵浦电池的主泵浦电流控制为第一恒定主泵浦电流和第二恒定主泵浦电流。传感器管理设备使用来自测量电池的第一输出信号与氮敏感电池的第二输出信号之间的差别来将流过氮敏感电化学电池的次泵浦电流控制为第一恒定次泵浦电流和第二恒定次泵浦电流。如下所述,氮敏感电化学电池将 NO_x 还原成氮气和氧气以在氮敏感电化学电池附近产生氧的局部浓度。次泵浦电流的方向的占空比或其它相关信号指示氧的局部浓度——从而指示 NO_x 的浓度。。

[0069] 在密封的传感器实施例中,测量电池和补偿电池毗邻密封室定位。测量电池和补偿电池以相反极性串联电连接,以使由测量电池泵浦到密封室中的离子以相同或几乎相同速率被泵浦出密封室。

[0070] 如本文所讨论地,氮氧化物(NO_x)包括由氮和氧形成的化合物。这些化合物可被还原成氧离子和氮离子。因此, NO_x 是由元素形成且能被还原成元素的离子的化合物的示例。对于内燃机, NO_x 主要包括 NO 和 NO_2 ,虽然在某些情况下可能存在其它化合物。

[0071] 图2A是离子监测设备200的框图。可使用软件、硬件和固件的组合来实现离子监测设备200。可使用任何数量的设备、电路或元件来实现本文中所描述的功能块的多种功能和操作。可将这些功能块中的任一个集成到单个器件中,而且可将这些块的功能分布在若干器件、电路以及元件上。

[0072] 测量电池202包括至少一个泵浦电池204和离子传感器电池206,其中流过泵浦电池204的泵浦电流208的大小和方向与测量电池202中的离子流210相关联。测量电池202的测量开口212被定位成当流体开口214正对环境流体时接收被测流体。该被测流体和环境流体可以是气体或液体。如下所讨论的那样,例如,被测流体是被测气体,而环境流体是空气。

离子传感器电池206基于测量电池202中的离子数量提供输出信号。响应于该输出信号,电流管理单元216使泵浦电流在两个恒定电流电平之间变化。电流管理单元216保持第一泵浦电流直到输出信号达到第一阈值。当到达第一阈值时,电流管理单元216将泵浦电流208控制为反方向,直到输出信号达到第二阈值电平。计算设备218监测电流波动以确定受测流体的离子浓度。如以下讨论的那样,离子监测设备200的合理应用包括用于监测来自内燃机的尾气的气体离子监测设备,以确定氧浓度以便调节空气燃料混合比。可将该离子监测设备、方法以及系统实现为若干类型的应用和系统的任一种的一部分,而且可用于测量流体媒质中的多种类型的离子中的任一种。某些示例包括测量诸如NO和NO₂离子浓度之类的气态氮氧化物的离子浓度、测量二氧化碳浓度、测量液体中的气体离子浓度(诸如测量水中的氧气和二氧化碳的浓度)。此外,在某些情况下可测量液体或气体中的盐和诸如铅之类元素的离子浓度。因此,可测量多种类型的离子浓度中的任一种,其中离子传感器和电流泵响应于受测的特定离子。此外,如下参照图20、图21以及图22所讨论的那样,测量电池可用作NO_x测量系统的主电化学系统,其中该主电化学系统提供第一输出信号,该第一输出信号被用作基准并与氮敏感电化学电池的第二输出信号进行比较以确定NO_x浓度。

[0073] 在执行校准过程之后,电流管理单元216基于离子测量电池206的输出信号将流过泵浦电池204的电流208在恒定正电流(I_p)与恒定负电流(-I_p)之间改变。当负电流(-I_p)流过泵浦电池204时,通过泵浦电路将环境流体通过流体开口214接收到测量电池202中,这导致测量电池202中的离子浓度的升高。在测量电池202中的高氧离子浓度下,离子测量电池206提供低电压信号输出。当达到输出信号下阈值时,电流管理单元216控制正电流(I_p)流过泵浦电池204。当正电流(I_p)流过泵浦电池204时,测量电池202中的离子流出至环境流体中。随着正泵浦电流208(I_p)继续流动,离子继续流出流体开口214。因此,离子浓度继续降低。输出信号继续增大直到达到上阈值。响应于检测到已经达到上阈值,电流管理单元216改变泵浦电流208的方向。阈值的合适值的示例包括将离子测量传感器206保持于线性范围或基本线性范围的值。此外,在某些情况下,为了无延迟地对浓度取样,这些阈值可以是同一值。

[0074] 在正和负电流电平之间形成了方波。正电流(I_p)与负电流(-I_p)下的泵浦电流208的持续时间取决于受测流体的组分。因此,计算设备218将所得方波的脉宽比(PWM_比)与已知的脉宽比函数比较,以确定受测流体的离子浓度。

[0075] 图2B是离子监测设备200的框图,其中离子测量设备是被配置成测量受测气体中的氧离子浓度的气体离子测量设备。可使用硬件、软件和固件的组合来实现氧监测设备222。可使用任何数量的设备、电路或元件来实现本文中所描述的功能块的多种功能和操作。可将这些功能块中的任一个集成到单个器件中,而且可将这些块的功能分布在若干器件、电路以及元件上。

[0076] 在氧监测设备222中,泵浦电池204和离子测量电池206响应于氧离子。离子测量电池206是氧测量电池224。因此,氧监测设备222中的测量电池202包括至少一个泵浦电池204和氧传感器电池224,其中流过泵浦电池204的泵浦电流208的大小和方向与测量电池202中的氧离子流210相关联。测量电池202的测量开口212被定位成当流体开口214是正对大气的空气开口226时接收受测气体。氧传感器电池224基于测量电池202中的氧离子的数量提供输出信号。响应于该输出信号,电流管理单元216使泵浦电流在两个恒定电流电平之间变

化。电流管理单元216保持第一泵浦电流,直到输出信号达到第一阈值。当达到第一阈值时,电流管理单元216将泵浦电流208控制为反方向,直到输出信号达到第二阈值电平。计算设备218监测电流波动以确定被测气体的氧浓度。氧监测设备222的合适应用包括监测来自内燃机的尾气以确定氧浓度以便调节空气-燃料混合比。可将氧监测设备、方法以及系统实现为若干种类型的应用和系统的任一种的一部分。如下文所讨论的那样,例如,可将氧监测设备222实现为手持诊断设备、车辆中的原始设备制造商(OEM)设备、或用于永久安装在车辆中的售后市场设备。除了测量氧之外,该氧测量设备和方法还可用于测量生物的呼出气体的氧浓度以确定消耗的卡路里数量。因此,参照图2B所讨论的设备和方法仅是测量系统的多种应用的一个示例。

[0077] 对于参照图2B所描述的实施例,氧传感器电池224是根据现有技术且毗邻泵浦电池204定位的能斯特电池(224)。本领域技术人员能理解的是,虽然以下描述参照能斯特电池(224),但可使用能基于被测气体中的氧浓度提供输出信号的其它类型的氧传感器电池224实现本发明。在根据以下描述的过程执行校准过程之后,电流管理单元216基于能斯特电池(224)的输出信号将流过泵浦电池204的电流208在恒定正电流(I_p)与恒定负电流($-I_p$)之间改变。当负电流($-I_p$)流过泵浦电池204时,通过泵浦电路将环境气体通过气体开口226接收到测量电池202中,这导致测量电池202中的氧浓度的升高。在测量电池202中的高氧浓度下,能斯特电池(224)提供低电压信号输出。当达到输出信号下阈值时,电流管理单元216控制正电流(I_p)流过泵浦电池204。当正电流(I_p)流过泵浦电池204时,测量电池202中的氧离子流出至环境空气中。测量电池202中的任何未燃烧的碳或燃料与任何剩余的氧结合。因此,测量电池202中的空气和未燃烧的碳的混合物的氧浓度降低且燃料浓度升高。输出信号增大通过测量电池202中不存在未燃烧的燃料和无过量氧气的转变点。在此转变点, λ 等于1,且能斯特电池(224)提供约450mV的输出信号。随着正泵浦电流208(I_p)继续流动,氧离子继续流出空气开口214。因此,测量室202中的氧浓度继续降低,而燃料浓度升高。输出信号继续增大直到达到上阈值。响应于检测到已经达到上阈值,电流管理单元216改变泵浦电流208的方向。对于图2B的实施例,上阈值是455mV,而下阈值是445mV。然而,还可使用其它阈值,其中某些合适的值包括提供包括环境空气的气体的输出信号的范围和将能斯特电池(224)保持于 λ 与电压关系的相对线性部分的值。例如,另一合适的阈值对包括440mV和460mV。在某些情况下,下阈值和上阈值可以是同一值。

[0078] 如上所讨论,在正和负电流电平之间形成了方波。正流(I_p)与负流($-I_p$)下的泵浦电流208的持续时间取决于被测气体的组分。因此,计算设备218将所得方波的脉宽比(PWM_比)与已知的脉宽比函数比较,以确定被测气体的氧浓度。

[0079] 图3是氧监测设备222的示意性表示,其中使用模拟比较器电路304和反相放大器电路306来实现电流管理单元216。可使用硬件、软件和固件的任何组合和安排来实现电流管理设备216。对于图3的示例,电流管理设备216包括若干硬件部件,包括电阻器、运算放大器、模拟开关、齐纳二极管、逻辑门以及其它电路。本领域技术人员将认识到,通过根据已知技术运用本文中的示教可对一个或多个电路或电路元件作出各种替换。此外,工作值取决于电流管理设备216的特定实现可以不同。虽然参照图3的讨论针对氧传感器,但这些示教可应用于其它类型的宽带传感器。

[0080] 反相放大器电路306至少包括运算放大器(U_2)308、反相输入电阻器(R_4)310以及非

反相输入电阻器(R_5)312。齐纳二极管314将运算放大器(U_2)308的非反相输入处的电压保持于 U_{REF} 电压。 U_{REF} 等于 $V_{CC}/2$,对于此示例约为2.5伏。测量电池202中的泵浦电池204通过运算放大器(U_2)308的输出与运算放大器(U_2)的反相输入之间的模拟开关316连接。运算放大器(U_2)308、反相输入电阻器(R_4)310以及泵浦电池204阻抗($R_{泵浦}$)构成增益为 $-R_{泵浦}/R_4$ 的反相放大器306。运算放大器(U_2)308的输出连接至模拟开关316,该模拟开关316响应于与门(U_3)318的输出电平将运算放大器308的输出连接至泵浦电池204。因为当加热器控制单元302给出“高”启用信号时,与门318提供有效“高”输出,所以模拟开关316防止电流在预热期间流过测量单元202。此外,如下所描述的那样,在校准过程期间,模拟开关316在负泵浦电流208周期期间断开,从而导致在正泵浦电流(IP)与零之间交替变化的泵浦电流208。

[0081] 运算放大器(U_2)308的反相输入端通过反相输入电阻器(R_4)310连接至模拟比较器电路304的输出端。非反相输入电阻器(R_5)312、供电电阻器(R_3)320以及齐纳二极管314构成分压器,并向模拟比较器电路304的运算放大器(U_1)322的反相输入端呈现($V_{CC}/2+0.45V$)的基准电压。对于参照图3所描述的示例,因为 V_{CC} 是5伏,所以该基准电压是2.95伏。运算放大器322的正输入端通过感测电阻器(R_1)324连接至能斯特电池(224)的输出端。反馈电阻器(R_2)326向运算放大器322的正输入端提供等于 $U_{REF}+0.45V$ 的电压。因此,运算放大器(U_1)322、电阻器(R_1)324以及反馈电阻器(R_2)326构成工作于约10mV的滞后电压的模拟比较器电路304。

[0082] 该模拟比较器电路304、反相放大器电路306以及测量电池202构成具有可变脉宽调制(PWM)比和频率与测量电池202的响应时间有关的振荡器。泵浦电流208在 $+V_{CC}/(2*R_4)$ 与 $-V_{CC}/(2*R_4)$ 之间交替变化。计算设备218测量 U_2 的输出高于(t_1)和低于(t_2) $V_{CC}/2$ 的时刻,并根据以下描述的函数通过这些时刻计算PWM比和 λ 。对于此处的示例,在比较器的输出的每次转变时计算 λ 。能斯特电池(224)提供约在0.1V与0.7V之间的输出信号,而所得的(λ)测量频率比氧传感器电池206的响应频率的3dB点高约7倍频程。因此,对于此处所讨论的示例,氧传感器电池224响应频率大大高于尼奎斯特频率(Nyquist frequency)。

[0083] 对于图3的示例,加热器控制单元302使用传感器专用方法和斜升方案升高测量电池202的温度。在测量电池202已经达到其工作温度之后,加热器控制单元302的“就绪”输出变为有效,从而向与门(U_3)提供高启用(ENABLE)信号,这将使模拟开关304接通。启用信号还连接至计算设备218的输入端,从而向计算设备218表明测量电池202准备好工作。然后加热器控制单元302在加热器元件上保持恒定预定电压或使用用于温度调节的其它(传感器专用)方法。对于参照图3所讨论的示例,当加热器元件330阻抗处于最小值时,测量泵浦电池阻抗。通过连续监控泵浦电池阻抗并使用加热器元件330调节该温度,将泵浦电池阻抗保持于测得值。

[0084] 如下参照图6所讨论的那样,计算设备218将对应于化学计量比下的PWM比(PWM_{ST})和空气的脉宽比($PWM_{空气}$)的这些值存储在非易失性存储器中。在以下参照图4-8所描述的示例中,基于校准值和测得的PWM比计算具有 $\pm 5\%$ 量级的误差的标称 λ 值。因为 PWM_{ST} 取决于传感器的特性和老化比环境状况更多,所以在多数情况下不需要经常执行该校准过程。

[0085] 基于这些示教,本领域技术人员将认识到多种部件、设备以及电路元件可用于该测量设备。可用于运算放大器308、322的合适设备的示例包括可从德州仪器公司买到的TLV2463运算放大器。反相电阻器(R_4)310和非反相(R_5)电阻器312的值处于几百欧姆量级。

合适的计算设备218的示例包括850家族RISC8位微控制器。在某些情况下,可将以上描述的功能块的某些或全部实现为专用集成电路(ASIC)。例如,能容易地将加热器控制和电流管理单元216以及计算设备218集成到具有非常少的外部零件的混合信号ASIC中。

[0086] 图4是测量气体的氧浓度的方法的流程图。可利用硬件、软件或固件的任何组合来执行该方法。对于此示例,在氧测量设备222中执行该方法。虽然参照图4的讨论针对氧传感器,但这些示教可应用于其它类型的宽带传感器。

[0087] 在步骤402中,执行校准过程。该校准过程获得用于初始化氧测量设备的校准值,且可包括与特定的测量电池202的特性有关或与环境状况有关的值。如以下参照图6的示例所讨论的那样,获得用于保持泵浦电池204阻抗的值、用于建立用于计算 λ 的脉宽比函数的值、以及当化学计量比下的PWM比(PWM_{ST})不为零时用于调节 λ 值的那些值。其它校准值可包括与反映氧传感器特性的泵浦电流208的方波的频率有关的参数。

[0088] 在步骤404,基于氧传感器电池224的输出信号,使氧离子流在第一泵浦电流与第二泵浦电流之间变化。在此示例中,通过使泵浦电流208在正恒定电流(IP⁺)与负恒定电流(IP⁻)之间交替变化来改变离子流。模拟开关316在测量过程期间保持接通。

[0089] 在步骤406,计算设备218确定由泵浦电流208形成的方波的脉宽比(PWM_比)。在此示例中,使用计算设备218中的晶体时钟测量由变化的泵浦电流208形成的方波的脉宽(t_1 和 t_2)。虽然可测量并存储单个脉冲的各个值,但对一个时间周期上由变化电流产生的脉冲的持续时间取平均。

[0090] 在步骤408,将脉宽比(PWM_比)与脉宽比函数比较以确定被测气体的氧浓度。在此示例中,计算设备218将测得值应用于使用经过校准的值的方程。

[0091] 图5是改变测量电池302中的氧离子流的方法的流程图。因此,图5的流程图示出图4的执行步骤404的示例性方法。虽然参照图5的讨论针对氧传感器,但这些示教可应用于其它类型的宽带传感器。

[0092] 在步骤502,控制泵浦电流208以恒定大小以正方向流过泵浦电池204。在参照图3所描述的氧监测设备200中,当正电压施加在泵浦电池204上时,模拟开关316保持接通。保持正电压,直到模拟比较器电路304触发反相放大器308而在泵浦电池204上施加负电压。

[0093] 在步骤504,接收来自氧传感器电池224的输出信号。在示例性氧监测设备200中,通过模拟比较器电路304的运算放大器322的正输入端处的电阻器(R_I)324接收氧传感器电池224的输出。

[0094] 在步骤506,确定输出信号是否大于或等于上阈值。如果还未达到上阈值,则该方法返回步骤502,在步骤502处控制恒定的正泵浦电流流过泵浦电池204。如果已经达到上阈值,则该方法继续至步骤508,在步骤508使电流反转,并控制该电流为负方向的恒定泵浦电流208。如以上参照图3的示例所讨论的那样,电流管理设备216包括模拟比较器电路304和反相放大器电路306以提供恒定电流直到达到阈值。模拟比较器电路304响应于已经达到阈值的检测结果触发泵浦电流208的反向。因此,保持正泵浦电流(IP⁺)直到氧传感器电池224的输出达到上阈值,达到该上阈值会使模拟比较器电路304的输出切换至高输出,从而改变反相放大器电路306的输出。

[0095] 在步骤508,控制泵浦电流208为负方向。响应于反相放大器电路306的反向电压输出,泵浦电流208反向并变成负(-I_p)。

[0096] 在步骤510,电流管理单元216从氧传感器电池224接收输出信号。在示例性氧监测设备222中,通过模拟比较器电路304的运算放大器322的正输入端处的电阻器(R₁)324接收氧传感器电池224的输出。

[0097] 在步骤512,确定输出信号是否小于或等于下阈值。如果还未达到下阈值,则该方法返回步骤508,在步骤508电流管理单元218继续控制泵浦电流208以负方向流过泵浦电池204。否则,该过程返回步骤502,在步骤502将电流反转至正方向。因此,在此示例中,电流管理设备216基于氧传感器电池224的输出使电流在0.445伏与0.455伏之间变化。当泵浦电流208变化时,测量并存储所得方波的特性。

[0098] 对于本文中所讨论的示例,计算设备218监测时间周期(t₁和t₂),而且如果任一个时间周期超过工作阈值,则计算设备218改写启用信号,并将泵浦电池204断开以防止损坏传感器。执行诊断过程以确定故障状况。

[0099] 图6是校准氧检测设备222的方法的流程图。参照图6所描述的方法提供执行图4的校准步骤402的方法的示例。可按照任意种方式校准氧监测设备222,而所使用的特定校准方法可取决于多个因素,诸如特定传感器202的特性和将使用该氧监测设备222收集的数据。在此示例中,该校准过程包括当氧传感器电池224暴露给自由空气时,校准加热器控制单元302并确定变化的泵浦电流208的脉宽。虽然参照图6的讨论针对氧传感器,但这些示教可应用于其它类型的宽带传感器。

[0100] 在步骤602,将氧传感器电池224暴露给自由空气。在此示例中,将测量电池202置于向尾气或其它空中杂质暴露最少的区域。在氧测量设备222工作于行进车辆的某些情况下,当所得的λ值高于汽油的稀薄燃烧限制而且一段时间不变时,计算单元确定发动机处于惯性滑行模式。当确定车辆处于惯性滑行模式时,计算设备218执行校准过程。如果该计算设备218是ECU自身,则惯性滑行状况已知,从而在尾气系统的预定净化时间之后,ECU对自由空气执行该校准过程。

[0101] 在步骤604,确定是否应当校准加热器控制单元302。在此示例中,在加电程序期间校准加热器控制单元302。需要执行加热器校准过程的其它合适情况的示例包括测量电池202的替换或重新连接和某些测量误差的检测。如果需要加热器校准,则该过程在步骤606继续。否则,直接进行到步骤608。

[0102] 在步骤606,校准加热器控制单元302。在此示例中,将对应于能斯特电池(224)的优选工作温度的优选加热器阻抗和优选泵浦电池阻抗存储在存储器中。如参照图8所讨论的那样,在测量和记录优选加热器阻抗和优选泵浦电池阻抗之前,将能斯特电池阻抗保持于目标能斯特电池阻抗适当的时间周期。

[0103] 在步骤608,执行传感器预热过程。在参照图3所描述的监测设备中,在传感器预热过程期间,模拟开关316最初是断开的。根据适当的加热时间表,对加热器元件330供电以升高温度。加热器控制单元302监测加热元件330上的电流和电压,并确定加热器元件330的阻抗。将该加热器阻抗与在加热器校准过程期间测量和存储的优选加热器阻抗进行比较。当加热器控制单元检测到该加热器阻抗等于优选加热器阻抗时,加热器控制单元302确定已经达到氧传感器电池206的最低工作温度。响应于检测到达到期望工作温度,加热器控制单元302在“就绪”输出端给出“高”启用信号。当启用信号变“高”时,与门(U3)318接通模拟开关316。

[0104] 在步骤610,保持能斯特电池的优选工作温度。在氧传感器校准过程的余下时间期间以及氧监测设备222的工作期间保持该优选工作温度。对于此处所讨论的示例,在工作期间恒定地监测泵浦电池204阻抗 $R_{\text{泵浦}}$,并控制加热器控制单元302以保持恒定或几乎恒定的优选泵浦电池阻抗。从存储器取回在加热器校准过程期间存储在存储器中的优选泵浦电池阻抗。控制加热器控制单元302的合适方法的示例包括使用脉宽调制来提高或降低加热器元件330所消耗的功率量。

[0105] 当氧测量设备222处于振荡模式且电流变化时,泵浦电池204处的电压(U_2 的输出)由 V_{CC} 、 $R_{\text{泵浦}}$ 、电阻器 R_4 310以及泵浦电池204的反EMF决定。模拟比较器电路304的运算放大器(U_1)322的输出在0V与 V_{CC} 之间切换。加热器控制单元302在运算放大器(U_1)322的输出的每次转变之前和之后对运算放大器(U_2)308的输出取样。在每次转变之前和之后测得的电压之差的绝对值是 U_{DIFF} 。在某些情况下,使运算放大器(U_2)308的输出通过截止频率充分高的高通滤波器(未示出)。在转变点之后立即对滤波器输出取样,所得输出电压的绝对值等于 U_{DIFF} 。

[0106] 加热器控制单元302根据以下关系计算泵浦电池204阻抗 $R_{\text{泵浦}}$:

$$[0107] \quad R_{\text{泵浦}} = R_4 (U_{\text{DIFF}} / V_{\text{CC}}) \quad (1)$$

[0108] 在某些情况下,作为监测泵浦电池204阻抗的替代方案或除此之外,还监测能斯特电池(224)阻抗(R_N)。为了监测能斯特电池(224)阻抗,使能斯特电池(224)的输出电压信号通过高通滤波器和放大器(未示出)。然后在比较器转变点对所得的经过滤波和放大的信号取样。然后将峰-峰电压 U_{NPP} 计算为低-高和高-低转变时的取样电压之差。

[0109] 电压 U_{NPP} 遵循以下方程:

$$[0110] \quad U_{\text{NPP}} = V_{\text{CC}} (R_1 + 2R_N) / R_2 \quad (2)$$

[0111] 因此, U_{NPP} 线性地跟随能斯特(224)阻抗 R_N ,而且是无需在信号路径中使用任何滤波来影响测得 λ 信号的情况下的能斯特电池(224)阻抗的方便的测量结果。选择电阻器 R_1 和 R_2 以使流过 R_N 的电流小到不足以影响能斯特电池(224)的功能,从而能斯特工作温度和阻抗下的 U_{NPP} 约为10mV。

[0112] 在步骤612,基于氧传感器电池224的输出信号,使氧离子流210在正电流(I_p)与负电流($-I_p$)之间变化。以上参照图5描述了使电流208变化的合适方法的示例。

[0113] 在步骤614,确定空气的脉宽比($\text{PWM}_{\text{空气}}$)。对于这些示例,对于正电流周期和负电流周期确定脉宽($t_{1\text{空气}}$ 和 $t_{2\text{空气}}$)。通过计算设备218中的晶体时钟对方波的转变时间计时以测量脉宽。测量诸如例如一秒的充足时间段上的脉宽值并取平均值,以计算平均 $\text{PWM}_{\text{空气}}$ 。

[0114] 如果在惯性滑行状况期间计算空气的脉宽比,则计算设备218确定在测量泵浦电流208的脉宽之前何时达到该状况。如果该计算设备218是系统中的ECU,则该ECU基于诸如节气门位置和发动机转速之类的对ECU直接可用的参数来监测该状况。

[0115] 在步骤616,将 $\text{PWM}_{\text{空气}}$ 存储在存储器中。可使用多种技术来存储和取回校准信息。例如,可将脉宽($t_{1\text{空气}}$ 和 $t_{2\text{空气}}$)直接存储到存储器中,并稍后用于计算 $\text{PWM}_{\text{空气}}$ 。在使用方波的频率来进一步补偿压力和温度变化的情况下,需要这样的过程。通过存储脉宽时序,除存储了空气的平均脉宽比($\text{PWM}_{\text{空气}}$)之外,还存储了频率信息。

[0116] 在步骤618,基于氧传感器电池206的输出信号,使氧离子流210在第一电流与第二电流之间变化。对于此处所讨论的示例,电流208在(I_P)与零之间变化。以类似于上述方法

的方式,使电流208从第一电流到第二电流变化,除了用零电流代替了负电流(IP-)。

[0117] 在步骤620,确定当第二电流为零时空气的脉宽比(PWM'空气)。对于此处所讨论的这些示例,对于正电流周期和零电流周期确定脉宽($t'_{1\text{空气}}$ 和 $t'_{2\text{空气}}$)。通过计算设备218中的晶体时钟对方波的转变时间计时以测量脉宽。测量诸如例如一秒的充足时间段上的脉宽值并取平均值,以计算平均PWM'空气。为了测量PWM'空气,计算设备218将信号校准(CALIBRATE)置为高。因此与非门(U4)328以及与门(U3)318使模拟开关316仅在泵浦电流208的高相期间接通。在低相期间,模拟开关316断开,从而没有泵浦电流能流动。

[0118] 在步骤622,将PWM'空气存储在存储器中。可使用多种技术来存储和取回校准信息。例如,可将脉宽($t'_{1\text{空气}}$ 和 $t'_{2\text{空气}}$)直接存储到存储器中,并稍后用于计算PWM'空气。

[0119] 在某些情况下,可执行其它校准过程。例如,可通过测量和存储对应于某些校准情况下的泵浦电流208的频率信息执行用于压力和温度补偿的校准过程。

[0120] 图7是通过将测得脉宽比PWM比与脉宽比函数比较来确定气体的氧浓度的方法的流程图。参照图7所描述的方法是执行图4的步骤408的方法的示例。虽然参照图7的讨论针对氧传感器,但这些示教可应用于其它类型的宽带传感器。

[0121] 在步骤702,计算初步的氧浓度(λ_{PRE})。对于此处所讨论的示例,通过以下方程确定初步氧浓度(λ_{PRE}):

$$[0122] \quad \lambda_{\text{PRE}} = P / (\text{PWM}_{\text{空气}} - \text{PWM}_{\text{比}}) \quad (3)$$

$$[0123] \quad \text{其中 } P = (1 + \text{PWM}'_{\text{空气}})(1 - \text{PWM}_{\text{空气}}) / (1 - \text{PWM}'_{\text{空气}}) \quad (4)$$

[0124] 计算设备218从存储器取回PWM'空气、PWM比以及PWM'空气的值,并运用上述方程来计算初步氧浓度 λ_{PRE} 。如下所描述的那样,P等于化学计量比下的脉宽比(PWM_{ST})为零情况下的PWM'空气。因此,在特定传感器的PWM_{ST}为零的情况下, λ_{PRE} 等于PWM'空气/(PWM'空气-PWM比)。

[0125] 在步骤704,确定 λ_{PRE} 是否小于1。如果 λ_{PRE} 小于1,则过程进行至步骤706。否则,该过程进行至步骤708,在步骤708确定气体的氧浓度(λ)等于初步氧浓度 λ_{PRE} 。

[0126] 在步骤706,确定气体的氧浓度(λ)等于初步氧浓度乘以校准因子(M)然后与1减去校准因子的和($\lambda = (\lambda_{\text{PRE}}) * M + (1 - M)$)。对于本文中所讨论的示例,通过对测量电池202在暴露给具有已知氧浓度的气体时的性能的统计分析推导出用于特定测量电池202的品牌和模型的校正因子M。在某些情况下,将用于若干个测量电池中的每一个的校正因子存储在存储器中,并应用于连接在氧测量设备222中的特定模型。M的典型值的示例是0.71428。

[0127] 图8是校准加热器控制单元302的方法的流程图。因此,参照图8所描述的方法提供了用于执行图6的步骤606的方法的示例。虽然参照图8的讨论针对氧传感器,但这些示教可应用于其它类型的宽带传感器。

[0128] 在步骤802,当升高加热器元件330的温度时,监测加热器元件330的阻抗。在参照图3所描述的监测设备中,在加热器校准过程期间,模拟开关316最初是断开的。根据适当的加热时间表,对加热器元件330供电以升高该温度。加热器控制单元302监测加热元件上的电流和电压,并确定加热器元件的阻抗。基于所存储的将加热器元件阻抗与加热器元件330的温度关联的信息,加热器控制单元确定何时达到氧传感器电池224的最低工作温度。响应于判定达到期望的最低工作温度,加热器控制单元302在“就绪”输出端给出“高”启用信号。当启用信号变“高”时,与门(U3)318接通模拟开关316。

[0129] 在步骤804,确定是否已经到达该最低工作温度。当达到最低工作温度时,该过程

继续至步骤806。否则,在模拟开关316断开的情况下在步骤802继续监测加热器温度。

[0130] 在步骤806,将能斯特电池阻抗保持于目标能斯特电池阻抗。控制加热器控制单元302以改变该温度以将能斯特电池阻抗保持于目标值。目标能斯特电池阻抗是取决于测量电池(传感器)202的类型和品牌的预定值,而且由传感器制造商提供。将能斯特电池阻抗保持恒定或几乎恒定达某一最少时间,以允许温度和阻抗的波动趋于稳定。合适的稳定时间的示例是10秒。

[0131] 如上所述,通过使能斯特电池(224)的输出电压信号通过高通滤波器和放大器(未示出)来监测能斯特电池(224)的阻抗。然后在比较器转变点对所得的经过滤波和放大的信号取样。然后根据方程2将峰-峰电压UNPP计算为低-高和高-低转变时的取样电压之差。

[0132] 在步骤808,测量并存储优选加热器阻抗和优选泵浦电池阻抗。对于此处所讨论的示例,基于方程1计算泵浦电池阻抗。如上所讨论,当氧测量设备222处于振荡模式,泵浦电池204处的电压(U_2 的输出)由 V_{CC} 、 $R_{泵浦}$ 、电阻器R4以及泵浦电池204的反EMF决定。比较器电路304的运算放大器(U_1)322的输出在0V与 V_{CC} 之间切换。加热器控制单元302在运算放大器(U_1)322的输出的每次转变之前和之后对运算放大器(U_2)308的输出取样。在每次转变之前和之后测得的电压之差的绝对值是 U_{DIFF} 。在某些情况下,使运算放大器(U_2)322的输出通过截止频率充分高的高通滤波器(未示出)。在转变点之后立即对滤波器输出取样,所得输出电压的绝对值等于 U_{DIFF} 。

[0133] 虽然根据氧测量设备的具体实现可使用多个校正因子和方程,但上述方程是基于以下对此处所讨论的示例的分析和假定推导出来的。本领域技术人员将基于此处的示教认识到修改。

[0134] 以下将参照方程5-26描述多个参数之间的关系,其中假定以下:

[0135] Q_f 是将能斯特电池(206)保持于转变点所需的流入和流出测量电池202的氧气流量;

[0136] Q_1 是固定恒定电流(I_p)时流出能斯特电池(224)的氧气流量值;

[0137] Q_2 是固定恒定电流($-I_p$)时流入能斯特电池(224)的氧气流量值;

[0138] t_1 是将能斯特电池(224)从0.445V切换至0.455V所需的氧气泵浦时间(Q_1 流量);以及

[0139] t_2 是将能斯特电池(224)从0.455V切换至0.445V所需的氧气泵浦时间(Q_2 流量)。

[0140] 因此,对于上述假定,能斯特电池(206)的电压是0.45V,且交流(AC)分量为10mVpp。所得的 Q_f 为:

$$[0141] \quad Q_f = (Q_1 * t_1 - Q_2 * t_2) / (t_1 + t_2) \quad (5)$$

[0142] 可将时序关系表示为

$$[0143] \quad PWM_{比} = (t_1 - t_2) / (t_1 + t_2) \quad (6)$$

[0144] 利用1和2,可将方程1写成:

$$[0145] \quad Q_f = [(Q_1 + Q_2) * PWM_{比} + Q_1 - Q_2] / 2 \quad (7)$$

[0146] 可将泵浦流量比(Q_{RAT})表示为:

$$[0147] \quad Q_{RAT} = (Q_1 - Q_2) / (Q_1 + Q_2) \quad (8)$$

[0148] 在变化的空气压力下, Q_1 和 Q_2 几乎成比例地变化,所以 Q_{RAT} 保持几乎恒定。这对于温度变化同样成立。因此 Q_{RAT} 与温度无关。

[0149] 在某些情况下,当传感器老化时 Q_{RAT} 可能改变,因此可能需要将传感器周期性地校准以保持最优性能。

[0150] 如果 Q_1 和 Q_2 已知且为常数,则根据时序关系和测得的 $PWM_{比}$ 确定氧气流速和 λ 。如果泵浦电流208、温度、尾气压力、大气压力以及空气中的氧气浓度恒定,则 Q_1 和 Q_2 恒定。对于此处所讨论的示例,通过小心的电路设计将泵浦电流208和温度保持恒定。对于本文中所述的分析,假定大气中的氧气浓度恒定处于20.9%。通过校准补偿大气压力影响。尾气压力的影响倾向于将 Q_1 和 Q_2 改变相等的因子,并修改氧传感器电池206的响应时间,因为在氧传感器电池206表面取决于压力而存在或多或少的氧离子。

[0151] 如上所述,氧监测设备222通过使泵浦电流208在恒定正值与负值之间切换来测量氧气流量。选择此恒定泵浦电流值的绝对值,以使它大于自由空气所需的泵浦电流208的绝对值。

[0152] 上述方程是线性的,从而可通过两个已知点来确定。时间值 t_1 和 t_2 由受晶体控制的微处理器或定时电路测定,只要已知两个校准点就能准确确定 λ 。

[0153] 化学计量比的尾气混合物不需要任何修正氧气流量,从而稳定状态泵浦电流208等于零。这种状况用来确定校准点、化学计量脉宽比、 PWM_{ST} 中的一个。

[0154] 如上所述,当被测气体是空气时,通过测量脉宽比获得第二校准点。将测量室202暴露给自由空气。如果未将测量室202安装于车辆中,则将测量室放置于暴露给自由空气的区域中。如果将测量室202安装在车辆中,则当车辆未运行足够时间和所有尾气已经散尽时或车辆处于惯性滑行模式时,执行对自由空气的校准。在惯性滑行模式期间,发动机上的节气门完全关闭而且发动机转速高于预定值。在此情况下,典型的ECU将不喷射任何燃料,因为不需要从发送机输出功率而且能节省更多的燃料。然后利用足够高的总流量值 Q_F 驱动泵浦电池204以泵浦来自测量室中的空气的所有氧气。

[0155] 根据方程5到8得出:

$$[0156] \quad PWM_{ST} = -Q_{RAT} \quad (9)$$

[0157] 可将从尾气氧气浓度计算出的 λ 值表示为:

$$[0158] \quad \lambda = \text{空气氧气组分} / (\text{空气氧气组分} - \text{过量氧气}) \quad (10)$$

[0159] 注意如果消耗了所有氧气但仍存在未燃烧或部分燃烧的燃料,则方程6中的过量氧气值可具有负值。

[0160] 为了检查氧气流速来代替体积,通过除法消去 t :

$$[0161] \quad \lambda = Q_F(\text{空气}) / (Q_F(\text{空气}) - Q_F) \quad (11)$$

[0162] 运用方程7、8、9以及11:

$$[0163] \quad \lambda = (PWM_{空气} - PWM_{ST}) / (PWM_{空气} - PWM_{比}) \quad (12)$$

[0164] 如上所述,通过在自由空气校准期间使泵浦电池204在 Q_1 与无电流($Q_2=0$)之间切换,测量第二自由空气 $PWM_{比}$ ($PWM'_{空气}$)。

[0165] 在校准期间从 $PWM_{空气}$ 和 $PWM'_{空气}$ 根据以下公式计算 PWM_{ST} :

[0166] 根据方程7,

$$[0167] \quad 2 * Q_F = (Q_1 + Q_2) * PWM_{空气} + Q_1 - Q_2 \quad (13)$$

$$[0168] \quad 2 * Q_F = Q_1 * PWM'_{空气} + Q_1 \quad (14)$$

[0169] 其中当在 Q_1 与无电流之间而不是 Q_1 与 Q_2 之间切换时测量 $PWM'_{空气}$ 。

[0170] $P = \text{PWM}_{\text{空气}} - \text{PWM}_{\text{ST}}$. (15)

[0171] 根据方程13和14:

[0172] $P = (1 + \text{PWM}'_{\text{空气}}) * (1 - \text{PWM}_{\text{空气}}) / (1 - \text{PWM}'_{\text{空气}})$ (16)

[0173] $\text{PWM}_{\text{ST}} = \text{PWM}_{\text{空气}} - P$ (17)

[0174] 运用方程(12):

[0175] $\lambda = P / (\text{PWM}_{\text{空气}} - \text{PWM}_{\text{比}})$ (18)

[0176] 如上所述,通过使传感器在适当的工作温度下暴露给自由空气来测量 $\text{PWM}_{\text{空气}}$,而且在某些情况下,使用频率信息用于确定补偿因子。以下分析证明了频率与其它参数之间的关系。

[0177] 返回方程8,如果 $Q_1 = Q_2$,则 Q_{RAT} (从而 PWM_{ST})变为零。实际取样频率取决于全流量比 Q_{F} 。

[0178] 于是方程8变成:

[0179] $Q_{\text{F}} = Q_{\text{F}} * \text{PWM}_{\text{比}}$ (19)

[0180] 方程12变成

[0181] $\lambda = \text{PWM}_{\text{空气}} / (\text{PWM}_{\text{空气}} - \text{PWM}_{\text{比}})$ (20)

[0182] Q_{F} 是泵浦电流 I_{P} 的函数,因此 $Q_{\text{F}} = f(I_{\text{P}})$ 。如果 Q_{F} 对于恒定的 I_{P} 由于尾气压力变化而改变,则测得的 $\text{PWM}_{\text{比}}$ 对于同一修正的流量 Q_{F} 变成 $\text{PWM}'_{\text{比}}$ 。

[0183] 在一阶近似中,随着尾气压力或温度改变, Q_1 和 Q_2 改变因子 K 。

[0184] 于是方程8变成:

[0185] $Q_{\text{F}} = K * [(Q_1 + Q_2) * \text{PWM}'_{\text{空气}} + Q_1 - Q_2] / 2$ (21)

[0186] 其中

[0187] $Q_1 * t_1 = K * Q_1 * t_1'$ (22)

[0188] $Q_2 * t_2 = K * Q_2 * t_2'$ (23)

[0189] 测量频率 f 由以下确定:

[0190] $f = 1 / (t_1 + t_2)$ (24)

[0191] $f' = 1 / (t_1' + t_2')$ (25)

[0192] 根据方程20、21、22以及23得出:

[0193] $K = f' / f$ (26)

[0194] 因为当所有其它环境状况恒定的时候 f 是恒定的,所以可使用此计算结果来修正温度和/或压力变化。于是方程8变成:

[0195] $\lambda = (\text{PWM}_{\text{空气}} - \text{PWM}_{\text{ST}}) / (\text{PWM}_{\text{空气}} - (1 - K) * \text{PWM}_{\text{ST}} - K * \text{PWM}'_{\text{比}})$ (27)

[0196] 以及方程18变成:

[0197] $\lambda = \text{PWM}_{\text{空气}} / (\text{PWM}_{\text{空气}} - K * \text{PWM}'_{\text{比}})$ (28)

[0198] 因此,这些方程允许应用压力补偿因子 K 来补偿压力或温度变化。在极端情况下, Q_1 与 Q_2 不会相同地变化同一因子 K 。因此,在某些情况下,将归一化的频率偏差 f' / f 用作实验得出的查找表中的指数,以提取准确的偏差因子 K' :

[0199] $K' = \text{func}(f' / f)$. (29)

[0200] 因此一旦通过实验确定了给定传感器类型的归一化频率/ λ 表格,就能在不使用单独的用于测量尾气压力的传感器的情况下针对尾气压力变化修正计算得出的 λ 值。

[0201] 常规的可买到的封装好的测量电池202通常具有与温度有关的对泵浦电池204和能斯特电池(224)的虚地的寄生电阻。为了运用上述压力补偿方法并使用许多可买到的测量电池202,必须通过软件或电路系统来解决此寄生电阻。

[0202] 可按照除上述方法之外的其它方式将上述方程和分析应用于本发明的其它实现,而且可将此处描述的示教应用于多种格式、实现以及构造。如上所描述的那样,可修改硬件和软件以适应多种因素。例如,在运算放大器(U₂)308提供三态输出的情况下,可排除模拟开关316。此外,可将模拟开关316连接至氧测量装置222中反相电阻器(R₄)310之前,代替连接至运算放大器(U₂)308的输出端。运算放大器(U₂)308还可提供三态输出。此外,可将加热器控制单元302集成为计算设备218的一部分。

[0203] 此外,在某些情况下,可使用数模(D/A)转换器或电位计代替齐纳二极管314。从而可设置基准电压U_{REF}以使化学计量比下的脉宽比PWM_{ST}正好为零。在这样的情况下,用于计算λ的方程是:

$$[0204] \quad \lambda = \text{PWM}_{\text{空气}} / (\text{PWM}_{\text{空气}} - K * \text{PWM}') \quad (30)$$

[0205] 在某些情况下,分析频率信息以根据上述分析提供其它有用信息或数据。例如,因为测量电池202的响应时间随着老化而改变,所以将振荡频率直接用作确定需要更换的测量结果。当达到下阈值频率时,计算设备218可提供应当更换传感器的警告。当重新校准了自由空气值时,优选执行频率分析,因为环境状况是可比拟的(方程27中的f'和f相等),而且频率改变是由传感器老化引起的。

[0206] 图9是适合于具体表现氧测量设备222的手持诊断设备的框图。如上所述,可将氧测量设备222实现为若干种配置和设备中的任一种。例如,可将氧测量设备222集成为车辆燃料系统中的OEM设备。此外,氧测量设备222可以是汽车零件市场加油系统或诊断系统的一部分。基于此处的示教,其它设备和用途对本领域技术人员将显而易见。

[0207] 手持诊断设备900包括外壳902、显示器904、连接器906-912以及向计算设备218和电流管理设备216提供接口的按钮(或其他类型的开关)912、914。显示器允许用户观看与手持诊断设备900的状态有关的信息。在手持设备900中,连接器906-912包括用于连接至外部计算机的串行端口912、用于提供对应于测得λ的模拟信号的模拟输出连接器908、辅助传感器接口919以及传感器连接器906。在某些情况下还可包括诸如用于接收直流供电的电源连接器之类的其它连接器。连接至计算设备218的校准按钮908提供用于启动校准过程的用户界面。记录按钮914提供用于启动允许将数秒的数据存储在存储器中的记录过程的用户界面。可使用的另一按钮或开关的示例包括通断开关(未示出)。这些按钮和连接器连接至计算设备218和其它电路系统,并在用户、测量设备222、测量电池202以及其它外部设备之间提供接口。

[0208] 因此,用于测量气体的氧浓度的该系统、装置以及方法提供了具有胜过常规系统的若干优点的用于监测气体的节省成本、高效以及准确的方法。此处所描述的技术提供了简化的设计,因为氧浓度(λ)测量不需要模数(A/D)转换。此外,测量电池传感器中不需要校准电阻器来补偿传感器公差,这导致制造简化和生产成本更低。测量电池202自身的大范围公差是可接受的,从而可导致更高的生产率。因为不需要精密电阻器或其它精密零件,所以使电路成本最小化。氧监测设备222自我补偿压力和温度变化。测量过程被转换到时域,代替模拟电流/电压域。如数字设计中常见的那样,通过使用标准晶体时间基准消除了温度和

与老化有关的漂移,因为相比于典型的电阻器 $<10^{-2}$ 的公差,晶体时间基准具有 $<10^{-6}$ 的公差。测量结果与 $1/\lambda$ 成线性关系,且与传感器的 I_p/λ 曲线无关。校准是方便的,且仅使用空气作为基准气体。

[0209] 虽然参照图9的讨论针对适用于具体表现氧测量设备222的手持诊断设备,但这些示教可适用于实现用于其它类型的宽带传感器的手持设备。例如,可将设备900配置成连接至响应于氮气或气态氮氧化物的测量电池。

[0210] 图10是根据其中单个电化学电池1006执行传感器电池和泵浦电池的功能的示例的传感器系统1000的框图,该传感器系统1000包括连接至宽带传感器1002的传感器管理设备1004。离子浓度测量系统1000包括:具有测量电池(由单个电化学电池形成)的传感器;以及传感器管理设备,它根据电化学电池处的电池电压使流过电化学电池的泵浦电流在第一恒定电流与第二恒定电流之间变化。通过进入传感器的测量室1008中的测量开口1010接收受测流体。电化学电池1006基于流过电化学电池1006的泵浦电流使离子在测量室1008与暴露给环境流体的环境开口1012之间移动。传感器测量设备1004基于电化学电池1006处的电池电压($V_{\text{电池}}$)1018确定受测流体的离子浓度。测定电化学电池1006的内阻,并将它从电池电压1018中减去以获得表明受测流体的离子浓度的电化学电池1006的能斯特电压。

[0211] 可使用软件、硬件和固件的任何组合来实现传感器系统1000。可使用任何数量的设备、电路或元件来实现本文中所描述的功能块的多种功能和操作。可将这些功能块中的任一个集成到单个器件中,而且可将这些块的功能分布在若干器件、电路以及元件上。

[0212] 传感器1002包括连接在测量室1008内的电化学电池1006,该测量室1008具有测量开口1010和环境开口1012。流过电化学电池1006的泵浦电流1014的大小和方向支配电化学电池1006中的离子流1016。定位测量室1008的测量开口1010,以当环境开口1010正对环境流体时接收受测流体。该受测流体和环境流体可以是气体或液体。对于此处给出的示例,该受测流体是受测气体,而环境流体是大气,其中受测气体是氧气。电化学电池1006是基于流过电化学电池1006的泵浦电流1014改变测量室1008中的离子浓度并给出与该离子浓度相关联的电压($V_{\text{电池}}$)1018的任何设备、部件或元件。该电化学电池1006类似于常规传感器中的泵浦电池。对于此示例,电化学电池1006是响应于氧离子的能斯特电池。然而,在某些情况下,该电化学电池1006可响应于诸如例如气态氮氧化物(NO_x)之类的其它气体。

[0213] 当使恒定的电流流过电化学电池1006时,在该电池上产生电压,该电压是能斯特电压与电化学电池1006的内阻产生的电压降(电阻电压)之和。该内阻是有时候称为欧姆阻抗(Ohmish impedance)的电池的实阻抗。电阻电压(V_R)由流过内阻的泵浦电流引起。能斯特电压表明测量室中的氧气浓度,而且等于总电化学电池电压($V_{\text{电池}}$)与电阻电压(V_R)之差。因此,可通过从电化学电压($V_{\text{电池}}$)减去电阻电压(V_R)来计算能斯特电压。对于此示例,传感器管理设备1004将泵浦电流1014在正恒定电流与负恒定电流之间连续切换,测量电池电压并基于通过减去电阻电压(V_R)得到的能斯特电压确定氧气浓度。传感器管理设备1004包括电流管理单元216和计算设备218,其中电流管理单元216控制电流并测量电池电压。因此,参照图10所讨论的示例中的操作类似于参照图2A、图2B以及图3所描述的示例的操作,除了用单个电化学电池代替了泵浦电池和测量电池。因此,图10的示例中的泵浦电池也起测量电池的作用。

[0214] 电化学电池1006基于测量室1008中的离子数量提供输出信号。响应于该输出信

号,传感器管理设备1004使泵浦电流在两个恒定电流电平之间变化。电流管理单元保持第一泵浦电流,直到输出信号达到第一阈值。当达到第一阈值时,电流管理单元1004将泵浦电流1014控制为反方向,直到输出信号达到第二阈值电平。计算设备监测电流波动以确定受测流体(气体)的离子浓度。将所得振荡的脉宽比(占空比)用作流过泵浦电池的氧流量的指示。可使用对电流信号和其它相关波形和信号的脉宽比的评估来测定氧气浓度。如上所述,传感器系统1000的合理应用包括用于监测来自内燃机的尾气的气体离子监测设备,以确定氧浓度以便调节空气燃料混合比。可将该离子监测设备、方法以及系统实现为若干类型的应用和系统的任一种的一部分,而且可用于测量流体媒质中的多种类型的离子中的任一种。某些示例包括测量气态氮氧化物的诸如NO和NO₂离子浓度之类的离子浓度、测量二氧化碳浓度、测量液体中的气体离子浓度(诸如测量水中的氧和二氧化碳的浓度)。此外,在某些情况下可测量液体或气体中的盐和诸如铅之类元素的离子浓度。因此,可测量多种类型的离子中的任一种的浓度,其中离子传感器和电流泵响应于受测的特定离子。此外,如以下参照图20、图21以及图22所讨论的那样,测量电池可用作NO_x测量系统的主电化学系统,其中该主电化学系统提供第一输出信号,该第一输出信号被用作基准并与氮敏感电化学电池的第二输出信号进行比较以确定NO_x浓度。

[0215] 合适的传感器管理设备1004的示例包括被配置成通过接口1022连接至测量电池(电化学电池1006)的装置,且包括构成电流管理单元1018和计算设备1020的电路系统。接口1022可包括电连接器、直接电缆连接、或用于在传感器1002与传感器管理设备1004之间传输信号的其它电接触装置。将电流管理单元1018配置成基于测量室中的测量流体中的离子浓度接收输出信号1018。进一步将电流管理单元1018配置成通过根据输出信号1018使流过电化学电池1006的泵浦电池的泵浦电流1014在第一恒定电流与第二恒定电流之间变化来调节电化学电池1006与环境流体之间的离子流量。将计算设备1020配置成根据泵浦电流的方波的脉宽比确定受测流体的离子浓度。因此,取决于特定实现,计算设备1020可评估与泵浦电流1014有关或从泵浦电流1014推导出来的多个信号或波形的任一个。

[0216] 因此,使用测得电压来触发泵浦电流的反转。例如,如果在正泵浦电流(I_P)期间能斯特电压($|V_{CELL}| - |R \cdot I_P|$) > 0.5伏,则反转泵浦电流(I_P),如下所述地计算R(内阻),并且该过程在负恒定泵浦电流下继续直到能斯特电压 < 0.4V。然后使泵浦电流(I_P)极性返回正,等等。在此示例中,迟滞电压是0.1V(0.5V-0.4V)。可使用不同的迟滞电压。在某些情况下,两个阈值可使用同一值。

[0217] 对于此示例,通过在流过电池的正电流与负电流之间和/或负电流与正电流之间的转变点测量电池上的电压变化来确定电化学电池的内阻(R)。因为将泵浦电流在恒定正电流与负电流之间切换,所以基于欧姆定律计算电阻。

[0218] 该内阻与电化学电池的温度有关。在泵浦电流极性反转时,电池没有时间作出反应,而且没有以新方向泵浦任何氧气。因此决定能斯特电压的氧气浓度差还未改变明显量。因此,电池上的电压变化至少主要由电流变化引起。基于电流差和电压差,基于 $R_{\text{电池}} = \Delta V_{\text{电池}} / \Delta I_P$ 关系确定内阻,其中 $\Delta V_{\text{电池}}$ 是电池上的电压差,而 ΔI_P 是泵浦电流差。基于欧姆定律 $V_R = R_{\text{电池}} \cdot I_P$ 使用内阻 $R_{\text{电池}}$ 来确定由内阻 $R_{\text{电池}}$ 引起的电压降(V_R)。对于随后计算中的周期的剩余部分,从电化学电池上的实际电压($V_{\text{电池}}$)减去电阻电压(V_R)以确定能斯特电压从而确定离子浓度。在大多数应用中,可在电流转变之前和之后测量高达数微秒的电压变化 $\Delta V_{\text{电池}}$ 。刚好

在极性反转之前与之后之间的电压差是 $\Delta V_{\text{电池}}$ 电压变化。用于测量 $\Delta V_{\text{电池}}$ 电压的合适技术包括使用取样保持电路。

[0219] 可将上述讨论应用于如下所述的示例。如果泵浦电流的绝对值是5mA,而且测得的 $\Delta V_{\text{电池}}$ 是0.8伏(I_P 从+5mA到-5mA),因为 ΔI_P 是10mA(+5mA-(-5mA)), $R_{\text{电池}}$ 是80欧姆。如果测量室比化学计量比稍微更浓一些(能斯特电压为0.5V),则在从+5mA跳至-5mA时实际测得的电池电压从0.9V跳至0.1V。现在该泵浦电流是负的(-5mA),而且泵浦电池将氧离子泵浦到测量室中。这使该室逐渐稀薄,从而泵浦电池电压减小。在0V的下阈值时(0.1V迟滞),电流的极性再次反转,而且电池上的电压跳至0.8V(0.4V能斯特电压+0.4V的 V_R)。现在将氧离子再次泵浦出该室,而且泵浦电池上的电压再次升高直到它达到0.9V的上阈值(0.5V能斯特电压+0.4V的 V_R)等等。

[0220] 图11是泵浦电流114和相应的电池电压($V_{\text{电池}}$)1018的示例的图形表示。当使泵浦电流1014在恒定正电流1102和恒定负电流1004之间切换时,电化学电池(泵浦电池)上的电压($V_{\text{电池}}$)也在负电压与正电压之间振荡。如上所讨论,总电压($V_{\text{电池}}$)的一部分(V_R)1106是由内阻引起,而且被称为电阻电压(V_R)1106。在将泵浦电流反转之后,相反的电阻电压在电池上出现,并开始接近总电池电压下的阈值。电阻电压与能斯特电压1108之和等于总电池电压($V_{\text{电池}}$)。

[0221] 图12是传感器1200的截面图的框图,其中传感器1200包括单个电化学电池和用作测量开口1010的扩散缝隙1202。测量侧电极暴露给测量室1008,而大气电极暴露给诸如空气之类的大气流体1210。如上所述,由于能斯特电池与泵浦电池这两个部件之间的物理分离,常规的宽带传感器呈现出能斯特基准电池输出与变化的泵浦电池电流之间的延迟。该延迟不适用于图12的示例,因为泵浦电池的有源电极表面也能直接对被测气体无延迟地作出响应。这进一步提高了测量速度。因此,图12中所示的实施例是在没有根据常规技术的单独的传感器基准电池的情况下构造的宽带传感器的示例。

[0222] 图13是传感器1300的截面图的框图,其中传感器1300包括单个电化学电池和用作测量开口1010的多孔膜1302。在图13中所示的实现中,省略了测量室和扩散缝隙。泵浦电池暴露给尾气的电极被允许尾气弱扩散至该传感器电极的惰性多孔材料覆盖。因此用多个扩散通道代替了常规传感器的单个扩散缝隙和测量室。这本质上将泵浦电池表面划分成了多个平行工作的泵浦电池。这极大地降低了单个小颗粒覆盖扩散缝隙而致使传感器无法工作的机会。因为每个泵浦电池零件相比于常规宽带传感器还必须仅在更少得多的气体样本上工作,所以进一步提高了它的工作速度。因为用于这些传感器的材料具有大的负温度系数,可通过电池的内阻(欧姆阻抗)测量传感器的温度,由于传感器温度对扩散速度和能斯特电压的影响,所以测量传感器的温度是有用处的。多孔层可由具有隔热特性的材料组成。它还用作泵浦电池自身的防护。通过适当的构造,此多孔层自身可担当传感器的保护罩,从而消除由常规宽带传感器周围的金属罩的流体动力学引起的响应速度延迟。

[0223] 因此,参照图10-13所讨论的装置、系统以及方法提供了胜过常规离子浓度测量系统的若干优点。对两个设备的消除提供了更容易制造和使用时延迟降低的传感器。相比于控制回路实现,由于PWM方案而获得更加准确的结果。因为电池的内阻与温度有关,所以可使用计算得出的内阻 $R_{\text{电池}}$ 值来测量温度,并通过控制泵浦电池加热器来调节电化学电池(泵浦电池)的温度。

[0224] 图14是包括测量室1402、主电化学电池系统1404以及次电化学电池系统1406的离子浓度传感器1400的框图。可在多种系统和实施例中用离子浓度传感器1400以测量诸如液体和气体之类的流体的离子浓度。如以下所讨论的那样，离子浓度传感器1400可包括泵浦电池、测量电池以及电化学电池来实现氮离子传感器。

[0225] 主电化学系统1404和次电化学系统1406分别包括至少一个电化学电池，且被配置成响应于相应的泵浦电流1412、1414改变进入测量室1402和离开测量室1402的离子流量1408、1410，并产生基于测量室1402中的离子浓度1420、1422的输出信号1416、1418。因此，主电化学系统1404响应于主泵浦电流1412改变进入测量室1402和离开测量室1402的主离子流量1408。根据测量室1402中的第一离子浓度1420产生第一输出信号1416。次电化学系统1406响应于次泵浦电流1414改变进入测量室1402和离开测量室1402的次离子流量1410。根据测量室中的第二离子浓度1422产生第二输出信号1418。虽然离子浓度1420、1422可以是不同元素的离子浓度，但离子浓度1420、1422是此处所讨论的示例中的同一元素的离子浓度。输出信号1416、1418包括由电化学电池或测量电池产生的电化学电池电压。对于以下所讨论的示例，第二离子浓度1422是次电化学系统1406的催化电极附近的局部氧离子浓度，而第一离子浓度1420是测量室中除催化电极附近的所有处的基本均匀的氧离子浓度（一般氧离子浓度）。因此，对这些示例，第一离子浓度1420在第一区中，而第二离子浓度1422在第二区中，其中第二区比主电化学系统更接近次电化学系统。然而，取决于特定实现，第一和第二离子浓度1420、1422可以是不同元素的离子浓度，或可在测量室1402中具有不同分布。

[0226] 在离子浓度传感器1402的操作期间，使主泵浦电流1412在第一恒定主泵浦电流与第二恒定主泵浦电流之间变化以改变主离子流量1408。变化的离子流量提高或降低第一离子浓度1420，导致变化的第一输出信号1416。根据第一输出信号1416调节主泵浦电流1412。对于以下实现，当第一输出信号1416达到上阈值时，以及当它达到下阈值时，均使主泵浦电流1412反向。第一恒定主泵浦电流具有与第二恒定主泵浦电流相反的极性。

[0227] 基于第一输出信号1416与第二输出信号1418之间的关系使第二泵浦电流1414在第一恒定次泵浦电流与第二恒定次泵浦电流之间变化。对于以下的实现，当第一输出信号1416与第二输出信号1418之差达到上差值阈值时和当该差达到下差值阈值时，使次泵浦电流1414反向。因此，第二输出信号1418表明第一离子浓度1420与第二离子浓度1422之间的相对离子浓度，而第二输出信号1418与第一输出信号1416之间的关系表明离子浓度。例如，对于以下实现，用于控制次泵浦电流的控制信号的占空比表明氮氧化物(NO_x)浓度，其中第一输出信号1416表明氧气浓度，而第二输出信号1418表明由将 NO_x 催化还原成氧气和氮气引起的氧气浓度。可评估与次泵浦电流有关或从次泵浦电流推导出的任何信号或波形或用于控制该电流的控制信号以确定 NO_x 浓度，其中被评估的波形或信号取决于特定实现。还形成与阈值有关并通过选择阈值可调节的迟滞函数。

[0228] 图15是氮氧化物(NO_x)传感器系统1500的框图，该传感器系统包括具有泵浦电池1502的 NO_x 传感器1501、氧测量电池1504以及氮敏感电化学电池1506。因此， NO_x 传感器1501是离子传感器1400的一个实现，其中主电化学系统1404包括泵浦电池1502和氧测量电池1504，而其中次电化学系统1406包括氮敏感电化学电池1506。将泵浦电池1502暴露给待测的外部流体1508和测量室1510。将氧测量电池1504和氮敏感电池1506暴露给环境流体1512

和测量室1510。虽然可将传感器1501设计成在包括气体和液体的多种流体情况下工作,但典型的实现包括用于测量气体浓度的构造。合适的实现的一个示例包括将NO_x传感器1501安装在内燃机的尾气系统中,以测量尾气的NO_x浓度。因此,在此类系统中,外部流体1508为尾气,而环境流体1512是大气。

[0229] 通过诸如扩散缝隙之类的测量开口或其它开口将诸如受测尾气之类的受测流体1514接收到测量室1510中。如以下参照图16所描述的那样,通过穿过泵浦电池1502的扩散缝隙接收受测流体1514。传感器管理设备1516通过控制电池电流并检测输出信号来管理传感器1501。氧测量电池1504提供氧电池输出信号1518,该信号表明测量室1510中的氧离子浓度。因此,该氧离子浓度是图14的示例的第一离子浓度1420的示例。氧测量电池输出信号1518是第一输出信号1416的示例。

[0230] 在工作期间,传感器管理设备1516使流过泵浦电池1502的泵浦电池电流1520在第一恒定泵浦电流与第二恒定泵浦电流之间变化。传感器管理设备1516监测氧测量电池输出信号1518,并使用该信号来确定何时切换泵浦电流1520的方向。当氧测量电池输出信号1518达到上阈值时,将泵浦电流1520从将氧离子泵浦到测量室1510中的正恒定泵浦电流反转成将氧离子泵浦出测量室1510的负恒定泵浦电流。当氧测量电池输出信号1518达到下阈值时,将泵浦电流1520切换回正泵浦电流。示出传感器管理设备与传感器之间的连接的线是信号的功能性表示,而物理连接的实际数量取决于特定实现。某些连接可以接地或连接至其它电压电位。例如,如参照图17所讨论的那样,将来自每一个电池的电极接地,而且仅在传感器与传感器管理设备之间建立两个电连接(除接地之外)。

[0231] 氮敏感电化学电池1506是将氮氧化物(NO_x)还原成氮气和氧气、并产生指示电池1506上的局部氧离子浓度的氮电池输出信号1522的任何电化学电池。对于以下参照图16所讨论的示例,氮敏感电化学电池1506包括暴露给测量室1510并将NO_x催化还原成N₂和O₂的铂和铑(Pt/Rh)电极。在存在NO_x的地方,NO_x电池电极处的局部氧气浓度高于测量室1510余下空间中的氧气浓度。因此,此局部氧气浓度是图14的第二氧离子浓度1422的示例。传感器管理设备1516将氮电池输出信号1522与氧测量电池输出信号1518比较,并使氮电池泵浦电流1524通过氮敏感电化学电池1506。当氮电池泵浦电流1524为负时,氮电池泵浦电流1524将氧离子从测量室向外泵浦至大气1512中,而当氮电池泵浦电流1524为正时,氮电池泵浦电流1524将氧从大气1512泵浦到测量室1510中。当氧电池输出信号与氮电池输出信号1522之差达到上阈值和下阈值时,使氮电池泵浦电流1524反向。因此,用于切换氮电池泵浦电流1524的控制信号的功能(波形)表明受测流体1514的NO_x浓度。通过观测其它值或信号可确定该浓度。例如,可分析氮电池泵浦电流1524的占空比以确定氮气浓度。因此,可使用从氧测量电池输出信号1518(第一输出信号1416)与氮敏感电池输出信号1522(第二输出信号1418)之差推导出来的或与其有关的其它值来确定氮氧化物浓度。

[0232] 图16是用于测量气体中的离子浓度的NO_x传感器1600的截面的框图,该传感器1600是图15的NO_x传感器1501的实现的示例。因此,NO_x传感器1600是NO_x传感器1501的示例,其中可在内燃机的尾气系统中使用该NO_x传感器1600。还可在其它系统中使用传感器1600并用于其它用途。其它用途可包括检测警报和医疗设备。

[0233] NO_x传感器1600包括两层层叠的二氧化锆(ZrO₂)陶瓷层1602、1604。层1602、1604之间的密封空间形成测量室1510。在第一层1602的每一侧上设置了铂电极1606、1608,以将

尾气电极1606暴露给尾气1610(外部流体1508),并将测量电极1608暴露给测量室1510中的气体。第一层中的孔1612形成用于接收受测气体1614(受测流体1514)的扩散缝隙。在某些情况下,可使用其它类型的扩散缝隙和扩散层。

[0234] 将单个铂电极(空气电极)1616设置在第二ZrO₂层1604上,以使空气电极1616与测量室1510相对并暴露给环境空气1618(环境流体1512)。将另一铂电极(氧测量电极)1620与空气电极1616相反地设置在第二层1604上,以与空气电极1616和第二层1604一起形成氧测量电池1504。铂/铑(Pt/Rh)电极1622与空气电极1616和第二层1604一起形成氮敏感电化学电池1506。因此,第一层1602与铂电极1606、1608一起形成泵浦电池1502,而第二层1604与铂层1616、1620以及Pt/Rh电极1622一起形成氧测量电池1504和氮敏感电池1506。流过泵浦电池1502的电流1520以与电流方向相反的方向运输氧离子。氧测量电池1504、泵浦电池1502以及氮敏感电池1506上的电压由能斯特方程支配:

[0235] $V_{outn} = (R \cdot T / 4 \cdot F) \cdot \ln(P_{o1} / P_{o2})$

[0236] 其中R是通用气体常数,T是以开尔文为单位的温度,F是法拉第常数, P_{o1} 是一个电极的氧气分压力(对氧测量电池和Pt/Rh电池而言是空气,而对泵浦电池而言是尾气),以及 P_{o2} 是另一电极(测量室内部的电极)的氧气分压力。空气氧气分压力约为20000帕斯卡。

[0237] 氮敏感电池1506响应于氮气和氧气。Pt/Rh电极1622将氮氧化物(NO_x)催化还原成氮气(N₂)和氧气(O₂)。这种机制导致Pt/Rh电极1622的表面处的氧气含量(分压力)的局部增浓。因此,当存在NO_x时,Pt/Rh电极附近的氧气的局部浓度升高。空气电极与Pt/Rh电极之间的能斯特电压低于氧测量电池输出电压(第一输出信号1416)。Pt/Rh电极1622附近的局部氧气浓度是图14的第二离子浓度1422的示例。

[0238] 图17是包括连接至图16的NO_x传感器1600的传感器管理设备1516的NO_x测量系统1700的示意性功能图。可使用硬件、软件和固件的任何组合来实现NO_x测量系统1700。可使用任何数量的设备、电路或元件来实现参照图17所描述的功能块的多种功能和操作。可将这些功能块中的任一个集成到单个器件中,而且可将这些块的功能分布在若干器件、电路以及元件上。在某些实例中可省略某些功能块。例如,因为这些设备的工作本来就处于计数器的输出脉冲的计数中,所以可省略触发器。因此,图17是连接在测量系统中的传感器1600的实现的示例的简图。根据特定测量系统和传感器的特定结构、用途、环境以及要求,参照图17所描述的多种元件、设备、值、信号以及功能可与使用传感器1400、1501、1600的其它实现的其它测量系统不同。

[0239] 具有迟滞的第一比较器1702将氧测量电池1504上的氧测量电池电压1704(第一输出信号1416)与基准电压1706持续进行比较。对于此示例,该基准电压1706是-450mV。当氧测量电池电压1704(第一输出信号1416)降低到下阈值以下时,第一比较器输出为逻辑高信号,而当氧测量电池电压1704(第一输出信号1416)升高到上阈值以上时,第一比较器输出是逻辑低信号。通过比较器1702的迟滞作用确定上和下阈值,并将上和下阈值选择成对应于测量室1510中的氧浓度阈值。通过第一触发器(FF1)1708处理第一比较器输出1707,以使时钟输入1710选通第一触发器1708的FF1输出1712。FF1输出1712控制第一电流开关1714,第一电流开关1714将流过泵浦电池1502的泵浦电池电流1716控制在第一恒定泵浦电流1718与第二恒定泵浦电流1720之间。对于此示例,第一和第二恒定泵浦电流大小相等但具有相反极性。因此,在第一比较器输出1707降至低于下阈值(-1/2迟滞)时,在下一时钟周期

将第一触发器输出1712置为高。所得的高FF1输出置位第一电流开关1714以控制恒定正泵浦电流1718流过泵浦电池1502。在此状态下,泵浦电池1502将氧气从尾气侧电极1610通过泵浦电池1502泵浦到测量室1510中。第一电流开关1714保持于此位置,直到被FF1输出1712切换。当氧测量电池电压1704达到上阈值(+1/2迟滞)时,第一比较器1702产生逻辑低的第一比较器输出信号。在下一时钟周期,第一触发器1708输出变为逻辑低信号,以将第一电流开关1714切换成负恒定泵浦电流1720。图17示出开关电流源1724,它包括受第一开关1714控制的正电流源1726和负电流源1728。因此,开关电流源1724提供图14中提到的主泵浦电流1412。可使用多种技术和电路中的任一种来实现开关电流源1724从第一恒定泵浦电流1718切换至第二恒定泵浦电流1720的功能。一种合适技术的示例包括使用运算放大器的输出作为输入以提供如上所述的反馈回路。另一示例包括使用晶体管电路作为电流源、并使用电子开关在电流源和电流宿之间切换。

[0240] 具有迟滞的第二比较器1730基于氧测量电池电压1704(第一输出信号1416)与Pt/Rh电池输出电压1734(第二输出信号1418)之间的关系产生输出1732。如上所述,Pt/Rh电极1622将NO_x还原成N₂和O₂,并基于Pt/Rh电极1622附近的局部氧气浓度产生输出1734。当存在NO_x时,局部氧气浓度升高,而且空气电极1616与Pt/Rh电极1622之间的能斯特电压低于氧测量电池1504的空气电极1622与测量电极1620之间的能斯特电压。第二比较器1730持续比较氧测量电池1704的能斯特电压(第一输出信号)与Pt/Rh电池的能斯特电压(第二输出信号)。当存在高浓度的NO_x而且Pt/Rh电池电压与氧测量电池电压之差低于下阈值(例如该差值具有高于阈值大小的大小)时,第二比较器1730产生逻辑低的第一比较器输出信号1732。在下一时钟周期,第二触发器1736产生也为逻辑低的FF2输出1740。FF2低信号置位第二电流开关1738以控制流过Pt/Rh电池1506的Pt/Rh电池电流1742(次泵浦电流1414)为第一恒定Pt/Rh电池电流1744(第一恒定次泵浦电流)。因此,对于图17的示例,第一恒定次泵浦电流是从空气电极1616流向Pt/Rh电极1622的相对小的负泵浦电流。当施加了第一恒定次泵浦电流时,构成Pt/Rh电池1506的电化学电池起着将氧气从测量室1510通过Pt/Rh电池1506泵浦到环境空气1524中的泵浦电池的作用。因此,通过Pt/Rh电池1506的氧气流与电流1742方向相反。当氧被充分耗尽从而建立低于阈值的局部氧气浓度时,第二比较器1730产生逻辑高值的第二比较器信号1732。因此,比较器1730检测到Pt/Rh电池和氧测量电池具有相同电压(或由迟滞引起的几乎相同电压)并产生高逻辑信号。在下一时钟周期,第二触发器1736向第二开关1738提供逻辑高信号,以将Pt/Rh电池电流1742(次泵浦电流1414)从第一恒定Pt/Rh电池电流1744(第一恒定次泵浦电流)切换成第二恒定Pt/Rh电池电流1746(第二恒定次泵浦电流)。因此,Pt/Rh电池电流1742从恒定负Pt/Rh电池电流1744切换至恒定正Pt/Rh电池电流1746,其中电流1744、1746与泵浦电池电流1718、1720相比相对小。流过Pt/Rh电池的相对小正电流将氧气从空气1524泵浦到测量室1510中。Pt/Rh电极附近的局部氧气浓度由于正的次泵浦电流和任何催化还原的NO_x的贡献而继续升高直到达到下阈值,而且此过程重复。图17示出开关电流源1748,它包括受第二开关1738控制的正电流源1750和负电流源1752。可使用多种技术和电路中的任一种来实现开关电流源1746从第一恒定Pt/Rh电池电流1744切换至第二恒定Pt/Rh电池电流1746的功能。因此,开关电流源1748提供图14中提到的次泵浦电流1414。

[0241] 第二触发器输出信号1740的NO_x脉冲密度输出表明测量室1510中的NO_x的浓度。在

不存在NO_x的情况下,对于给定的时间周期,信号1740的逻辑高(1)和逻辑低(0)的数量相等。这是因为不需要将Pt/Rh电极1622产生的任何附加的氧气泵浦出去。随着NO_x浓度升高,催化还原并泵浦出更多的氧气,从而在给定的时间周期上,1的数量相对于0的数量增多。因此,NO_x脉冲密度输出1740的占空比是NO_x的测量结果。

[0242] 计算设备1754接收控制信号1740并根据占空比确定NO_x浓度。可利用处理器、微处理器、或硬件、软件和/或固件的组合来实现计算设备1754。在某些情况下,该计算设备可包括计数器。在某些情况下,可使用表格将占空比与所存储的与浓度关联的值进行比较。在其它情况下,可基于存储的方程计算该浓度。例如,在大多数情况下,占空比与浓度之间的关系是线性的或接近线性的。因此,可计算检测到的占空比并将它们应用于线性方程以确定浓度。

[0243] 根据特定实现来选择多种信号极性、大小、逻辑电平以及频率。合适值的某些示例包括以下。合适的次泵浦电流的示例包括比主泵浦电流低2到3个数量级的次泵浦电流大小。因为测量室中的典型的NO_x含量比氧气含量低许多数量级,所以这样的选择通常是合适的。选择第一比较器的迟滞,以使受比较器控制的电路的振荡处于50到100Hz量级。选择第二比较器的迟滞,以使受第二比较器控制的NO_x电路的振荡处于1到2千赫兹(1-2KHz)量级。在许多情况下,选择第二比较器1730的迟滞,以补偿由电池的电阻引起的Pt/Rh电池上的电压(V_R)。Pt/Rh电池1506的输出电压(V_{电池})是由能斯特方程支配的能斯特电压与电阻电压(V_R)的组合产生。(V_R)等于((I_{泵浦2})*R_{电池}),其中R_{电池}是Pt/Rh电池的内阻(阻抗),而(I_{泵浦2})是次泵浦电流。虽然V_R根据电流方向切换极性,但能斯特电压不会。

[0244] 因此,测量系统1700测量尾气1508的NO_x组分。被测气体1614通过单个扩散缝隙1612扩散到测量室1510中。主电化学系统引导并测量测量室中的氧气,而次电化学系统并行工作以测量NO_x。次电化学系统将NO_x还原成N₂和O₂,并与主电化学系统管理的氧气流并行地管理流入和流出测量室的O₂。如上所述,此机制提供胜过常规NO_x传感器的若干优点。例如,常规NO_x传感器具有更低灵敏度,而且由于它们的结构而更容易受误差和噪声影响。如上所讨论的那样,常规的NO_x传感器通常包括两个扩散缝隙和测量室。宽带氧传感器通过第一扩散缝隙接收被测气体。将宽带氧传感器与限制流量传感器串联地(以气流的角度)定位。使用宽带氧传感器来耗尽被测气体的氧气同时保持NO_x不受影响。氧被耗尽的该气体通过第二扩散缝隙扩散到第二测量室中。第二室中的Pt/Rh电池是氧气和氮气敏感的。施加在此电池上的恒定电压产生氧离子流。外加的此电压受电池的能斯特电压反抗,从而产生非常小的电流。此小电流在小范围上与NO_x组分成线性。可通过施加不同的电压以分辨率为代价扩展该范围。因为此电流非常小(在纳安范围中),且非常慢地与NO_x组分反应,所以传感器也非常慢地跟随NO_x组分。NO_x需要流过两个扩散缝隙和测量室使这种慢的情况更严重。因为该系统依赖于恒定的低氧组分,所以氧组分中的任何误差在NO_x测量结果中表现为误差。这当然限制了传感器的最高灵敏度。这个非常小的电流还对噪声非常敏感,从而测量结果对电噪声极其敏感。利用本文中讨论的这些结构、电路以及技术可减少或消除这些和其它限制。

[0245] 如上所述,可使用硬件、软件和/或固件的任何组合实现参照图17所描述的功能和元件。电流源1726和电流宿1728的合适实现的示例包括极性可切换的电流源。由运算放大器和电阻器组成的施密特触发器电路是合适的具有迟滞的比较器1702的示例。可使用电阻

器分压网络实现电压源。

[0246] 因此,在工作期间,具有迟滞的比较器1702将由测量室电极1620和空气电极1616组成的O₂测量电池的输出与来自电压源1706的固定电压进行比较。使比较器的输出与第一触发器(D触发器)1708的时钟源同步。触发器1708的输出控制流过开关1714的泵浦电流的方向。D触发器1708的输出是脉冲密度调制的信号,其脉冲密度(或占空比)与受测气体的O₂浓度成比例。比较器(具有迟滞)1730将O₂基准电池(1620、1616)的输出与由Pt-Rh电极1622和空气电极1616组成的Pt-Rh NO_x敏感的电池处的电压比较。如果不存在NO_x,则NO_x敏感的电极和仅O₂敏感的电极处的能斯特电压应当相同。然而,由于比较1730的迟滞,小的泵浦电流(I_{Pt/Rh})流过Pt-Rh电池。此泵浦电流根据其方向局部提高或降低Pt-Rh电极处的氧气浓度。这改变了该电极处的电压。当达到迟滞点中的一个时,比较器的输出从1切换至0(或从0到1)。此切换操作通过D触发器1736时钟同步。此D触发器的输出又通过电子开关1738使泵浦电流I_{Pt/Rh}的极性反向。如果不存在NO_x,则不需要净O₂流流过Pt-Rh电池,以保持与O₂基准电池相同的能斯特电压。在此情况下,对于给定的时钟周期,D触发器1736的输出为高和为低的时候一样多。因此,NO_x脉冲密度输出的平均占空比为50%。如果存在NO_x,则NO_x中的一些在Pt-Rh电极处被分解成O₂和N₂。这引起Pt-Rh电极处O₂分子的局部过量。为保持Pt-Rh电池与O₂基准电池的能斯特电压相同,则必须去除此过量的O₂。当电流从空气电极1616通过Pt-Rh电池流向Pt-Rh电极1622时,该电池起氧泵浦电池的作用,将O₂离子从Pt-Rh电极泵浦到空气侧。因此,对于此情形下的给定时间段,电子开关1738处于切换至I_{Pt/Rh1}的有效位置更多时间。因此,平均占空比大于50%。占空比取决于NO_x浓度和选定的I_{Pt/Rh}绝对值。在多数情况下,平均占空比与测量气体的NO_x浓度之间的关系是线性的或几乎线性的。在某些情况下,校准传感器系统以将占空比与NO_x浓度准确地关联。合适的校准技术的示例包括调节实现于传感器单元中的一个或多个外部电阻器。可在工厂在制造期间执行这样的技术并建立线性关系的斜率。在某些情况下可省略校准,而确定是否需要校准是根据制造公差、NO_x浓度测量的所需准确度以及其它因素。

[0247] 第一比较器1702和触发器1708是第一检测电路1756的示例,它被配置成根据测量室中的第一离子浓度检测主电化学电池系统所产生的第一输出信号,并控制第一开关电流源。将第一开关电流源配置成将流过主电化学电池系统的主泵浦电流控制在第一恒定主泵浦电流与第二恒定主泵浦电流之间,以将第一离子流引导到测量室中和从测量室引导出去。在此示例中,主电化学系统包括测量电池和泵浦电池。第二比较器1730和第二触发器1738是第二检测电路1758的示例,该电路被配置成根据测量室中的第二离子浓度检测次电化学电池系统所产生的第二输出信号。因此将第二检测电路1758配置成基于第一输出信号与第二输出信号之间的关系产生控制信号1740。将第二开关电流源1748配置成响应于控制信号1740将流过次电化学电池系统的次泵浦电流控制在第一恒定次泵浦电流与第二恒定次泵浦电流之间,以将第二离子流引导到测量室中和从测量室引导出去。

[0248] 图18是测量室1510中的氧气浓度的图形表示1800。图18示出值之间的一般关系,而且所描述的大小和频率可能不一定按比例,而且可能没有描述实际测得的量。第一离子浓度曲线1802表示测量室1510中诸如一般氧浓度之类的第一离子浓度1420。第二离子浓度曲线1804表示诸如Pt/Rh电极1622附近的局部氧气浓度之类的第二离子浓度1422。在多数情况下,曲线1802、1804与诸如氧测量电池1504和氮感测电池1506之类电池电压的主输出

信号和第二输出信号1416、1418成比例。第一离子浓度曲线1802在氧浓度上阈值1806与氧浓度下阈值1808之间变化,虽然在某些情况下可能超过这些阈值。在某些情况下,氧浓度下阈值1808可能等于或非常接近零。因此,氧浓度下阈值1808对应于第一比较器在将氧测量电池电压1704与基准电压1706进行比较时将所应用的下阈值。氧浓度上阈值1806对应于第一比较器1702运用的上阈值。

[0249] 图19是NO_x脉冲输出曲线1902的图形表示1900。图19示出值之间的一般关系,而且所描述的大小和频率可能不一定按比例,而且可能没有描述实际测得的量。NO_x脉冲输出曲线1902在逻辑高1904与逻辑低1906电平之间变化,而且具有与测量室1510中的NO_x浓度有关的占空比。第二触发器输出1740可提供NO_x脉冲输出曲线1902。当测量室中不存在NO_x时,NO_x脉冲输出曲线1902的第一部分1906表示第二触发器1736的输出。对于第一部分1906,占空比是50%。当存在NO_x时,第二部分1908表示第二触发器输出1740。第二部分具有大于50%的占空比,因为在给定的时钟速率下,1的数量在时间周期中大于0的数量。

[0250] 图20是包括连接至传感器管理设备2004的NO_x传感器2002的传感器系统2000的框图,其中NO_x传感器200包括用于执行氧传感器电池和氧测量电池功能的单个氧电化学电池2006。因此,NO_x传感器2002是离子传感器1400的一个实现,其中主电化学系统1404包括氧电化学电池2006,而其中次电化学系统1406包括氮敏感电化学电池2008。通过扩散缝隙、扩散层、或其他开口将外部流体2010接收到测量室2012中作为受测流体2014。将氧电化学电池2006和氮敏感电化学电池2008暴露给环境流体2016和测量室2012。虽然可将传感器2002设计成在包括气体和液体的多种流体情况下工作,但典型的实现包括用于测量气体浓度的构造。合适的实现的一个示例包括将NO_x传感器2002安装在内燃机的尾气系统中,以测量尾气的NO_x浓度。因此,在此类系统中,外部流体2010为尾气,而环境流体2014是空气。可使用软件、硬件和固件的任何组合来实现传感器系统2000。可使用任何数量的设备、电路或元件来实现本文中所述的功能块的多种功能和操作。可将这些功能块中的任一个集成到单个器件中,而且可将这些块的功能分布在若干器件、电路以及元件上。

[0251] 传感器管理设备2004根据氧电化学电池2006处的电池电压2020使流过氧电化学电池2006的泵浦电流2018在第一恒定电流与第二恒定电流之间变化。氧电化学电池2006基于流过氧电化学电池2006的泵浦电流2018使离子在测量室2012与诸如空气之类的环境流体2016之间移动。传感器测量设备2004还根据氧电化学电池2006处的电池电压2020与氮敏感的电池2008处的电池电压2024之间的关系使流过氮敏感的电化学电池2008的泵浦电流2022在第一恒定电流与第二恒定电流之间变化。氮电化学电池2006将NO_x还原成氧离子和氮离子,并基于流过氮敏感的电化学电池2008的泵浦电流2022使氧离子在测量室2012与诸如空气之类的环境流体2016之间移动。

[0252] 传感器测量设备2004从总电池电压2020中提取氧电化学电池2006的能斯特电压,以向氮敏感的电化学电池2008的电池电压2024提供用于比较的基准。确定氧电化学电池的内阻,并将它从电池电压中减去以获得表明测量室中的受测流体的第一区中的氧离子浓度的氧电化学电池2006的能斯特电压。因此,氧电化学电池2006的能斯特电压是图14的第一输出信号1416的示例。

[0253] 在工作期间,传感器管理设备2004使流过氧电化学电池2006的电池电流2012在第一恒定泵浦电流与第二恒定泵浦电流之间变化。传感器管理设备2004监测氧测量电池输出

信号2020,并使用该信号来确定何时切换电池电流2018的方向。当氧测量电池输出信号2020达到上阈值时,将电池电流2018从将氧离子泵浦到测量室2012中的正恒定泵浦电流反转成将氧离子泵浦出测量室2012的负恒定泵浦电流。当氧测量电池输出信号2020达到下阈值时,将电池电流2018切换回正泵浦电流。示出传感器管理设备2004与传感器之间的连接的线是信号的功能性表示,而物理连接的实际数量取决于具体实现。某些连接可以接地或连接至其它电压电位。例如,如参照图22所讨论的那样,将空气电极接地,而且仅在传感器与传感器管理设备之间建立两个电连接(除接地之外)。

[0254] 氮敏感电化学电池2008是将氮氧化物(NO_x)还原成氮气和氧气、并产生表明电池2008上的局部氧离子浓度的氮电池输出信号2024的任何电化学电池。对于以下参照图21所讨论的示例,氮敏感电化学电池2008包括暴露给测量室2012的将 NO_x 催化还原成 N_2 和 O_2 的铂和铑(Pt/Rh)电极。在存在 NO_x 的地方, NO_x 电池电极处的局部氧气浓度高于测量室2012余下空间中的氧气浓度。因此,此局部氧气浓度是图14的第二氧离子浓度1422的示例。传感器管理设备2004将氮电池输出信号2024与氧测量电池输出信号2020的能斯特贡献比较,并使氮电池泵浦电流2022流过氮敏感电化学电池2008。当氮电池泵浦电流2022为负时,氮电池泵浦电流2022将氧离子从测量室向外泵浦至环境空气2014中,而当氮电池泵浦电流2022为正时,氮电池泵浦电流2022将氧从环境空气2012泵浦到测量室2012中。当氧电池输出信号的能斯特部分与氮电池输出信号2024之差达到上阈值和下阈值时,使氮电池泵浦电流2022反向。因此,用于切换氮电池泵浦电流2022的控制信号的功能(波形)表明被测流体2014的 NO_x 浓度。通过观测其它值或信号可确定该浓度。例如,可分析氮电池泵浦电流1524的占空比以确定氮气浓度。因此,可使用从氧测量电池输出信号2020(第一输出信号1416)与氮敏感电化学电池输出信号2024(第二输出信号1418)之差推导出来的或与其有关的任何值来确定氮浓度。

[0255] 与图15的 NO_x 测量系统相比,参照图20所描述的 NO_x 测量系统2000使用单个电化学电池而不是使用单独的电池来泵浦和测量离子。如上所述,必须从总电池电压提取能斯特电压以提供用于确定 NO_x 浓度的基准。

[0256] 如上所述,电化学电池具有内阻。当使恒定的电流流过氧电化学电池时,在该电池上产生电压,该电压是能斯特电压与电化学电池的内阻产生的电压降(电阻电压)之和。该内阻是有时候称为欧姆阻抗的电池的实阻抗。电阻电压(V_R)由流过内阻的泵浦电流引起。能斯特电压表明测量室中的氧气浓度,而且等于总电化学电池电压($V_{\text{电池}}$)与电阻电压(V_R)之差。因此,可通过从电化学电压($V_{\text{电池}}$)减去电阻电压(V_R)来计算能斯特电压。在图20的示例中,传感器管理设备2004将泵浦电流2018在正恒定电流与负恒定电流之间连续切换,测量电池电压,并基于通过减去电阻电压(V_R)得到的能斯特电压确定氧气浓度。传感器管理设备2004可包括电流管理单元和计算设备,其中电流管理单元控制电流并测量电池电压。

[0257] 因此,使用测得的氧电化学电池的电压来触发流过氧电化学电池的泵浦电流的反向。例如,如果在正泵浦电流(I_P)期间能斯特电压($|V_{\text{CELL}}| - |R \cdot I_P|$) ≥ 0.5 伏,则反转泵浦电流(I_P),如下所述地计算R(内阻),并且该过程在负恒定泵浦电流下继续直到能斯特电压 ≤ 0.4 V。然后使泵浦电流(I_P)极性返回正,等等。在此示例中,迟滞电压是0.1V(0.5V-0.4V)。可使用不同的迟滞电压。

[0258] 确定氧电化学电池的内阻(R)的合适技术的示例包括在流过电池的正电流与负电流之间和/或负电流与正电流之间的转变点测量电池上的电压变化。因为将泵浦电流在恒

定正电流与负电流之间切换,所以基于欧姆定律计算电阻。

[0259] 该内阻与电化学电池的温度有关。在泵浦电流极性反转时,电池没有时间作出反应,而且没有以新方向泵浦任何氧气。因此决定能斯特电压的氧气浓度差还未改变明显量。因此,电池上的电压变化至少主要由电流变化引起。基于电流差和电压差,基于 $R_{\text{电池}} = \Delta V_{\text{电池}} / \Delta I_P$ 关系确定内阻,其中 $\Delta V_{\text{电池}}$ 是电池上的电压差,而 ΔI_P 是泵浦电流差。基于欧姆定律 $V_R = R_{\text{电池}} * I_P$ 使用内阻 $R_{\text{电池}}$ 来确定由内阻 $R_{\text{电池}}$ 引起的电压降(V_R)。从氧电化学电池上的实际电压($V_{\text{电池}}$)减去电阻电压(V_R),以提供与氮电池输出2024比较的基准。在大多数应用中,可在电流转变之前和之后测量高达数微秒的电压变化 $\Delta V_{\text{电池}}$ 。刚好在极性反转之前与之后之间的电压差是 $\Delta V_{\text{电池}}$ 电压变化。用于测量 $\Delta V_{\text{电池}}$ 电压的合适技术的示例包括使用取样保持电路。

[0260] 合适的传感器管理设备2004的示例包括被配置成通过接口2026连接至测量电池系统(氧电化学电池2006和氮敏感电化学电池2008)的装置,且包括构成电流管理单元和计算设备的电路系统。接口2026可包括电连接器、直接电缆连接、或用于在传感器2002与传感器管理设备2004之间传输信号的其他电接触装置。

[0261] 图21是用于测量气体中的离子浓度的 NO_x 传感器2100的截面的框图,该传感器2100是图20的 NO_x 传感器2002的实现的示例。因此, NO_x 传感器2100是 NO_x 传感器2002的示例,其中可在内燃机的尾气系统中使用该 NO_x 传感器2100。还可在其它系统中使用传感器2100并用于其它用途。其它用途的示例可包括检测警报和医疗设备。

[0262] NO_x 传感器2100包括单个层叠的二氧化锆(ZrO_2)陶瓷层2102。层2102与室外壳2104之间的空间构成测量室2012。室外壳2104中的孔2106形成用于接收受测气体2108(受测流体2014)的扩散缝隙。该扩散缝隙可以是扩散缝隙、扩散层或进入测量室中的其它开口。

[0263] 将单个铂电极(空气电极)2110设置在 ZrO_2 层2102上,以使空气电极2110与测量室2012相对并暴露给环境空气2112(环境流体2014)。将另一铂电极(氧电极)2114与空气电极2110相反地设置在层2102上,并使铂电极2114暴露给测量室中的受测气体2108,以与空气电极2110和 ZrO_2 层2102一起形成氧电化学电池2006。将铂/铑(Pt/Rh)电极2116设置在 ZrO_2 层2102的测量室侧上,而且也将该电极2116暴露给测量室2012中的受测气体2108。铂/铑(Pt/Rh)电极2116与空气电极2110和 ZrO_2 层2102一起形成氮敏感电化学电池2008。因此,氧电极2114、空气电极2110以及 ZrO_2 层2102构成氧电化学电池2006,而 Pt/Rh 电极2116、空气电极2110以及 ZrO_2 层2102构成氮敏感电池2008。

[0264] 流过氧电化学电池2006的电流2018以与电流方向相反的方向输运氧离子。氮敏感电池2008响应于氮气和氧气。 Pt/Rh 电极2116将氮氧化物(NO_x)催化还原成氮气(N_2)和氧气(O_2)。这种机制导致 Pt/Rh 电极2116的表面处的氧气组分(分压力)的局部丰富。因此,当存在 NO_x 时, Pt/Rh 电极2116附近的氧气的局部浓度升高。当存在 NO_x 时,空气电极2110与 Pt/Rh 电极2116之间的能斯特电压低于氧测量电池输出电压2020(第一输出信号1416)。 Pt/Rh 电极2116附近的局部氧气浓度是图14的第二离子浓度1422的示例。

[0265] 图22是包括连接至图21的 NO_x 传感器2100的传感器管理设备2004的 NO_x 测量系统2200的示意性功能图。可使用硬件、软件和固件的任何组合来实现 NO_x 测量系统2200。可在任何数量的设备、电路或元件中实现参照图22所描述的功能块的多种功能和操作。可将这些功能块中的任一个集成到单个器件中,而且可将这些块的功能分布在若干器件、电路以

及元件上。在某些实例中可省略某些功能块。例如,因为这些设备的工作本来就处于计数器的输出脉冲的计数中,所以可省略触发器。因此,图22是连接在测量系统中的传感器2100的实现的示例的简图。根据具体测量系统和传感器的特定结构、用途、环境以及要求,参照图22所描述的多种元件、设备、值、信号以及功能可与使用传感器1400、2002、2100的其它实现的其它测量系统不同。

[0266] 具有迟滞的第一比较器2202将氧电化学电池2006上的氧测量电池电压2204与基准电压2206持续进行比较。对于此示例,该基准电压2206是-450mV。当氧测量电池电压2204降低到下阈值以下时,第一比较器输出2207为逻辑高信号,而当氧测量电池电压2204升高到上阈值以上时,第一比较器输出是逻辑低信号。通过比较器的迟滞作用确定上和下阈值,并将上和下阈值选择成对应于测量室2012中的氧浓度阈值。这些阈值还考虑由氧电化学电池的内阻引起的电压的贡献。因此,图22的系统中的第一比较器2202的迟滞大于参照图17所讨论的系统1700的第一比较器1702的迟滞。

[0267] 通过第一触发器(FF1)2208处理第一比较器输出2207,以使时钟输入2210选通第一触发器2208的FF1输出2212。FF1输出2212控制第一电流开关2214,第一电流开关2214将流过氧电化学电池2006的氧电池泵浦电流2216控制在第一恒定泵浦电流2218与第二恒定泵浦电流2220之间。对于此示例,第一和第二恒定泵浦电流大小相等但具有相反极性。

[0268] 因此,在第一比较器输出降至低于下阈值(-1/2迟滞)之后,在下一时钟周期将第一触发器输出2212置为高。所得的高FF1输出置位第一电流开关2214以控制恒定正泵浦电流2218流过氧电化学电池2006。在此状态下,电化学电池2006将氧气从氧电极2114泵浦通过氧电化学电池2006并从环境空气泵浦到测量室2012中。第一电流开关2214保持于此位置,直到被FF1输出2212切换。当氧测量电池电压2204达到上阈值(+1/2迟滞)时,第一比较器2202产生逻辑低的第一比较器输出信号。在下一时钟周期,第一触发器2208输出变为逻辑低信号,以将第一电流开关2214切换成负恒定泵浦电流2220。在此状态下,将氧气从测量室2012向外泵浦到环境空气中。图22示出开关电流源2224,它包括受第一开关2214控制的正电流源2226和负电流源2228。可使用多种技术和电路中的任一种来实现开关电流源2224从第一恒定泵浦电流2218切换至第二恒定泵浦电流2220的功能。因此,对于此示例,开关电流源2224提供图14中提到的主泵浦电流1412。

[0269] 具有迟滞的第二比较器2230基于氧电池电压2024(第一输出信号1416)的能斯特电压部分2233与Pt/Rh电池输出电压2234(第二输出信号1418)之间的关系产生输出2232。因此,在此示例中,第二比较器2230比较氧电化学电池2006产生的能斯特电压而不是电池上的总电压。能斯特电压提取器2235从氧电化学电池2006的总电压提取能斯特电压。因此,能斯特电压提取器2235提取的能斯特电压是参照图14所讨论的第一输出信号1416的示例。能斯特电压提取器2035的合适实现的示例包括在泵浦电流极性反转之前和反转之后立刻对O₂基准电压取样的双取样电路。两个取样点之差是流过电池的内阻的泵浦电流引起的电压的两倍大。

[0270] 可使用多种技术中的任一种实现能斯特电压提取器2235。合适实现的示例包括使用取样保持电路。通常将取样保持电路实现为模数转换器设计的一部分,且由电容器、电子开关以及诸如运算放大器之类的低输出阻抗放大器组成。短取样脉冲将开关接通,从而将电容器连接至放大器输出。这将电容器充电至输出电压。当该脉冲消失时,电容器保持该充

电以供A/D转换读取。在能斯特提取器中,在电流极性反转之后,用非常短的脉冲对取样保持电容器充电(取样)。那时,能斯特电压来不及变化。电池处的总电压是能斯特电压($V_{\text{能斯特}}$)与泵浦电流($I_{\text{泵浦}}$)和电池的内阻抗引起的电压(V_{ice11})之和。通过欧姆定律, V_{ice11} 是 $I_{\text{泵浦}} * R_{\text{ice11}}$,其中 R_{ice11} 是电池阻抗。作为示例:如果将电流从正切换为负,则因此总电池输出电压升高至达到上阈值电压。测量上阈值电压与切换之后立即取样的电压之差的操作提供用于计算 V_{ice11} 从而计算 R_{ice11} 的信息,因为 $I_{\text{泵浦}}$ 的大小已知且固定。在切换之前电池处的电压(V_{upperh})是 $V_{\text{nernstupper}} + I_{\text{泵浦}} * R_{\text{ice11}}$ 。在极性反转之后立刻取样之后的电容器处的电压是 $V_{\text{取样}} = V_{\text{能斯特}} - I_{\text{泵浦}} * R_{\text{ice11}}$,因为能斯特电压 $V_{\text{能斯特}}$ 在电流的极性反转与新电池电压的取样之间的非常短的时间间隔(若干微秒)中来不及改变。因此, $V_{\text{upperh}} - V_{\text{取样}} = 2 * I_{\text{泵浦}} * R_{\text{ice11}}$ 。可通过差分放大器执行此减法,而且不需要数字地进行,虽然在某些情况下优选这样的实现。例如,使用分压器将此差除以2产生 V_{ice11} ,因为 $V_{\text{ice11}} = I_{\text{泵浦}} * R_{\text{ice11}}$ 。用于电池电压的较新的下阈值是 $V_{\text{lowerh}} = V_{\text{nernstlower}} - V_{\text{ice11}}$ 。因为 $I_{\text{泵浦}}$ 恒定,所以 V_{ice11} 仅随与温度有关的阻抗 R_{ice11} 而变化。因此, V_{ice11} 还可用于温度调节。

[0271] $V_{\text{nernstupper}}$ 和 $V_{\text{nernstlower}}$ 是根据具体实现和要求选择的设计参数。在某些情况下,这些参数可以是相同值。这些电压计算中的加法和减法可数字地进行,或利用诸如使用运算放大器的差分和求和放大器之类的简单模拟电路进行。

[0272] 如上所述,Pt/Rh电极2116将 NO_x 还原成 N_2 和 O_2 ,并基于Pt/Rh电极2116附近的局部氧气浓度产生输出2024。当存在 NO_x 时,局部氧气浓度升高,而且空气电极2110与Pt/Rh电极2116之间的能斯特电压低于氧电化学电池2006的空气电极2110与氧电极2114之间的能斯特电压。第二比较器2230持续比较氧测量电池2006的能斯特电压(第一输出信号)与氮敏感电池输出2024(第二输出信号)。虽然存在来自内阻的小分量,但用于氮敏感电池的电流比主氧电池泵浦电流低几个数量级,因此该电压变化与能斯特电压相比非常小。因此在多数情况下,对于氮敏感电池不一定需要能斯特电压提取。氮敏感电池可在考虑了 V_{ice11} 的固定的上阈值和下阈值下工作。因为通常调节了温度(从而调节了 R_{ice11}),所以 R_{ice11} 不会显著变化。

[0273] 当存在高浓度的 NO_x 而且氮敏感电池电压2024与氧电化学电池电压2020之差低于下阈值(例如该差值具有高于阈值大小的大小)时,第二比较器2230产生逻辑低电平的第二比较器输出信号2232。在下一时钟周期,第二触发器2236产生也为逻辑低电平的FF2输出1740。FF2低信号置位第二电流开关2238以控制流过氮敏感电池2008的氮敏感电池电流2022(次泵浦电流1414)为第一恒定氮敏感电池电流2244(第一恒定次泵浦电流)。因此,对于图22的示例,第一恒定次泵浦电流是从空气电极2110流向Pt/Rh电极2116的相对小的负泵浦电流。当施加了第一恒定次泵浦电流时,构成氮敏感电池2008的电化学电池起着将氧气从测量室2012通过氮敏感电池2008泵浦到环境空气2014中的泵浦电池的作用。因此,通过氮敏感电池2008的氧气流与电流2042方向相反。当氧被充分耗尽从而建立低于阈值的局部氧气浓度时,第二比较器2230产生逻辑高电平的第二比较器信号2232。因此,比较器2230检测到氮敏感电池电压和氧测量电池上的电压的能斯特部分2233是同一电压(或由迟滞引起的几乎相同电压)并产生高逻辑信号。在下一时钟周期,第二触发器2236向第二开关2238提供逻辑高信号,以将氮敏感电池电流2242(次泵浦电流1414)从第一恒定氮敏感电池电流2244(第一恒定次泵浦电流)切换成第二恒定氮敏感电池电流2246(第二恒定次泵浦电流)。

因此,氮敏感电池电流2242从恒定负氮敏感电池电流2244切换至恒定正氮敏感电池电流2246,其中电流2244、2246与流过氧电化学电池2006的泵浦电池电流2218、2220相比相对小。流过氮敏感电池2008的相对小正电流将氧气从空气2014泵浦到测量室2012中。Pt/Rh电极2116附近的局部氧气浓度由于正的次泵浦电流和任何催化还原的NO_x的贡献而继续升高直到达到下阈值,而且此过程重复。图22示出开关电流源2248,它包括受第二开关2238控制的正电流源2250和负电流源2252。可使用多种技术和电路中的任一种来实现开关电流源2248从第一恒定氮敏感电池电流2244切换至第二恒定氮敏感电池电流2246的功能。因此,开关电流源2248提供图14中提到的次泵浦电流1414。

[0274] 第二触发器输出信号2240的NO_x脉冲密度输出指示测量室2012中的NO_x的浓度。在不存在NO_x的情况下,对于给定的时间周期,信号2240的逻辑高(1)和逻辑低(0)的数量相等。这是因为不需要将Pt/Rh电极2116产生的任何附加的氧气泵浦出去。随着NO_x浓度升高,催化还原并泵浦出更多的氧气,从而在给定的时间周期上,1的数量相对于0的数量增多。因此,NO_x脉冲密度输出2240的占空比是NO_x的测量结果。

[0275] 根据具体实现来选择多种信号极性、大小、逻辑电平以及频率。合适值的某些示例包括以下。合适的次泵浦电流的示例包括比主泵浦电流低2到3个数量级的次泵浦电流大小。因为测量室2012中的典型的NO_x含量比氧气含量低许多数量级,所以这样的选择通常是合适的。选择第一比较器2202的迟滞,以使受比较器2202控制的电路的振荡处于50到100Hz量级。选择第二比较器2230的迟滞,以使受第二比较器2230控制的NO_x电路的振荡处于1到2千赫兹(1-2KHz)量级。如上所述,选择第二比较器2230的迟滞,以补偿由电池的电阻引起的Pt/Rh电池上的电压(V_R)。因为I_{泵浦2}比I_{泵浦1}小几个数量级,所以V_R也更小得多。这种影响小到足以通过将R_{电池}*I_{泵浦2}加至比较的上阈值并从下阈值减去R_{电池}*I_{泵浦2}来调节能斯特电压比较的上下阈值。在典型的R_{电池}约为80欧姆和且I_{泵浦2}为10微安量级的情况下,调节量约为0.8mV,因此是较小的。

[0276] 因此,测量系统2200测量尾气2010的NO_x含量。被测气体2108通过单个扩散缝隙2106扩散到测量室2012中。主电化学系统引导并测量测量室2012中的氧气,而次电化学系统并行工作以测量NO_x。次电化学系统将NO_x还原成N₂和O₂,并与主电化学系统管理的氧气流并行地管理流入和流出测量室2012的O₂。这种机制提供胜过如上所述的常规NO_x传感器的若干优点。

[0277] 第一比较器2202和触发器2208是第一检测电路2256的示例,它被配置成根据测量室中的第一离子浓度检测主电化学电池系统所产生的第一输出信号,并控制第一开关电流源2224。将第一开关电流源2224配置成将流过主电化学电池系统的主泵浦电流控制在第一恒定主泵浦电流与第二恒定主泵浦电流之间,以将第一离子流引导到测量室中和从测量室引导出去。在此示例中,主电化学电池系统是产生单个电池输出的单个电化学电池。第二比较器2230和第二触发器2236是第二检测电路2258的示例,该电路被配置成根据测量室中的第二离子浓度检测次电化学电池系统所产生的第二输出信号。因此将第二检测电路2258配置成基于第一输出信号与第二输出信号之间的关系产生控制信号2240。将第二开关电流源2248配置成响应于控制信号2240将流过次电化学电池系统的次泵浦电流控制在第一恒定次泵浦电流与第二恒定次泵浦电流之间,以将第二离子流引导到测量室中和从测量室引导出去。

[0278] 图23是管理具有主电化学电池系统和次电化学电池系统的传感器的方法的流程图。虽然可通过硬件、软件和/或固件的任何组合执行该方法,但在此示例中,在传感器管理设备中执行该方法。

[0279] 在步骤2302,检测第一输出信号。主电化学电池系统根据测量室中的第一离子浓度产生第一输出信号。第一比较器接收第一输出信号,并将该信号与基准电压进行比较,以产生用于控制第一开关电流源的控制信号。在主电化学电池系统包括单独的泵浦电池和测量电池的情况下,测量电池产生第一输出信号。在主电化学电池系统包括单个电化学电池的情况下,第一输出信号是该单个电化学电池产生的单个电池输出电压。

[0280] 在步骤2304,将流过主电化学电池系统的主泵浦电流控制在第一恒定主泵浦电流与第二恒定主泵浦电流之间。第一开关电流源响应于第一比较器产生的控制信号并在第一触发器“时钟控制”下控制电流。变化的电流将第一离子流引导进入测量室和引导出测量室。在主电化学电池系统包括单独的泵浦电池和测量电池的情况下,主泵浦电流是流过泵浦电池的电流。在主电化学电池系统包括单独的电化学电池的情况下,主泵浦电流是流过该单个电化学电池的电流。

[0281] 在步骤2306,检测第二输出信号。次电化学电池系统根据测量室中的第二离子浓度产生第二输出信号。第二比较器接收第二输出信号并将该信号与第一输出信号或第一输出信号的能斯特电压部分进行比较,以产生用于控制第二开关电流源的控制信号。在主电化学电池系统包括单独的泵浦电池和测量电池的情况下,将第二输出信号与第一输出信号进行比较。在主电化学电池系统包括单个电化学电池的情况下,将第二输出信号与能斯特电压提取器提供的第一输出信号的能斯特部分进行比较。

[0282] 在步骤2308,基于第一输出信号与第二输出信号之间的关系控制流过次电化学电池系统的次泵浦电流。使次泵浦电流在第一恒定次泵浦电流与第二恒定次泵浦电流之间变化。第二开关电流源响应于第二比较器产生的控制信号并在第二触发器“时钟控制”下控制电流。变化的电流将第二离子流引导进入测量室和引导出测量室。

[0283] 在步骤2310,确定化合物的离子浓度。计算设备评估与次泵浦电流一致的波形以确定化合物的离子中的一种的浓度。次电化学电池系统将该化合物还原成要被泵浦到测量室中和从测量室中泵浦出去的元素离子,以及要计算其浓度的另一离子。对于NO_x化合物,Pt/Rh电极将NO_x还原成N和O离子,从而在电极附近形成O离子的局部浓度。因此,所泵浦的离子(O)在测量室中的第一区域中具有第一浓度,而在测量室中的第二区域中具有第二浓度,其中第二区域比第一区域更接近该电极。通过评估用于控制第二开关电流源的控制信号1740确定离子的局部浓度。然而,可评估表明控制信号(或次泵浦电流)的占空比的任何信号以确定浓度。例如,在某些情况下,可直接评估次泵浦电流。而且也可评估第二比较器的输出。

[0284] 图24是管理包括主电化学电池系统和次电化学电池系统的传感器中的电流的方法的流程图。

[0285] 在步骤2402,控制主泵浦电流为沿正方向的第一恒定大小,直到第一输出信号达到上阈值。对于该示例,开关电流源保持正主泵浦电流,直到第一比较器检测到第一输出电压已经达到上阈值,这时比较器输出(通过触发器)使开关电流源改变方向。

[0286] 在步骤2404,控制主泵浦电流为沿负方向的第一恒定大小,直到第一输出信号达

到下阈值。开关电流源保持负的主泵浦电流,直到第一比较器检测到第一输出电压已经达到下阈值,这时比较器输出(通过触发器)使开关电流源再次改变方向,而且泵浦电流处于正方向和第一大小。步骤2402和2404继续重复。

[0287] 在步骤2406,控制次泵浦电流为正方向的第二恒定大小,直到第二输出信号与第一输出信号之间的第一差达到第一差阈值。第二开关电流源保持正的次泵浦电流,直到第二比较器检测到第二输出信号与第一输出电压之差已经达到差阈值。在主电化学电池系统包括单个电化学电池的情况下,提取第一信号的能斯特电压部分并将它与第二输出电压比较。当达到第一差阈值时,第二比较器输出(通过第二触发器)使第二开关电流源改变方向。

[0288] 在步骤2408,控制次泵浦电流为负方向的第二恒定大小,直到第二输出信号与第一输出信号之间的第二差达到第二差阈值。第二开关电流源保持负的次泵浦电流,直到第二比较器检测到第二输出信号与第一输出电压之差已经达到第二差阈值。在主电化学电池系统包括单个电化学电池的情况下,提取第一信号的能斯特电压部分并将它与第二输出电压比较。当达到第二差阈值时,第二比较器输出(通过第二触发器)使第二开关电流源再次改变方向。步骤2402、2404、2406以及2408的次序在工作时可以改变。例如,因为主泵浦电流的振荡频率比次泵浦电流的频率低得多,所以在执行步骤2404之前可重复步骤2406和2408若干次。

[0289] 图25是包括密封室传感器2502的传感器系统2500的框图。该密封室传感器2502包括电化学测量电池2504和电化学补偿电池2506,其中电池2504、2506均连接至密封室2508。通过测量开口2512将诸如被测气体或液体之类的被测流体2510接收到测量室2514中。测量开口2512可以是扩散缝隙、扩散层或允许被测流体2508进入测量室2514中的其它膜或孔口。电化学测量室2504根据如上所描述的电化学电池1006的工作而工作。然而,密封室传感器2500不易受由灰尘、水和其它环境元素污染导致的不利性能影响。电化学补偿电池2506防止电化学测量电池2504直接暴露给这些污染物。

[0290] 控制测量电池电流2516流过电化学测量电池2504,以使离子在密封室2510与测量室2512之间移动。因此,第一离子流2518对应于测量电池电流2516。流过电化学补偿电池2506的补偿电池电流2520使离子在密封室2508与可能是环境液体、环境空气、尾气或根据传感器2500的具体实现的其它气体或液体的外部流体2522之间移动。外部流体2522具有足够的离子浓度以允许充足的离子流从外部流体2522通过电化学补偿电池2506进入密封室2510中。因此,第二离子流2524对应于补偿电池电流2520。

[0291] 进入和离开密封空气室2510的所有离子通过电化学电池2504、2506中的一个进入和离开。因此,密封室2510被密封的含义在于,在不通过电化学电池2504、2506中之一的情况下,没有离子进入或离开密封室2510。

[0292] 传感器管理设备2526包括用于管理电流2516、2520和测量电化学测量电池2504上的电池电压($V_{\text{电池}}$)2528以确定离子浓度的硬件、软件和/或固件的任何组合。因此,传感器管理设备2526如上所述地工作,除了传感器管理设备2526还控制适当的补偿电流2520流过电化学补偿电池2506。补偿电池电流2520产生离子流2524,这导致通过电化学补偿电池2506从密封室2510流出的离子量与通过电化学测量电池2504流入密封室2510的离子量相同,而且通过电化学补偿电池2506流入密封室2510的离子量与通过电化学测量电池2504从密封室2510流出的离子量相同。在两个电池2504、2506的结构相同的某些情况下,电流2516、

2520具有相同的大小但相反的极性。可使用硬件、软件和固体的任何组合来实现传感器系统2500。可使用任何数量的设备、电路或元件来实现本文中所描述的功能块的多种功能和操作。可将这些功能块中的任一个集成到单个器件中,而且可将这些块的功能分布在若干器件、电路以及元件上。

[0293] 图26是包括用于测量尾气的密封空气室的电化学传感器2600的截面的框图。因此,传感器2600是图25的传感器2502的示例,其中被测流体和外部流体是气体。对于图26的示例,传感器2600是用于测量内燃机的尾气系统中的氧气浓度的单个宽带测量电池传感器。在某些情况下,还可在其它系统中使用传感器2600并用于其它用途。

[0294] 传感器2600包括单个层叠的二氧化锆(ZrO_2)陶瓷层2604。 ZrO_2 层2604与室外壳2606之间的空间构成测量室2514。室外壳2606中的孔2512形成用于接收被测气体2608的扩散缝隙。因此,被测尾气2608是被测流体2508的示例。该孔2512可以是扩散缝隙、扩散层或进入测量室2514中的其它开口。

[0295] 将一个铂电极(空气电极)2610设置在 ZrO_2 层2604上,以使空气电极2510与测量室2514相对并暴露给密封空气室2602中的密封空气2612。密封空气室2602是密封室2510的示例。

[0296] 将第二铂电极(测量电极)2614与空气电极2610相对地设置在 ZrO_2 层2604上,并使该电极2614暴露给测量室2512中的被测气体2608,以及与空气电极2610和 ZrO_2 层2604一起形成电化学氧测量电池2616。将第三铂电极2618设置在 ZrO_2 层2604的与第二铂电极2614相同的一侧上,并将第三铂电极2618定位在测量室2514外,从而使第三铂电极2618暴露给可以是环境空气、尾气或包括足够氧离子量的任何其它气体的外部气体2620。第三铂电极2618是补偿电极2618,它与空气电极2610和 ZrO_2 层2604一起形成补偿电化学电池2622。因此,测量电极2614、空气电极2610以及 ZrO_2 层2604构成电化学氧测量电池2616,而补偿电极2618、空气电极2610以及 ZrO_2 层2604构成补偿电化学电池2522。

[0297] 流过电化学氧测量电池2616的电流(测量电池电流)以与电流方向相反的方向运输氧离子。控制与测量电池电流相反极性的补偿电流流过补偿电池,该补偿电池使氧离子以与补偿电池电流相反的方向移动。选择这些电流以使借助电池中的一个被泵浦到测量室中的氧离子量等于借助另一电化学电池从测量室泵浦出去的氧离子量。例如,在补偿电极2618具有与测量电极2614相同表面积、而且电化学补偿电池2622具有与电化学氧测量电池2616相似结构的情况下,补偿电流与测量电流大小相等但极性相反。

[0298] 如上所述,外部气体2620必须具有足够量的氧离子,以允许电化学补偿电池2622泵浦与电化学氧测量电池2616从密封空气室2602所耗尽的相同量的氧离子。因此,对于图26的示例,外部气体2620可以是尾气、空气或其中存在足够水、二氧化碳、一氧化碳或包括足以供给离子流2524的氧离子的其它化合物的其它气体。

[0299] 密封空气室2602确保足够量的环境气体,以最小化或消除氧耗尽或氧丰富的气体暴露给空气电极2610的可能性。在将单个电池通过开口暴露给环境空气的传感器中,开口有可能被堵塞从而空气流受限。例如,越野车经常暴露于泥土、灰尘、泥浆以及水,从而传感器可能于这些污染物接触或有时被淹没。因此,传感器开口中的开口可能被堵塞。然而,具有密封室的传感器不需要将空气电极直接暴露于环境空气中。在不使用开口的情况下,补偿电池提供通往外部的界面。

[0300] 显然,鉴于这些示教,本领域技术人员将能想到本发明的其它实施例和修改。因此,本发明仅受所附权利要求限制,当结合上述说明书和附图考虑时,所附权利要求包括所有这些实施例、等价方案以及修改。

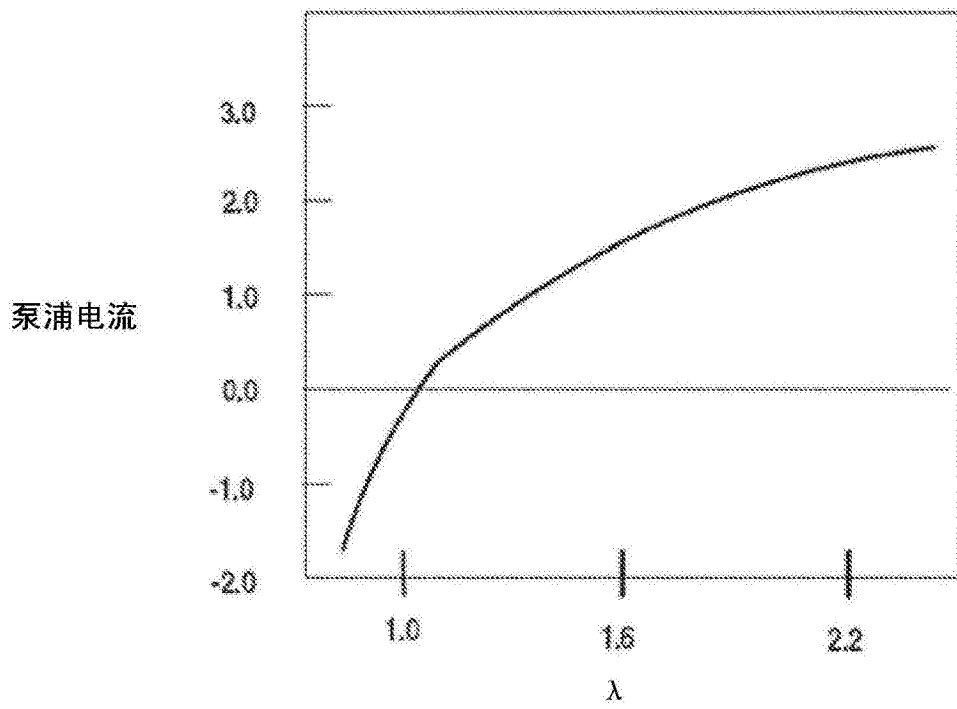


图1A现有技术

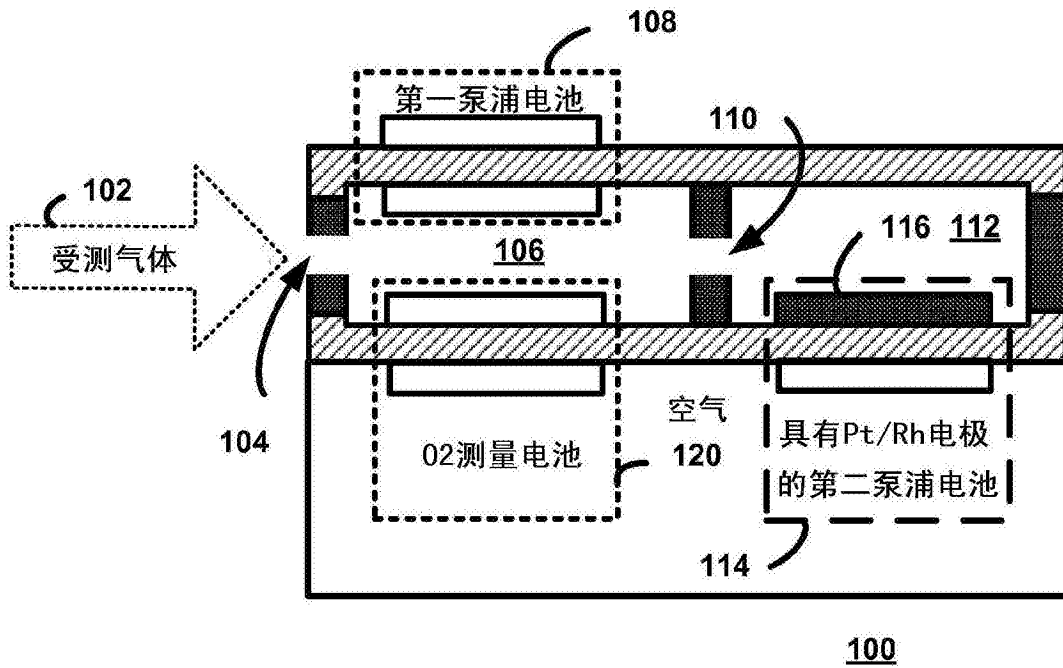


图1B现有技术

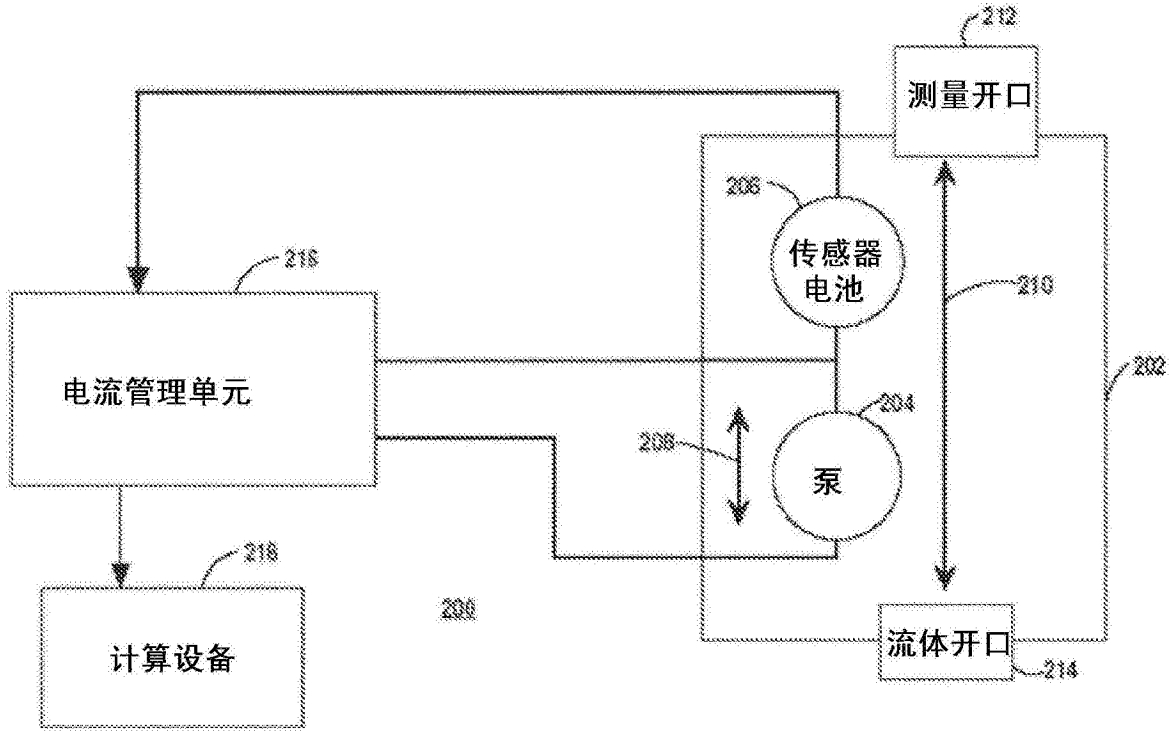


图2A

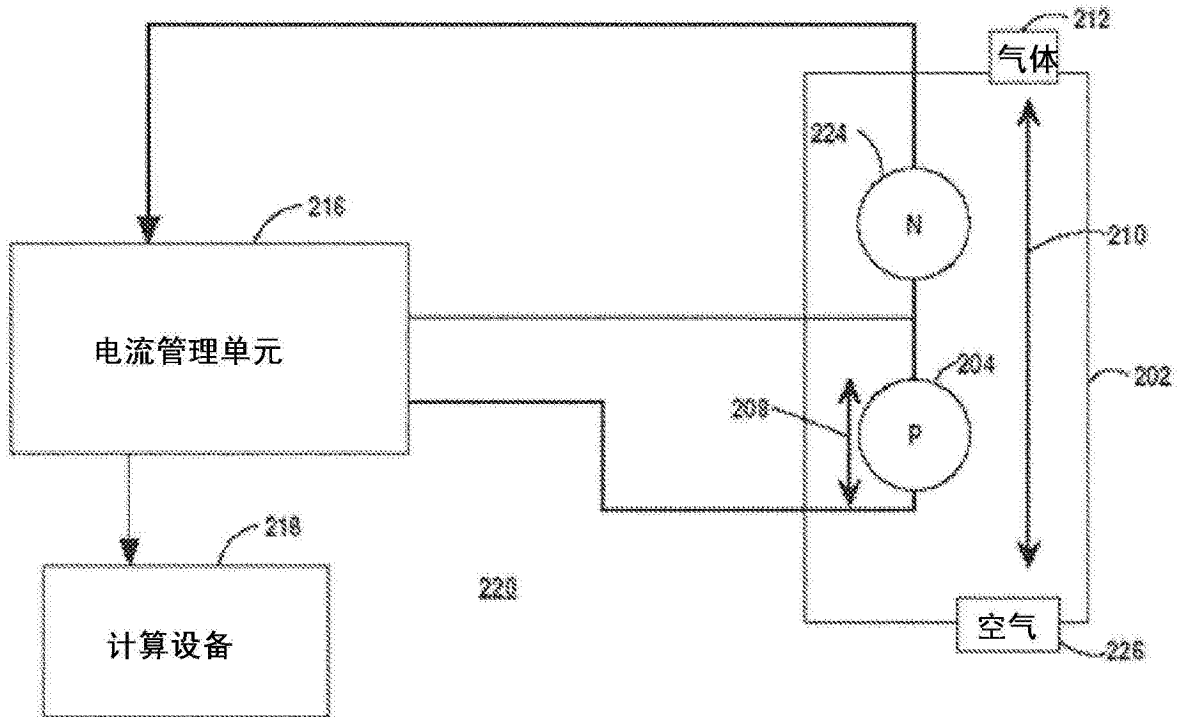


图2B

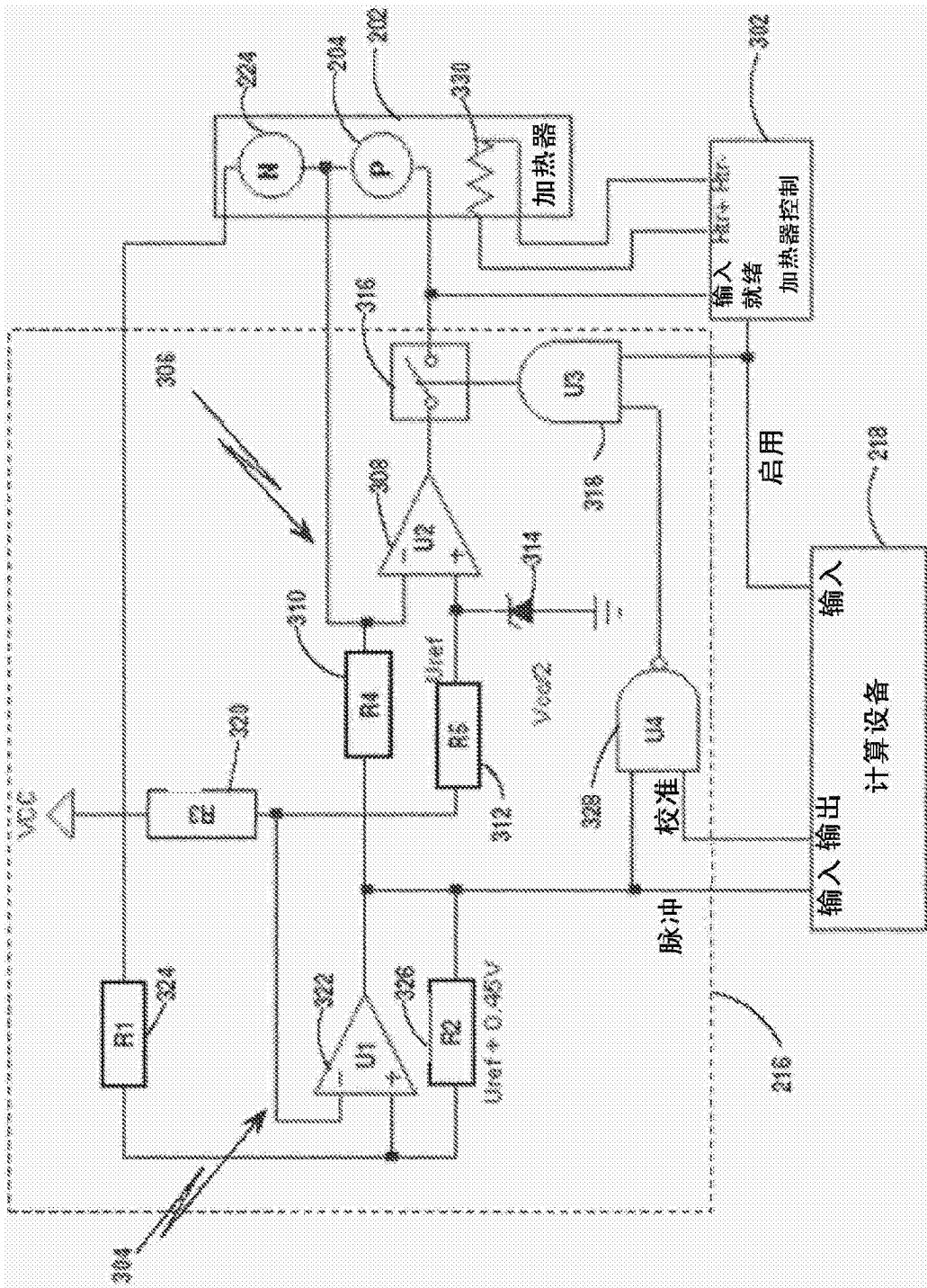


图3

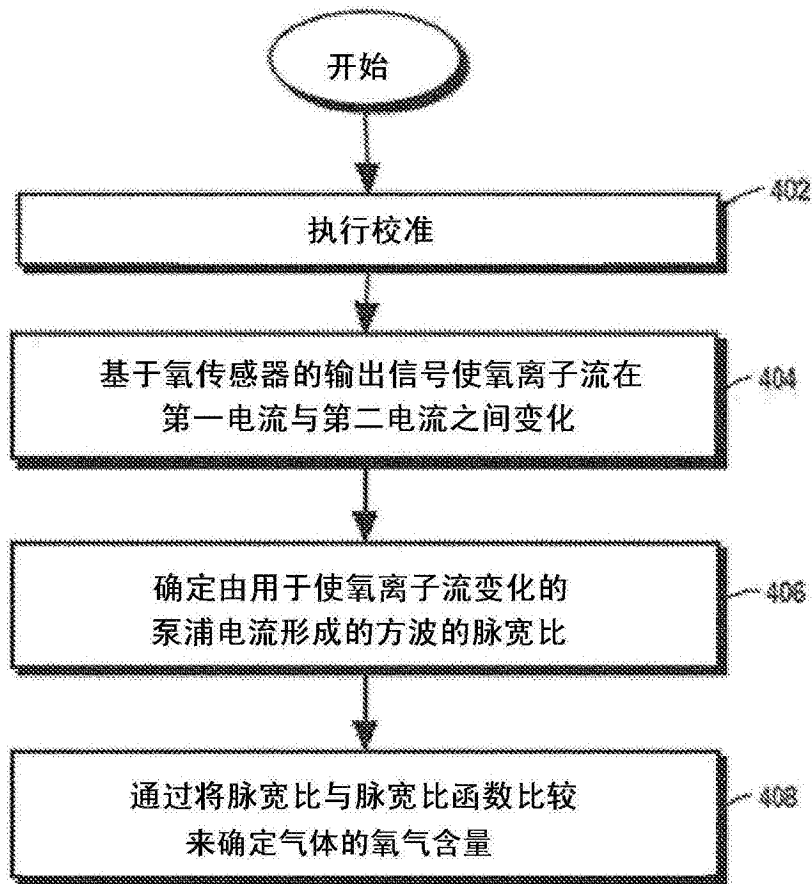


图4

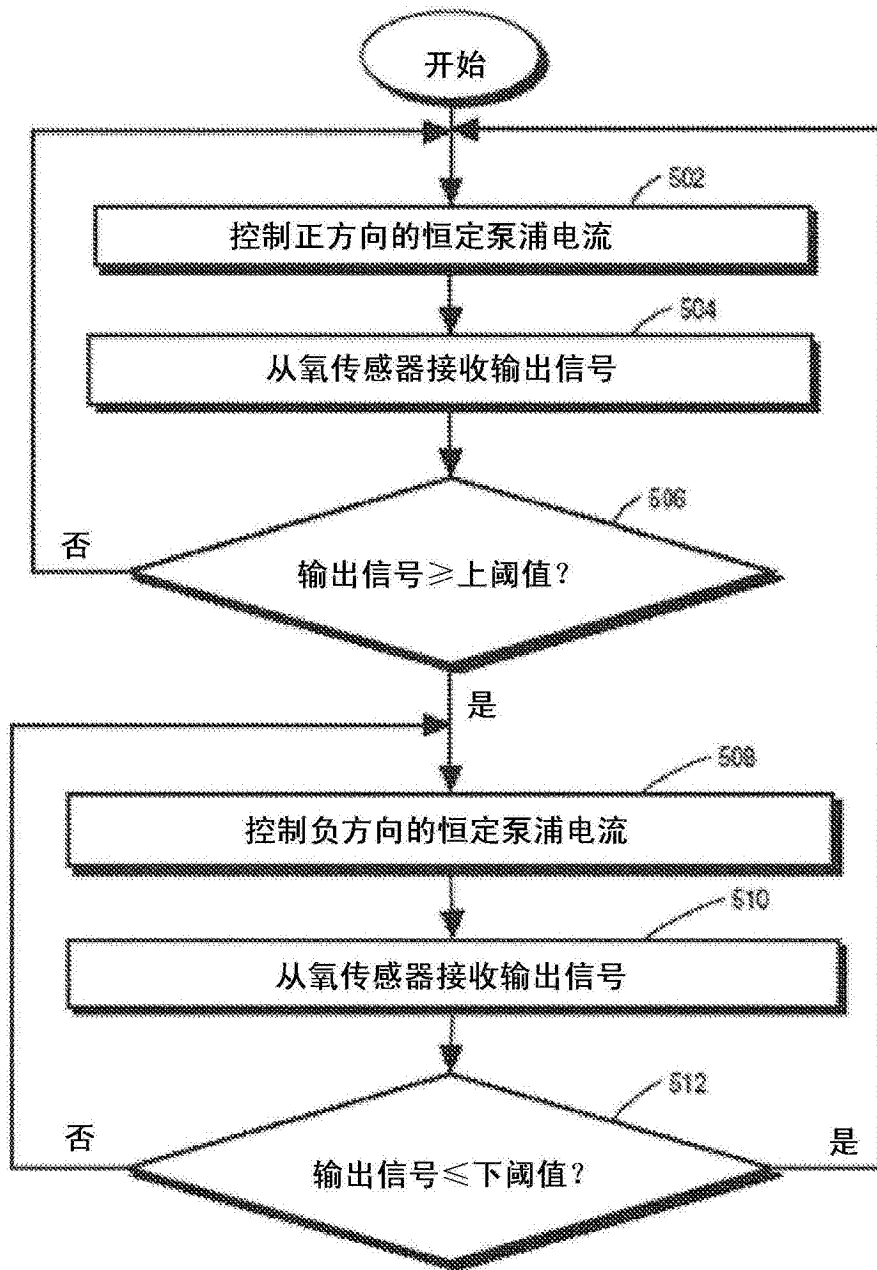


图5

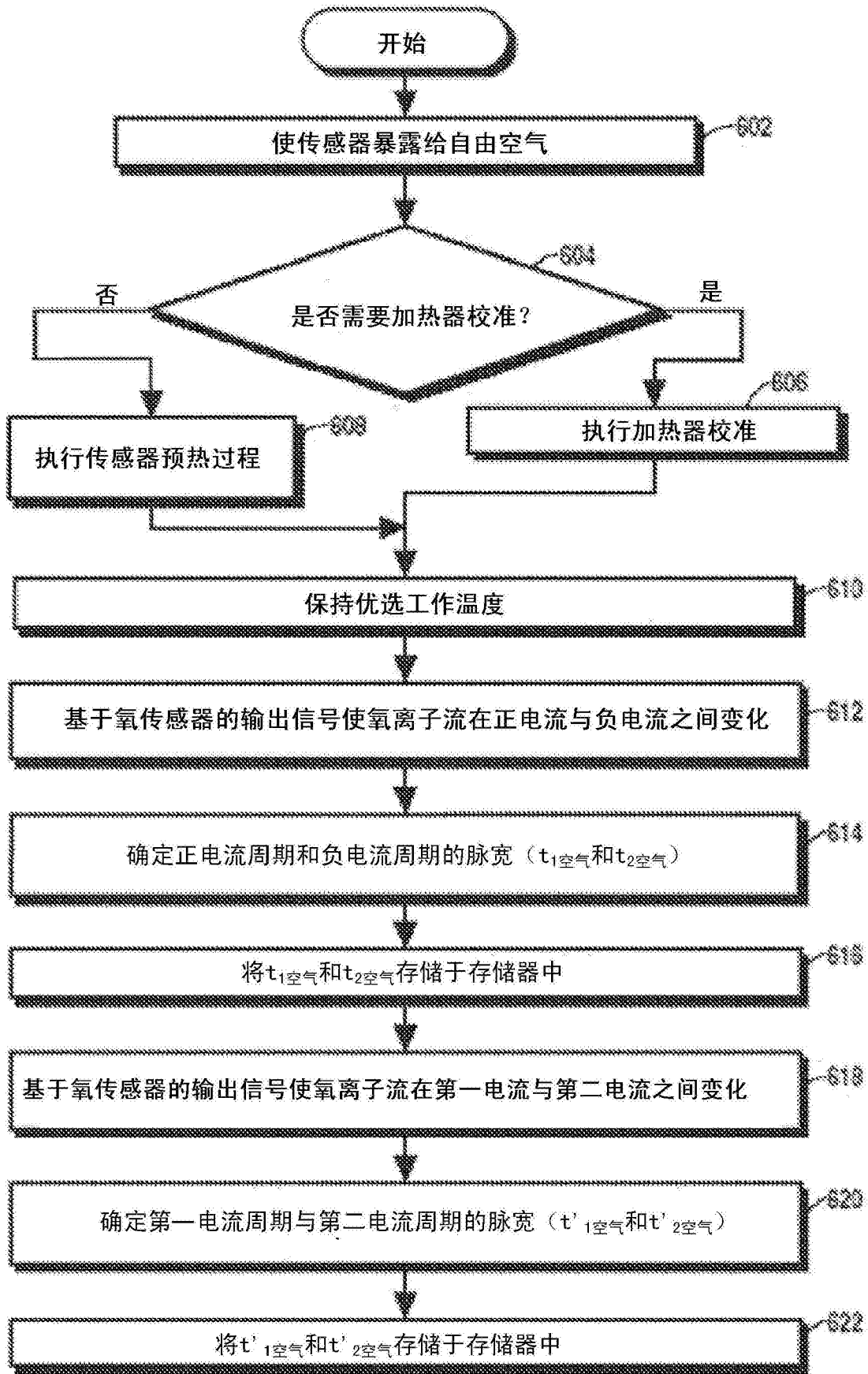


图6

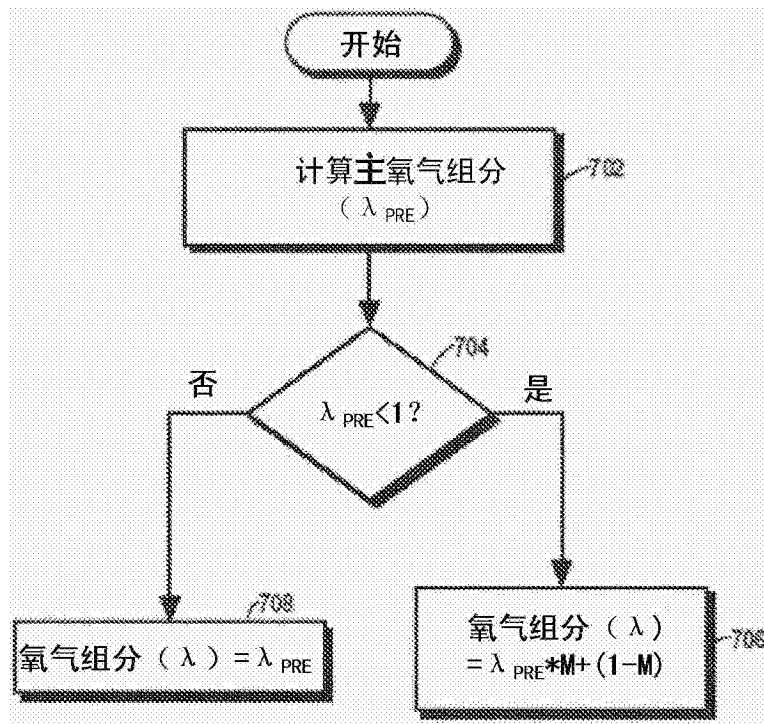


图7

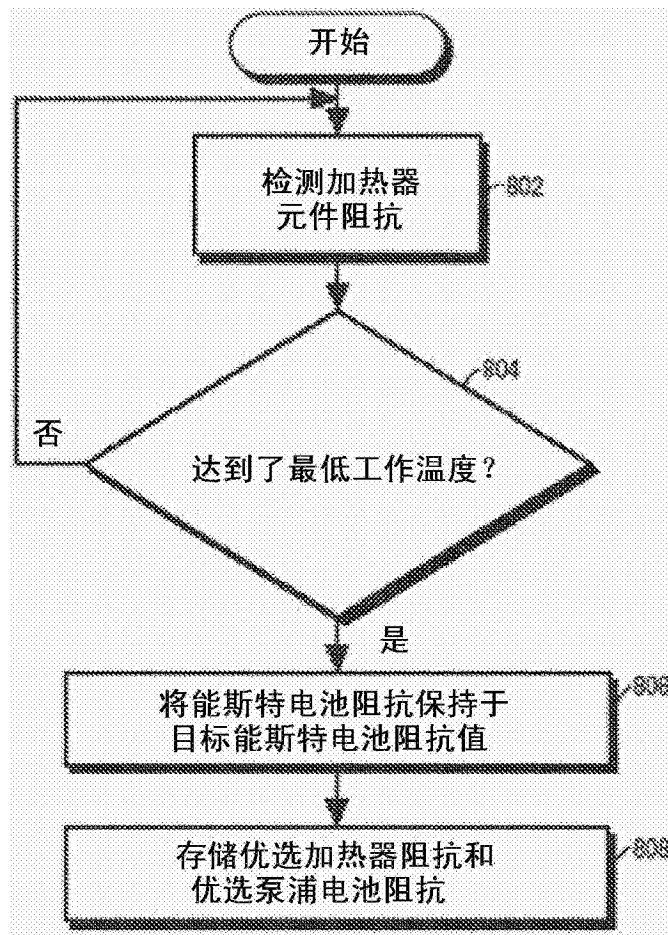


图8

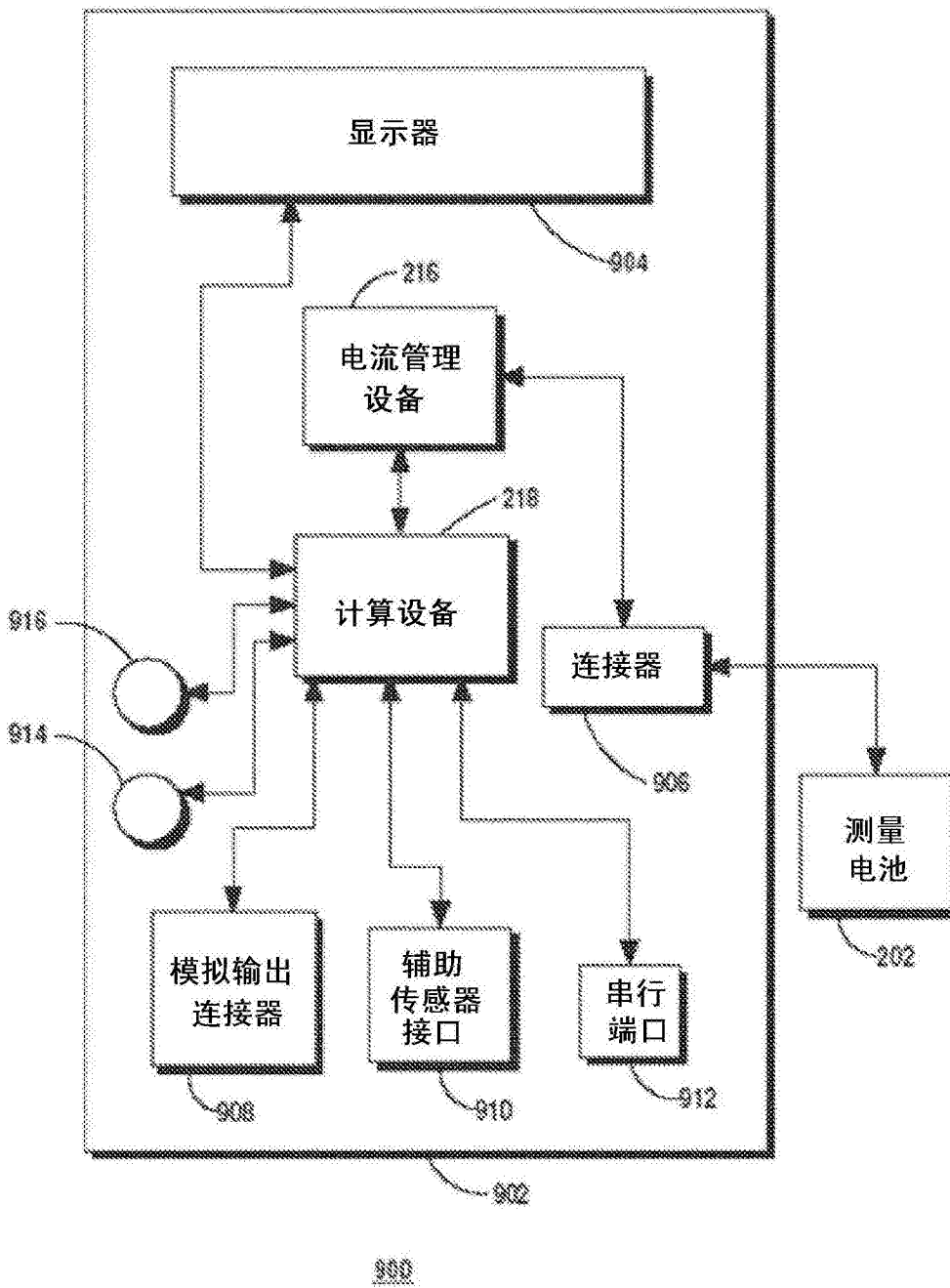


图9

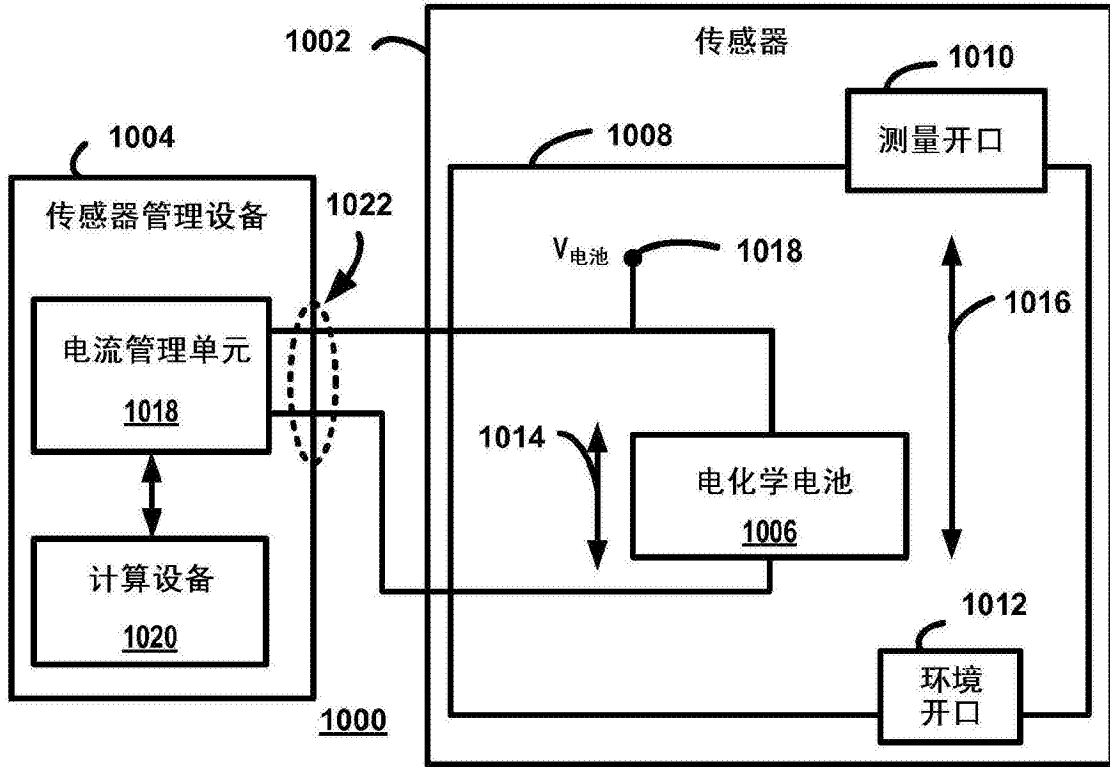


图10

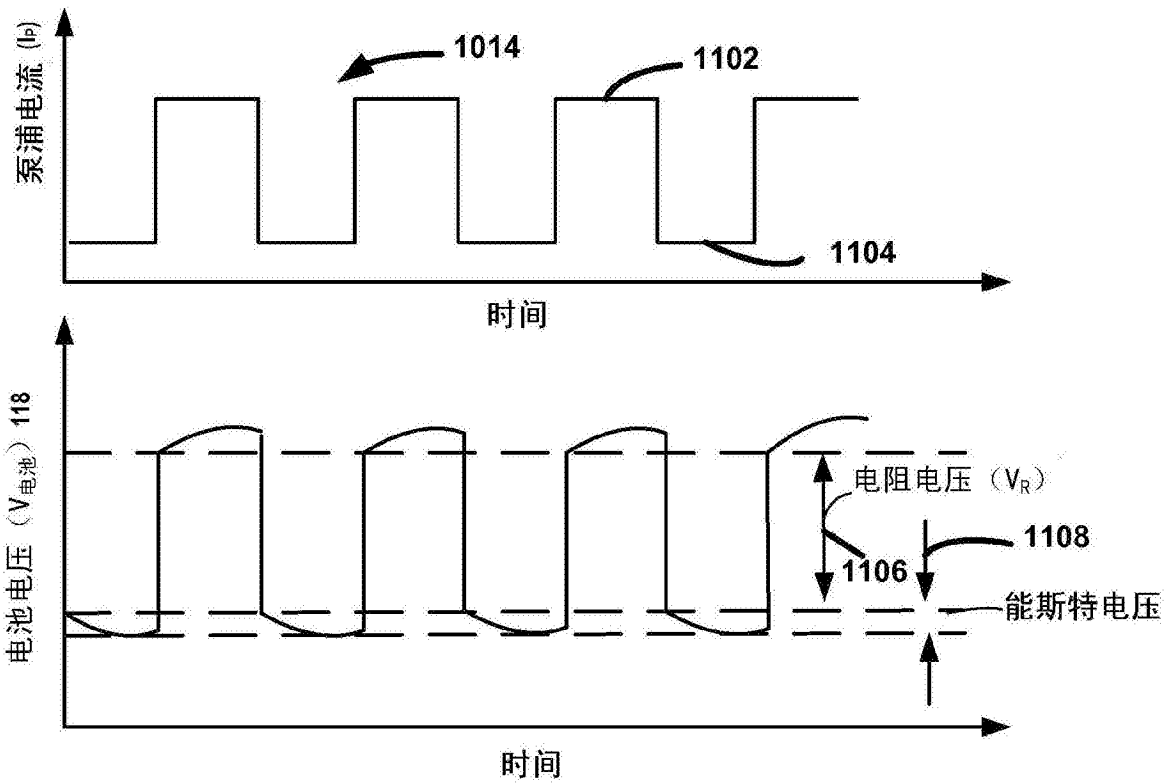


图11

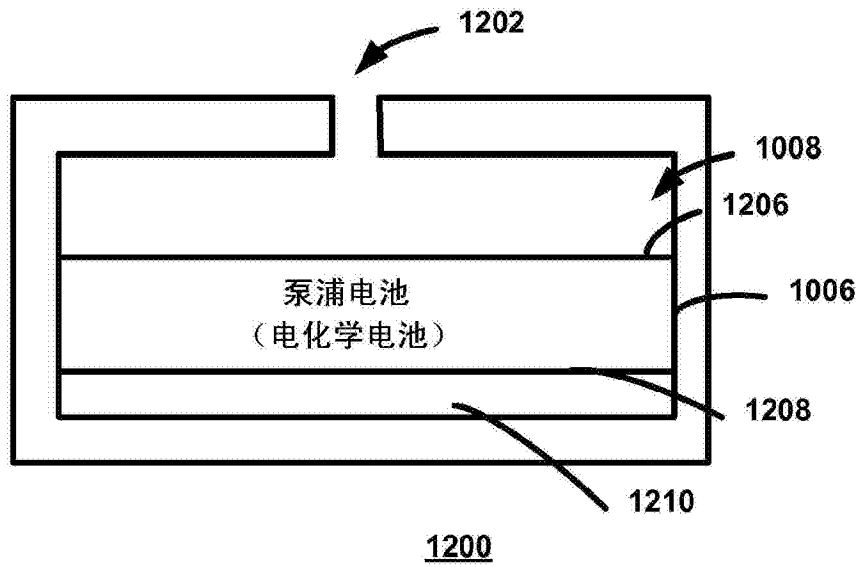


图12

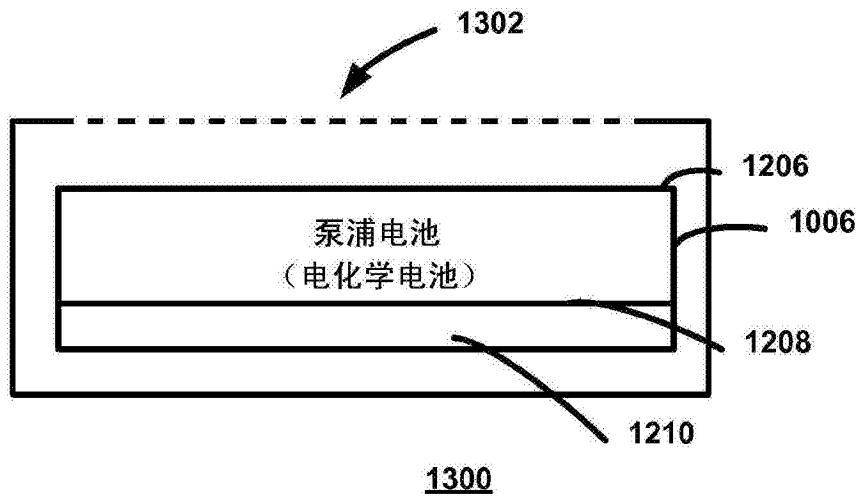
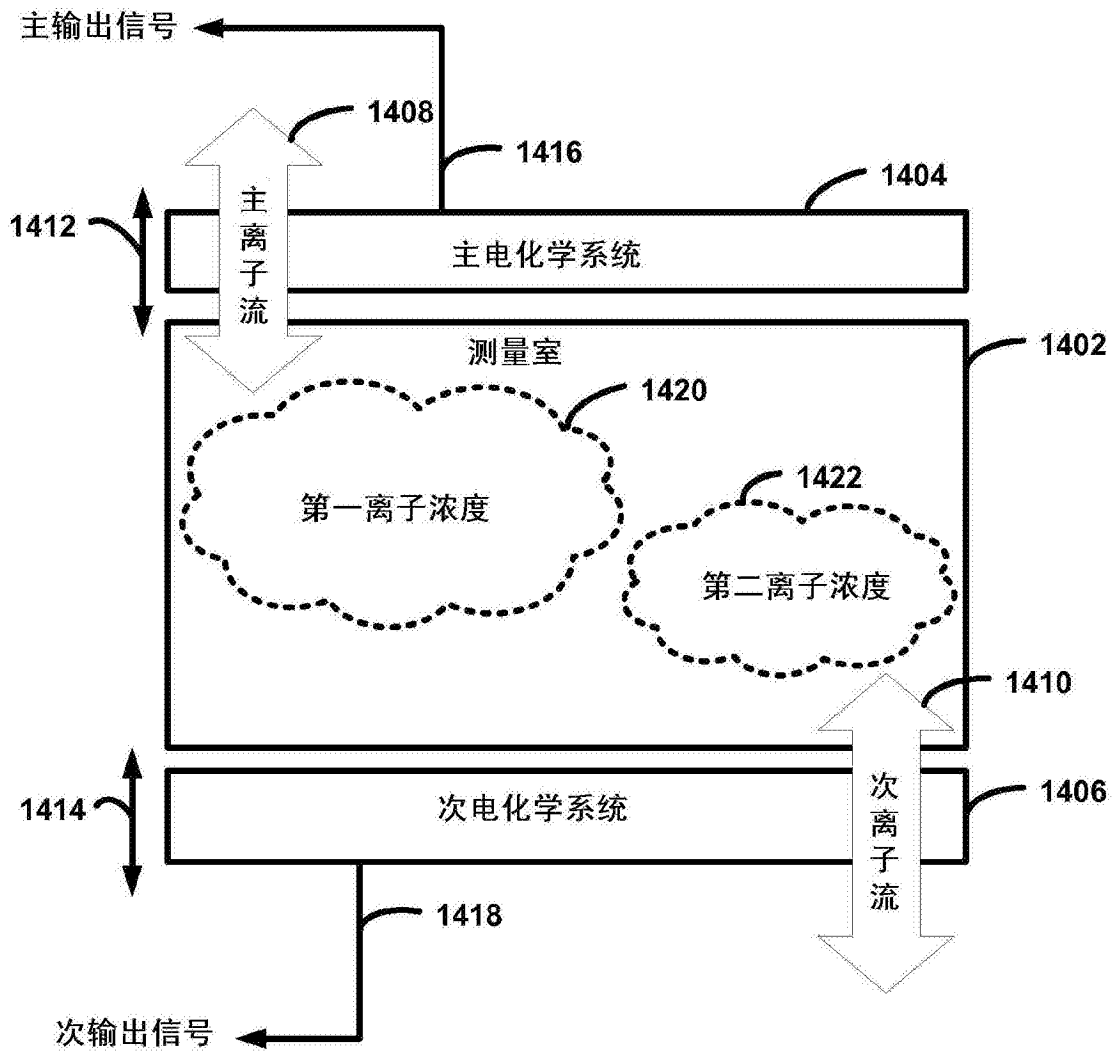
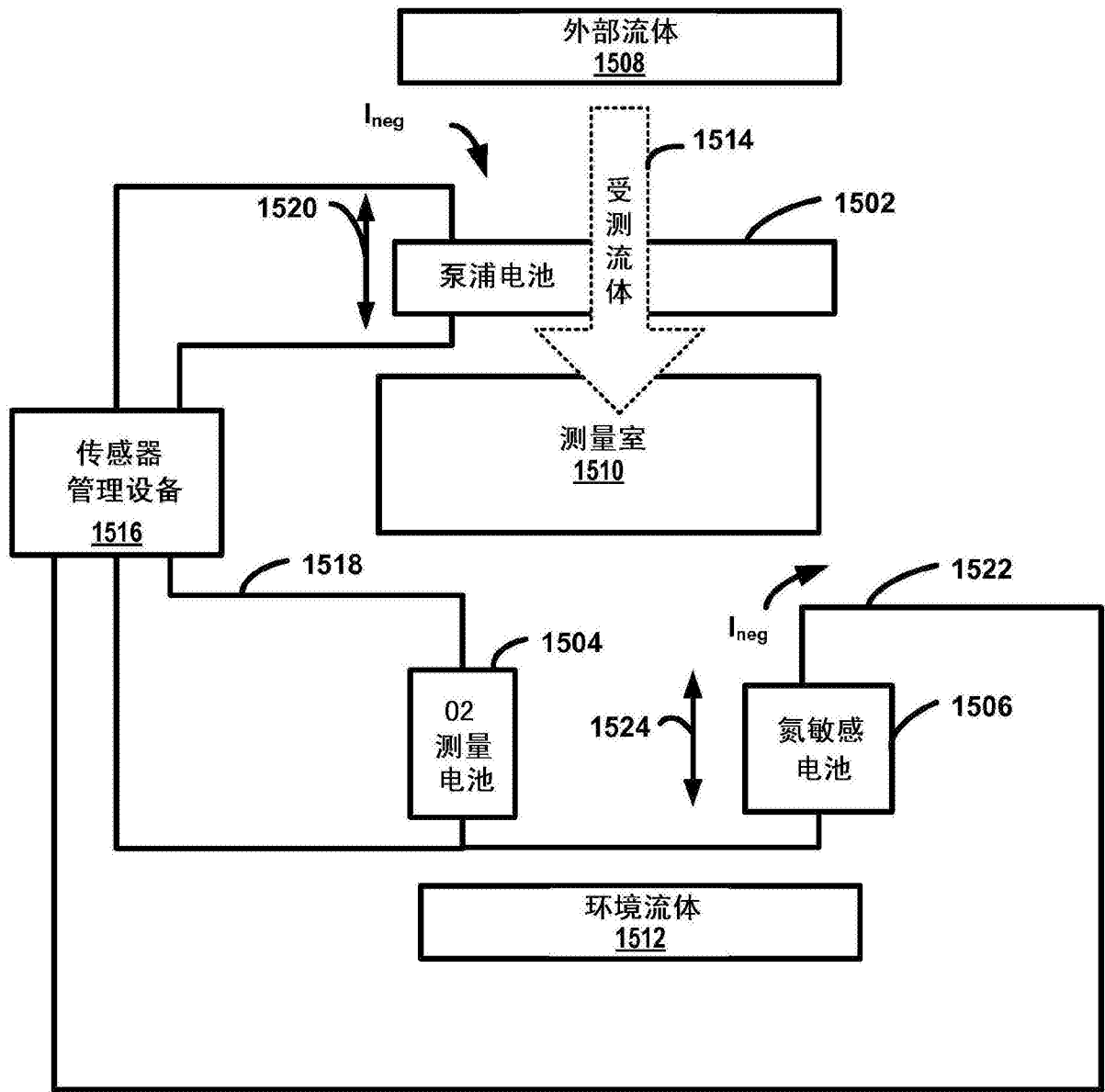


图13



1400

图14



1500

图15

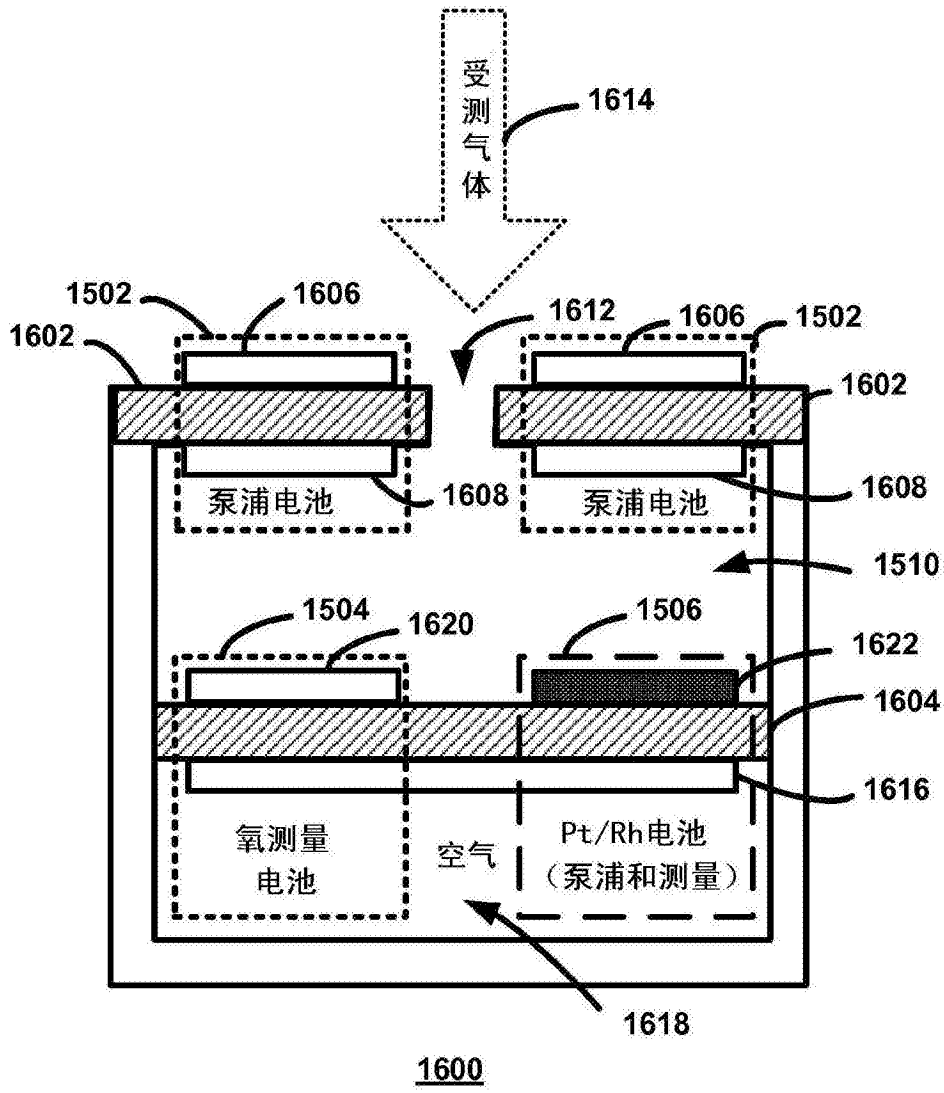


图16

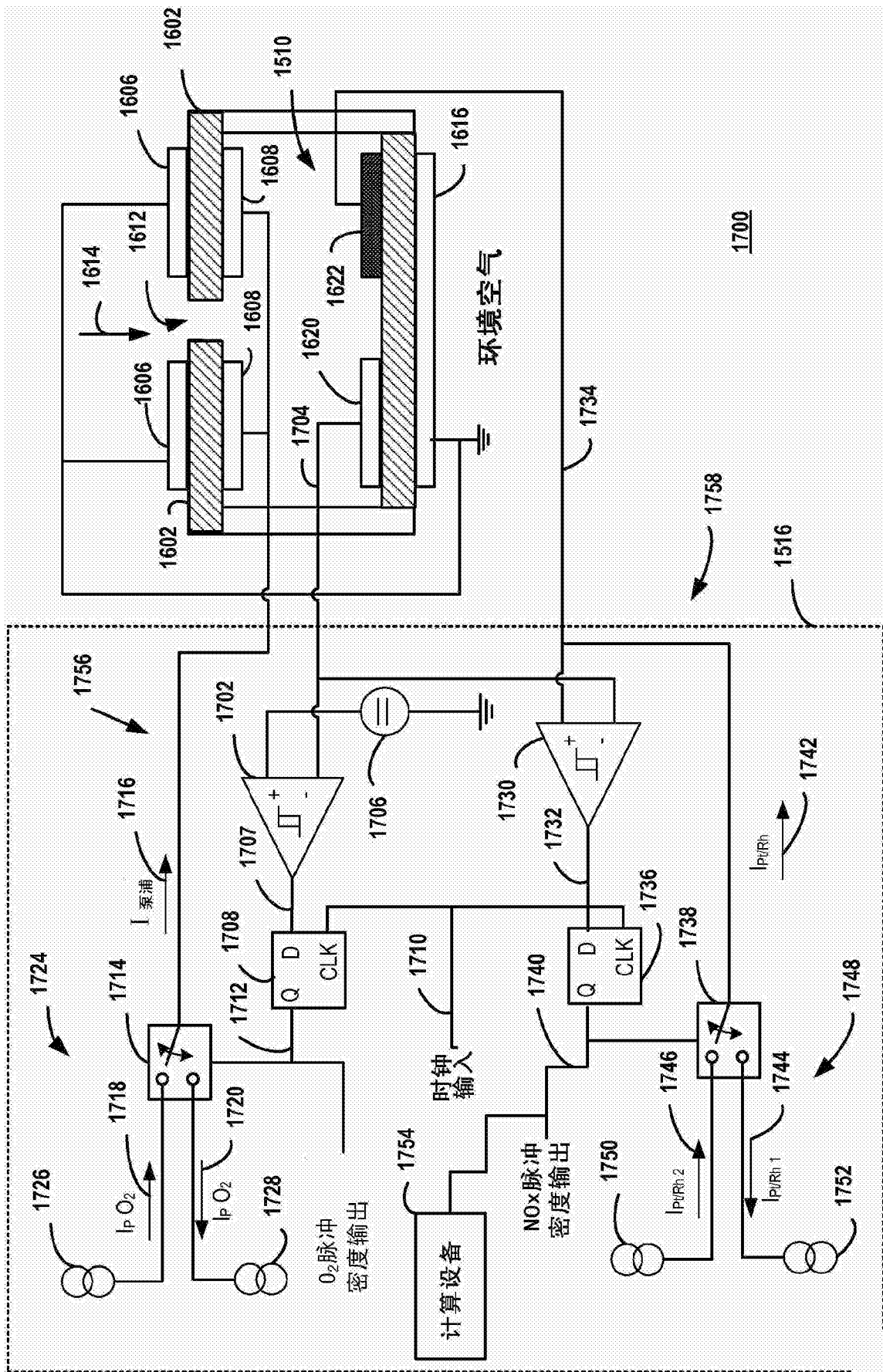


图17

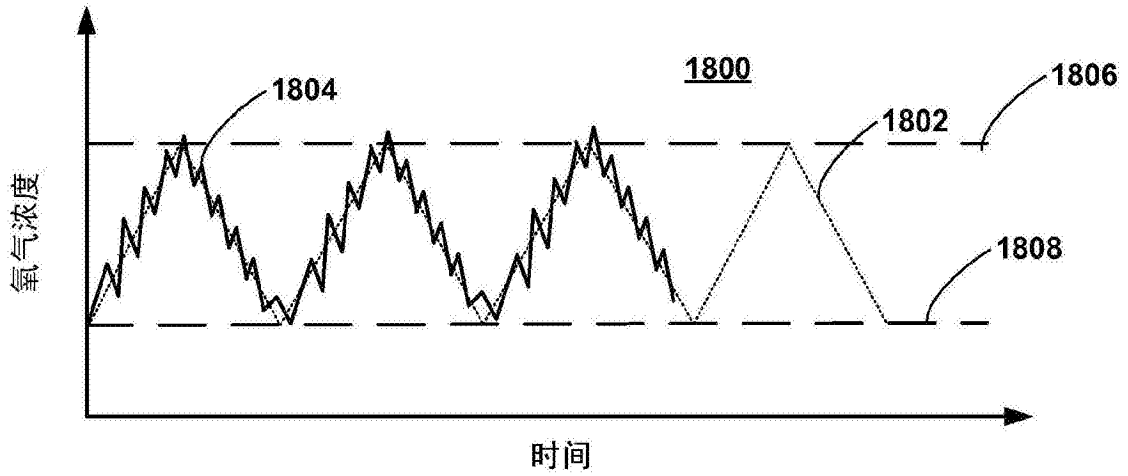


图18

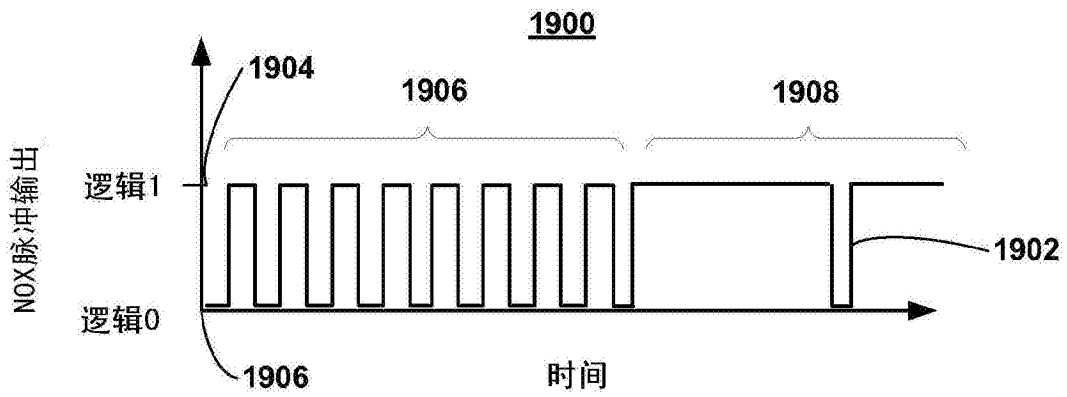


图19

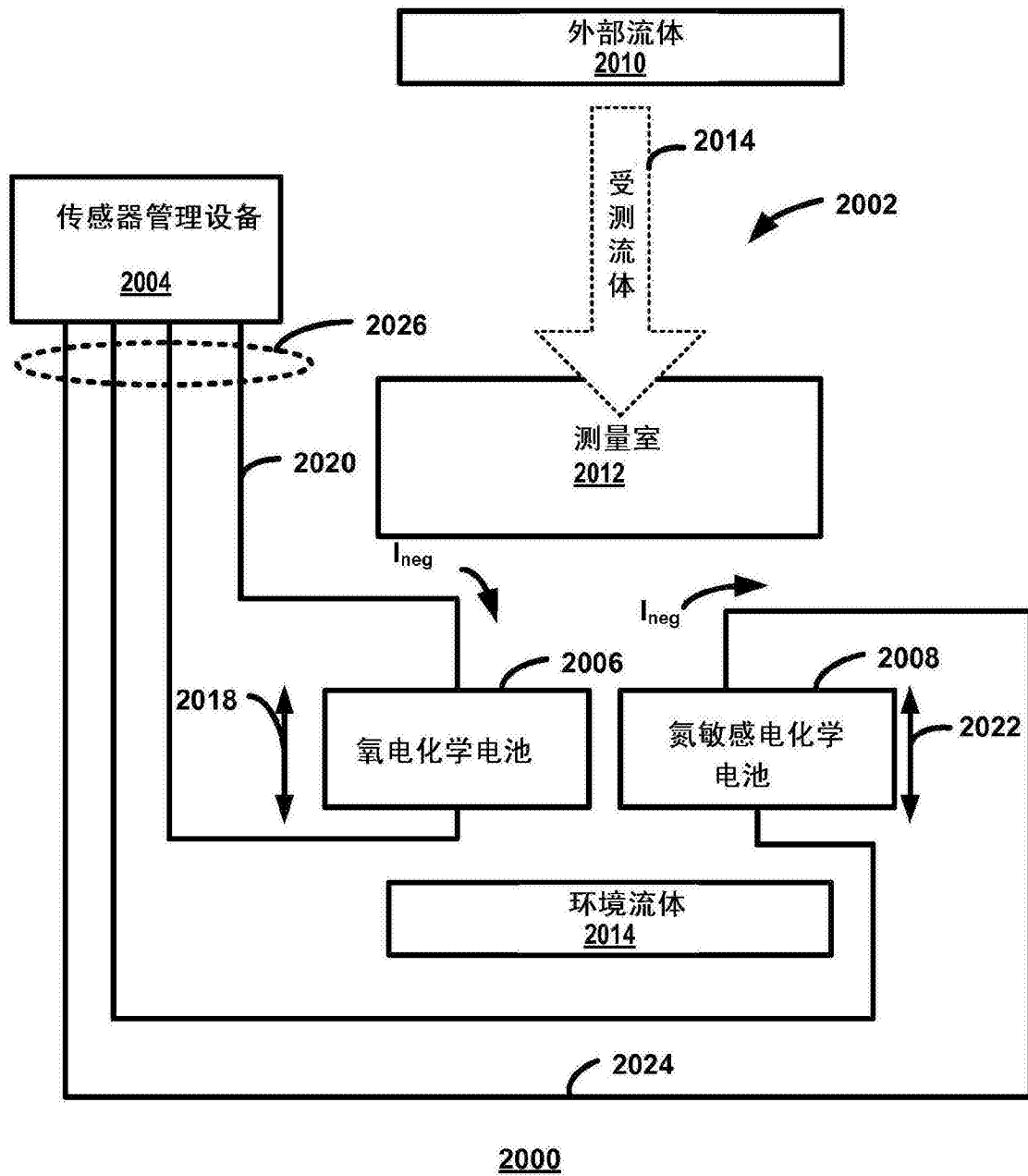


图20

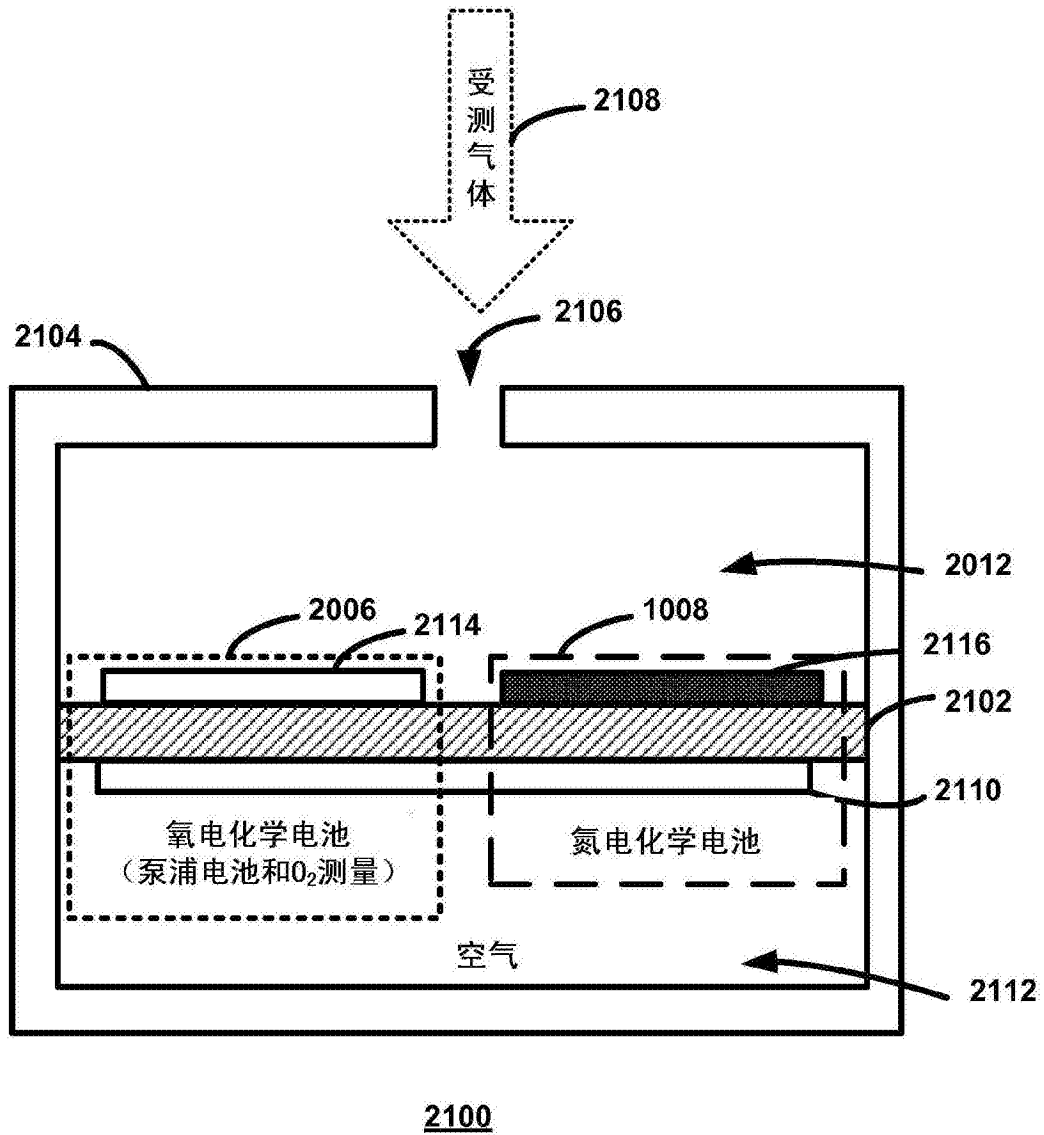


图21

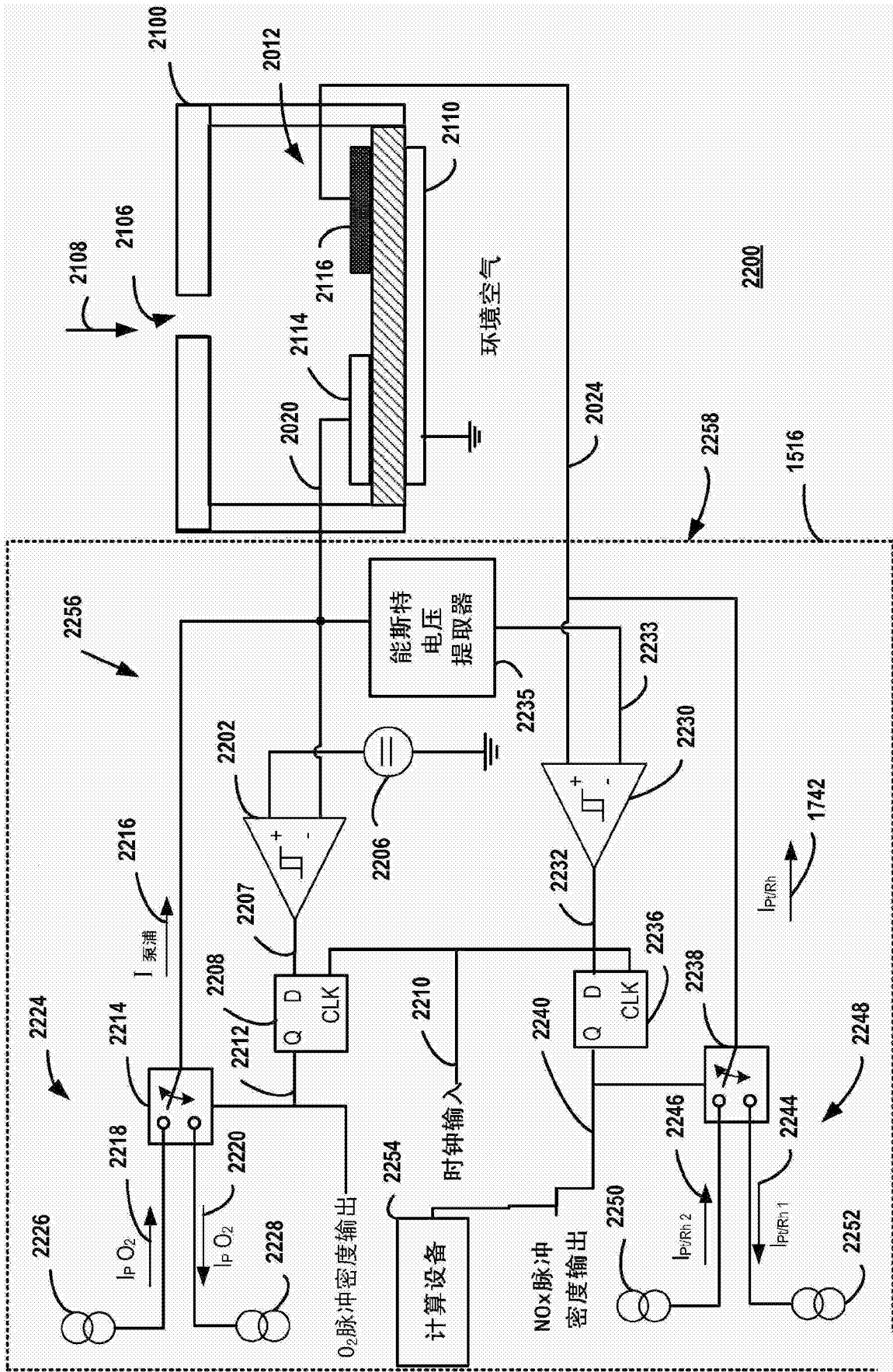


图22

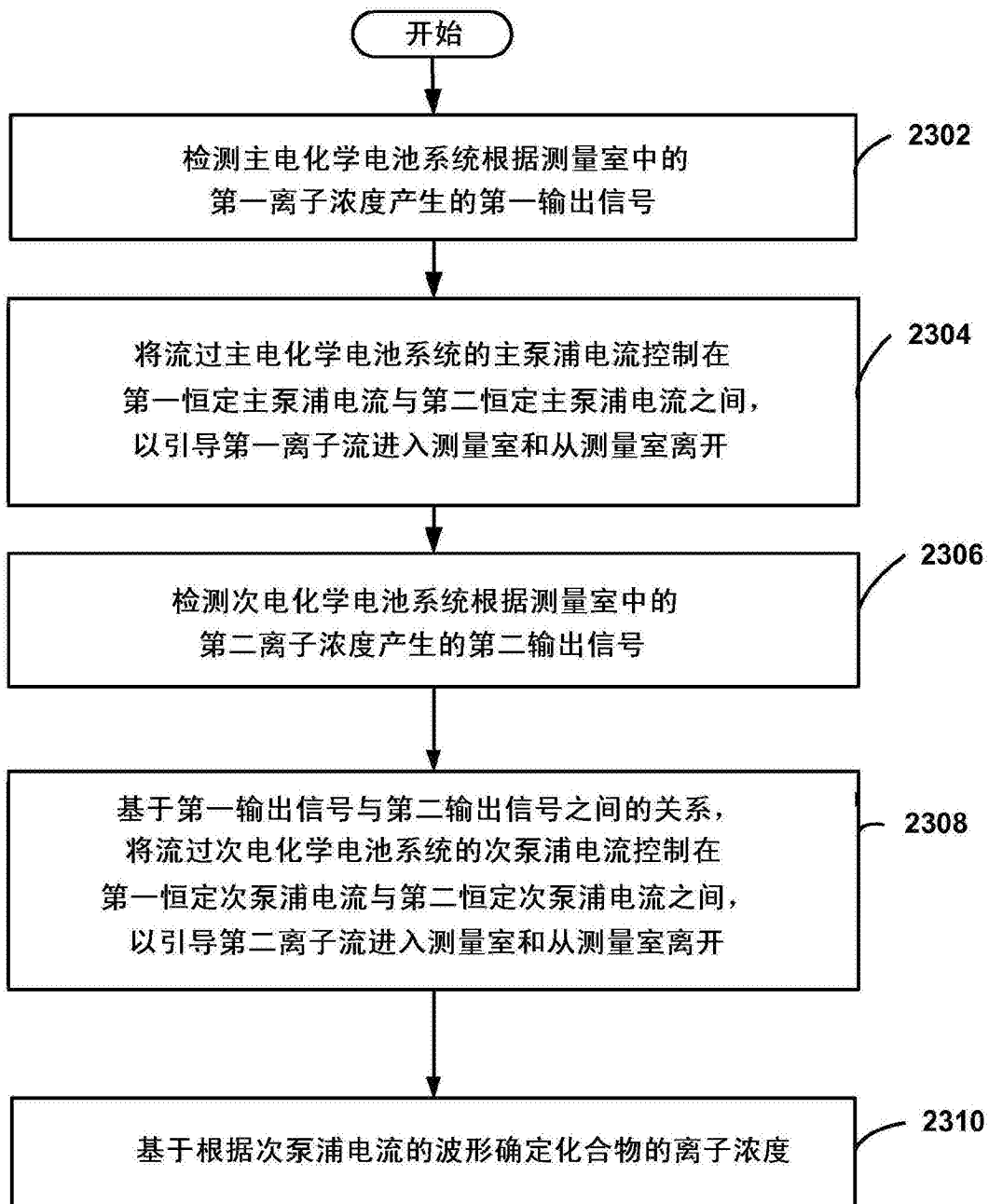


图23

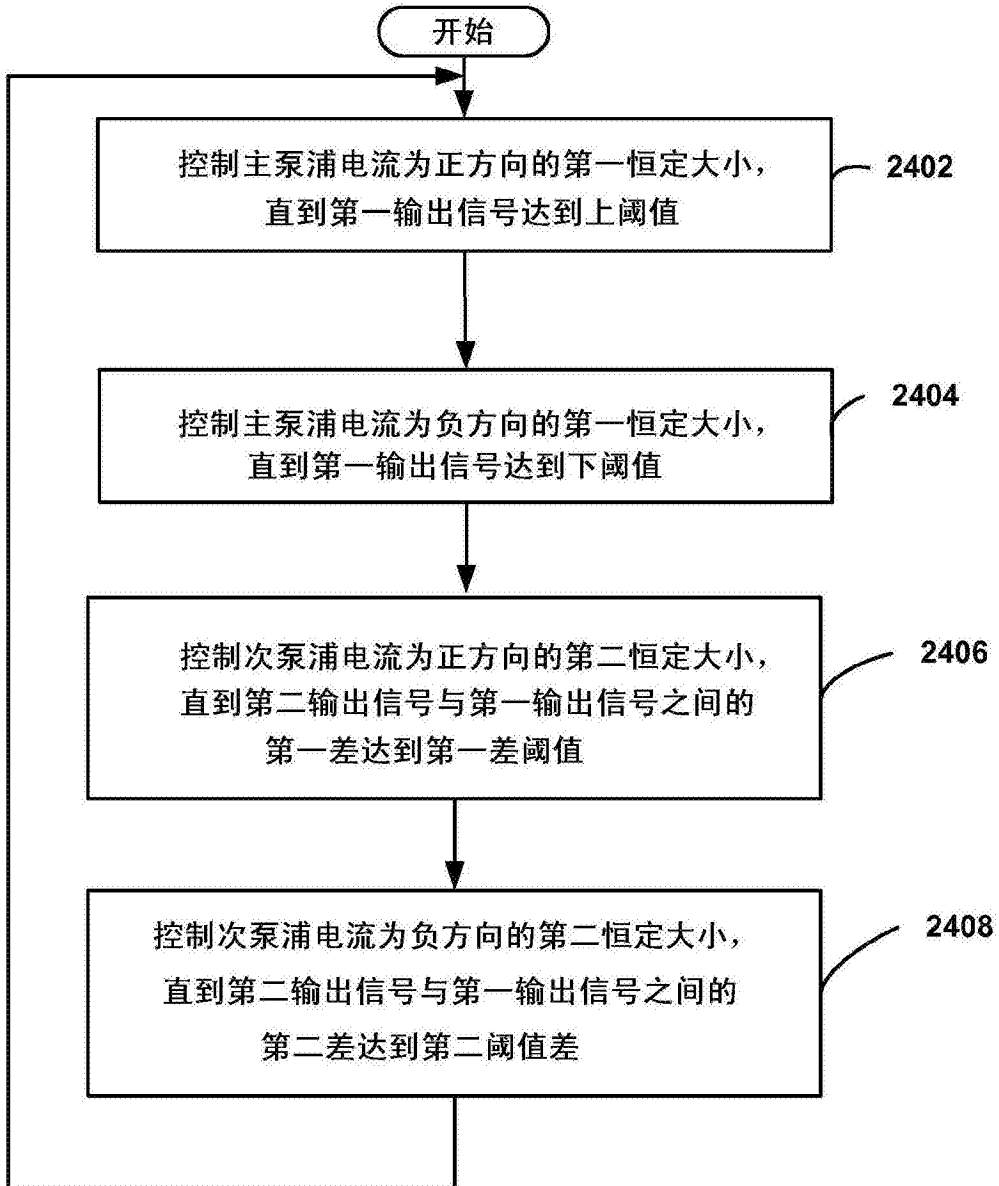


图24

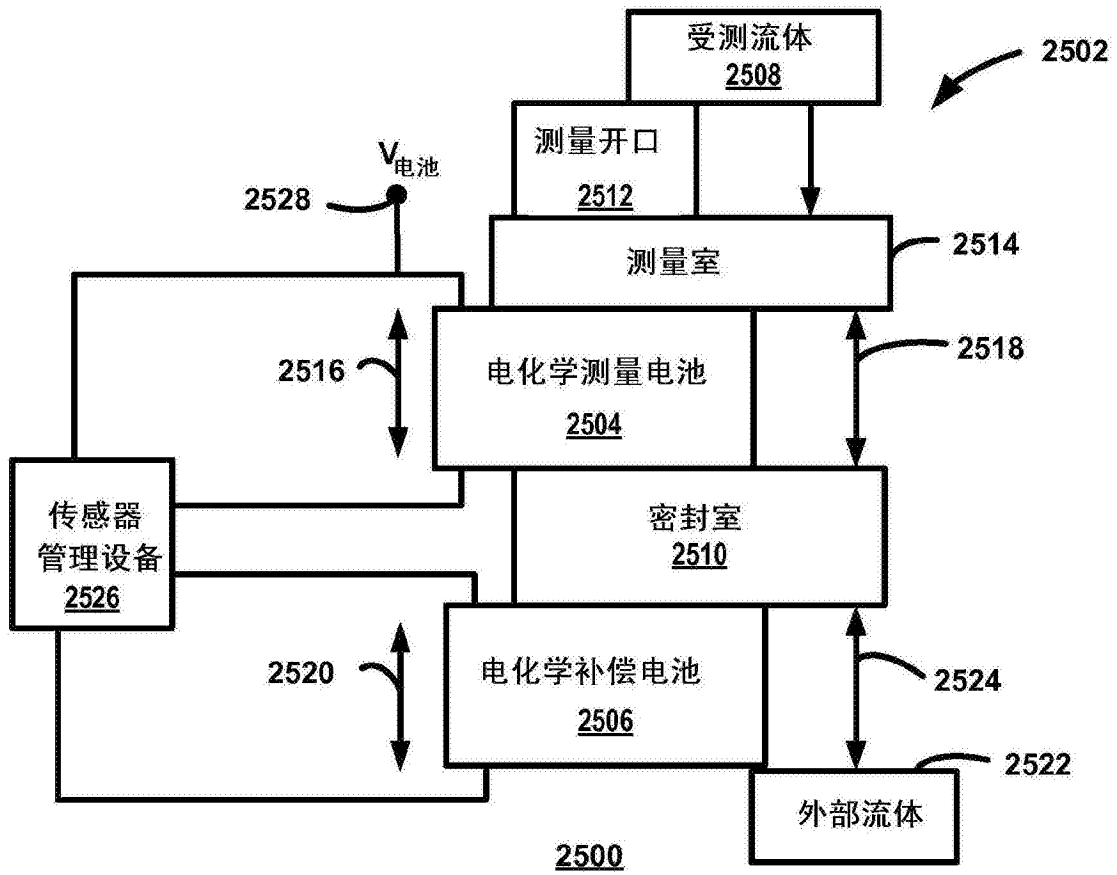


图25

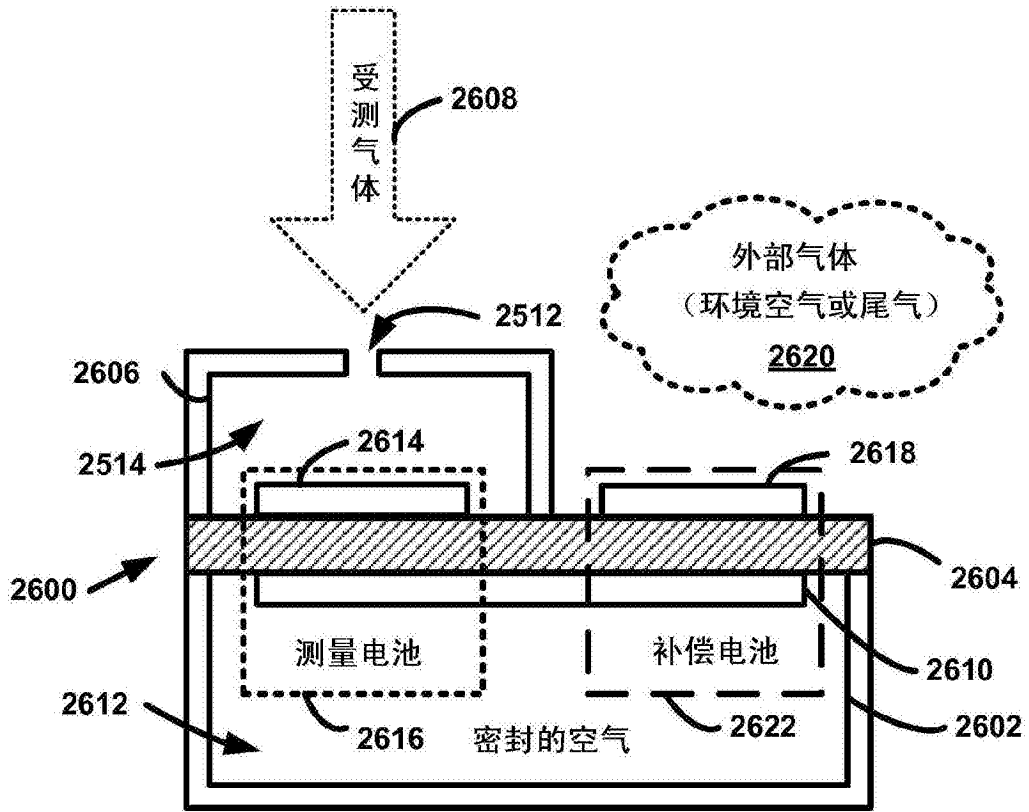


图26