



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110418960 B

(45) 授权公告日 2022. 12. 06

(21) 申请号 201880018545.1

(22) 申请日 2018.01.19

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110418960 A

(43) 申请公布日 2019.11.05

(30) 优先权数据  
102017204236.2 2017.03.14 DE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2019.09.16

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2018/051294 2018.01.19

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02018/166677 DE 2018.09.20

(73) 专利权人 罗伯特·博世有限公司  
地址 德国斯图加特

(72) 发明人 A·施罗德 D·迪克  
M·瓦尔多夫

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司  
72002  
专利代理师 郭毅

(51) Int.Cl.  
G01N 27/417 (2006.01)  
F01N 11/00 (2006.01)  
G01M 15/10 (2006.01)

(56) 对比文件  
DE 102015206867 A1, 2016.10.20  
审查员 张楠喆

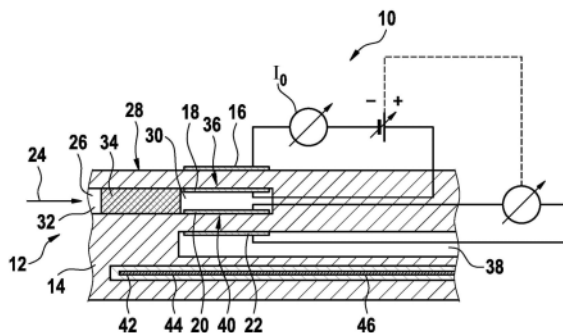
权利要求书2页 说明书12页 附图4页

(54) 发明名称

用于运行用于检测测量气体空间中的测量气体的至少一个特性的传感器的方法

(57) 摘要

提出一种用于运行传感器(10)的方法,所述传感器具有传感器元件(12),所述传感器元件具有泵电池(36)和能斯特电池(40)。调节所述能斯特电池(40)的能斯特电压( $U_{VS}$ ),基于泵电流( $I_p$ )求取所述传感器元件(12)的测量信号,借助信号处理来确定补偿参量,由所述测量信号和所述补偿参量确定至少一个经校正的测量信号,由经校正的测量信号确定所述测量气体空间中的所述测量气体的所述特性,所述补偿参量至少部分地与所述泵电流( $I_p$ )和施加到所述泵电池(36)上的电压( $U_p$ )有关,用于确定所述补偿参量的所述信号处理包括借助低通滤波器(64)对所述泵电流( $I_p$ )和施加到所述泵电池(36)上的电压( $U_p$ )进行低通滤波,根据施加到所述泵电池(36)上的电压( $U_p$ )或施加到所述泵电池(36)上的电压( $U_p$ )的随时间变化的部分( $dU_p$ )来控制所述低通滤波器(64)的时间常数( $\tau$ )和/或增益因子( $G$ )。



1. 一种用于运行用于检测测量气体空间中的测量气体的至少一个特性的传感器(10)的方法,所述传感器包括用于检测所述测量气体的所述特性的传感器元件(12),其中,所述传感器元件(12)具有固体电解质(14)、第一电极(16)、第二电极(18)、第三电极(20)和第四电极(22),其中,所述第一电极(16)和所述第二电极(18)如此与所述固体电解质(14)连接,使得所述第一电极(16)、所述第二电极(18)和所述固体电解质(14)形成泵电池(36),其中,所述第三电极(20)和所述第四电极(22)如此与所述固体电解质(14)连接,使得所述第三电极(20)、所述第四电极(22)和所述固体电解质(14)形成能斯特电池(40),其中,调节所述能斯特电池(40)的能斯特电压( $U_{VS}$ ),其中,基于泵电流( $I_p$ )求取所述传感器元件(12)的测量信号,其中,还借助信号处理来确定补偿参量,其中,由所述测量信号和所述补偿参量确定至少一个经校正的测量信号,其中,由经校正的测量信号确定所述测量气体空间中的所述测量气体的所述特性,其中,所述补偿参量至少部分地与所述泵电流( $I_p$ )和施加到所述泵电池(36)上的电压( $U_p$ )有关,其中,用于确定所述补偿参量的所述信号处理包括借助低通滤波器(64)对所述泵电流( $I_p$ )和施加到所述泵电池(36)上的电压( $U_p$ )进行低通滤波,其中,根据施加到所述泵电池(36)上的电压( $U_p$ )或施加到所述泵电池(36)上的电压( $U_p$ )的随时间变化的部分( $dU_p$ )来控制所述低通滤波器(64)的时间常数( $\tau$ )和/或增益因子( $G$ ),

其中,如果施加到所述泵电池(36)上的电压( $U_p$ )和/或施加到所述泵电池(36)上的电压( $U_p$ )的随时间变化的部分( $dU_p$ )达到预先确定的值,则增大所述低通滤波器(64)的时间常数( $\tau$ )和/或所述增益因子( $G$ )。

2. 根据前一项权利要求所述的方法,其中,所述预先确定的值表示所述测量气体的预先确定的组成。

3. 根据前一项权利要求所述的方法,其中,借助映射函数根据施加到所述泵电池(36)上的电压( $U_p$ )来改变所述时间常数( $\tau$ )和/或所述增益因子( $G$ )。

4. 根据前一项权利要求所述的方法,其中,借助内插法和特性曲线族形成所述映射函数。

5. 根据以上权利要求中任一项所述的方法,其中,借助高通滤波器(92)从施加到所述泵电池(36)上的电压( $U_p$ )滤出施加到所述泵电池(36)上的电压( $U_p$ )的随时间变化的部分( $dU_p$ )。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述传感器用于检测所述测量气体中的气体成分的份额或所述测量气体的温度。

7. 根据权利要求4所述的方法,其中,借助线性内插法和特性曲线族形成所述映射函数。

8. 一种电子存储介质,在其上存储有计算机程序,所述计算机程序设置用于执行根据权利要求1至7中任一项所述的方法的每个步骤。

9. 一种电子控制装置(48),其包括根据前一项权利要求所述的电子存储介质。

10. 一种用于检测测量气体空间中的测量气体的至少一个特性的传感器(10),所述传感器包括用于检测所述测量气体的所述特性的传感器元件(12),其中,所述传感器元件(12)具有固体电解质(14)、第一电极(16)、第二电极(18)、第三电极(20)和第四电极(22),其中,所述第一电极(16)和所述第二电极(18)如此与所述固体电解质(14)连接,使得所述第一电极(16)、所述第二电极(18)和所述固体电解质(14)形成泵电池(36),其中,所述第三

电极 (20) 和所述第四电极 (22) 如此与所述固体电解质 (14) 连接,使得所述第三电极 (20)、所述第四电极 (22) 和所述固体电解质 (14) 形成能斯特电池 (40),其中,所述传感器 (10) 还具有根据前一项权利要求所述的电子控制装置 (48)。

11. 根据项权利要求10所述的传感器,其中,所述传感器用于检测所述测量气体中的气体成分的份额或所述测量气体的温度。

## 用于运行用于检测测量气体空间中的测量气体的至少一个特性的传感器的方法

### 背景技术

[0001] 由现有技术已知多个用于检测测量气体空间中的测量气体的至少一个特性的传感器和方法。在此,原则上可以涉及测量气体的任意的物理和/或化学特性,其中,可以检测一个或多个特性。在下面,尤其在参考测量气体的气体成分的份额的定性和/或定量的检测的情况下描述本发明,尤其在参考测量气体部分中氧份额的检测的情况下。氧份额例如可以以分压的形式和/或以百分比的形式来检测。然而替代地或附加地,也可以检测测量气体的其他特性,例如温度。

[0002] 由现有技术尤其已知陶瓷传感器,其基于确定的固体的电解特性的使用,也就是说基于所述固体的例子导电特性。所述固体尤其可以是陶瓷固体电解质,例如氧化锆( $ZrO_2$ )、尤其钇稳定氧化锆(YSZ)和钪掺杂氧化锆(ScSZ),其可以包含在氧化铝( $Al_2O_3$ )和/或二氧化硅( $SiO_2$ )上的较少添加物。

[0003] 例如,这种传感器可以设计为所谓的Lambda探针或氮氧化物传感器,如其例如由K.Reif、Deitsche、K.H.等人所著的,机动车辆技术袖珍本, Springer Vieweg(斯普林格出版社),威斯巴登,2014年,第1338-1347页已知。借助宽带lambda探针、尤其借助平面的宽带Lambda探针,例如可以在大区域中确定尾气中的氧浓度并且因此推断出燃烧室中的空气燃料比例关系。空气系数 $\lambda$ (Lambda)描述该空气燃料比例关系。氮氧化物传感器确定尾气中的氮气浓度和氧浓度。

[0004] 通过使泵电池、测量电池和氧参考电池、能斯特电池(Nernst-Zelle)组合,可以构造用于测量周围环境气体中的氧含量的传感器。在根据安培泵原理工作的泵电池中,在向位于不同气体上的泵电极施加电压或电流时,氧离子电流扩散通过陶瓷固体(氧导电电解质),该陶瓷固体使气体相互分离(“泵浦(pumpen)”)。如果泵电池被用于使周围环境气体可以扩散进入的空腔中的氧分压保持恒定,则可以通过电流的测量推断出氧输送量。根据扩散定律,该泵电流与周围环境气体中的氧分压直接成比例。借助能斯特电池,空腔中的氧分压与另一参考气体空间中的氧分压的比例关系可以通过形成的能斯特电压来确定。

[0005] 这种传感器的电化学单元可以看作调节电路中的调节区段。该调节电路的调节参量是泵电极对上的电压或可选地为电流。调节参量是所测量的能斯特电压。所述调节的目的在于,尽管废气中的氧含量变化,仍使空腔中的氧分压保持尽可能地接近特定的或预给定的值。能斯特电压用于测量空腔中的氧分压或空腔中的氧分压与参考电池中的分压的比例关系。通过在泵电极对上施加的电压,可以控制空腔中的氧分压。通过将氧离子输送到空腔中或从空腔中移除——这也称作泵浦——的方式,可以通过所施加的泵电压或泵电流来主动影响气体浓度。空腔中的所有电极具有共同的回路(Rückleiter)。为了也可以表示负电压,虚拟接地位于用于电接地的增加的电势上。能斯特电压或第一电极上的电压与所述电压有关。

[0006] 为了确定氧分压或者说氧含量,在宽带Lambda探针和氮氧化物传感器的情况下分析处理泵电流信号,所述泵电流信号与当前的氧份额(周围环境气体)近似呈线性关系。

[0007] 在一些传感器类型中,根据传感器的结构和在控制装置侧上传感器的电布线,在通过 $\Lambda=1$ 点( $0\%O_2$ )的情况下的稀-浓(Mager-Fett-Wechsel)和浓-稀切换中出现泵电流信号的明显干扰,这也称作 $\Lambda=1$ 波度。

[0008] 其原因是泵电池的电极上的再充电效应,该再充电效应使泵电流信号失真并且干扰泵电池的调节。通过传感器元件的能斯特电池和泵电池与能斯特电池之间的外部电布线实现将泵电池上的再充电电流和电压耦合到调节参量能斯特电压 $U_{VS}$ 中。由于调节参量的干扰,控制泵电流的调节器调整参量(Reglerstellgröße)首先沿与 $O_2$ 相反的方向被调节,直到泵电流的方向突然翻转。

[0009] 由于 $\Lambda=1$ 波度的该机制,氧信号可能在通过 $\Lambda=1$ 时被如此强烈地干扰,使得不能够实现用于具有柴油发动机和NSC催化剂或用于具有汽油发动机的车辆的氧信号的分析处理。

[0010] 典型地, $\Lambda=1$ 波度可以通过控制电子器件的特殊设计或通过昂贵的探针结构来避免。用于减小 $\Lambda=1$ 波度的一个替代方案基于传感器元件上的泵电池上的再充电效应的补偿方案。传感器上的所测量的信号被特殊的信号处理利用,以便因此补偿 $\Lambda=1$ 干扰。在此,在附加的信号后处理步骤中,估计 $\Lambda=1$ 波度的干扰并且随后将其从泵电流、氧测量信号中移除。

[0011] 将外部泵电极上的电压精确映射到与泵电流等效的参量上是用于 $\Lambda=1$ 波度补偿的函数在 $\Lambda=1$ 区域之外不造成测量信号的错误校正的前提。因此,由外部泵电极上的电压借助固定存储的特征曲线来计算泵电流等效量。也就是说,所存储的固定阻抗特征曲线描述传感器的特征,借助该特征,由外部泵电极上的电压计算的、与电流等效的参量与所测量的泵电流相同。然而,阻抗特征曲线的偏离是可能的。但是,如果在信号处理中存储的阻抗特征曲线与探针的特征偏离,则所计算的与电流等效的参量也与所测量的泵电流偏离并且该算法的功能性可能如此受损害,使得尽管不通过 $\Lambda=1$ 仍产生补偿信号。因此,可能出现测量信号的错误校正。

## 发明内容

[0012] 因此,提出一种用于运行用于检测测量气体空间中的测量气体的至少一个特性的传感器的方法,所述方法至少在很大程度上避免了已知的用于运行传感器的方法的缺点并且在该方法中尤其通过改善的信号分析处理来移除或如此明显减小 $\Lambda=1$ 波度,使得经校正的信号尤其在 $\Lambda=1$ 的周围区域中近似相应于真实存在的氧含量,并且在该方法中,在 $\Lambda=1$ 的周围区域中避免测量信号的错误校正。

[0013] 根据本发明的用于运行用于检测测量气体空间中的测量气体的至少一个特性的传感器的方法,所述传感器尤其用于检测所述测量气体中的气体成分的份额或所述测量气体的温度,所述传感器包括用于检测所述测量气体的所述特性的传感器元件,其中,所述传感器元件具有固体电解质、第一电极、第二电极、第三电极和第四电极,其中,所述第一电极和所述第二电极如此与所述固体电解质连接,使得所述第一电极、所述第二电极和所述固体电解质形成泵电池,其中,所述第三电极和所述第四电极如此与所述固体电解质连接,使得所述第三电极、所述第四电极和所述固体电解质形成能斯特电池,其中,调节所述能斯特电池的能斯特电压,其中,基于泵电流求取所述传感器元件的测量信号,其中,还借助信号

处理来确定补偿参量,其中,由所述测量信号和所述补偿参量确定至少一个经校正的测量信号,其中,由经校正的测量信号确定所述测量气体空间中的所述测量气体的所述特性,其中,所述补偿参量至少部分地与所述泵电流和施加到所述泵电池上的电压有关,其中,用于确定所述补偿参量的所述信号处理包括借助低通滤波器对所述泵电流和施加到所述泵电池上的电压进行低通滤波,其中,根据施加到所述泵电池上的电压或施加到所述泵电池上的电压的随时间变化的部分来控制所述低通滤波器的时间常数和/或增益因子。

[0014] 如果施加到所述泵电池上的电压和/或施加到所述泵电池上的电压的随时间变化的部分达到预先确定的值,则增大所述低通滤波器的时间常数和/或所述增益因子。所述预先确定的值表示所述测量气体的预先确定的组成。预先确定的组成优选是 $\lambda=1$ 。可以借助映射函数根据施加到所述泵电池上的电压来改变所述时间常数和/或所述增益因子。可以借助内插法、尤其是线性内插法和特性曲线族形成所述映射函数。可以借助高通滤波器从施加到所述泵电池上的电压滤出施加到所述泵电池上的电压的随时间变化的部分。

[0015] 此外,提出一种计算机程序,其设置用于执行根据本发明的方法的每个步骤。

[0016] 此外,提出一种电子存储介质,在其上存储有一种用于执行根据本发明的方法的计算机程序。

[0017] 此外,本发明包括一种电子控制装置,其包括根据本发明的电子存储介质,该电子存储介质包含用于执行根据本发明的方法的所述计算机程序。

[0018] 最终,本发明还涉及一种用于检测测量气体空间中的测量气体的至少一个特性的传感器,所述传感器尤其用于检测所述测量气体中的气体成分的份额或所述测量气体的温度,所述传感器包括用于检测所述测量气体的所述特性的传感器元件,其中,所述传感器元件具有固体电解质、第一电极、第二电极、第三电极和第四电极,其中,所述第一电极和所述第二电极如此与所述固体电解质连接,使得所述第一电极、所述第二电极和所述固体电解质形成泵电池,其中,所述第三电极和所述第四电极如此与所述固体电解质连接,使得所述第三电极、所述第四电极和所述固体电解质形成能斯特电池,其中,传感器还具有电子控制装置,所述电子控制装置具有用于执行根据本发明的方法的根据本发明的计算机程序。

[0019] 在本发明的范围中,固体电解质应理解为具有电解特性、即具有离子导电特性的固体或物体。尤其涉及陶瓷的固体电解质。这也包括固体电解质的原材料并且因此也包括作为所谓的绿坯或灰坯的构造,所述绿坯或灰坯仅仅在烧结之后才变为固体电解质。特别地,固体电解质可以构造为固体电解质层或由多个固体电解质层构造。在本发明的范围中,层应理解为在一定高度的平面延伸中的统一接地,其位于其他元件之上、之下或之间。

[0020] 通常,在本发明的范围中,电极应理解为以下元件:该元件能够如此接触固体电解质,使得通过固体电解质和电极可以维持电流。相应地,电极可以包括以下元件:在该元件上离子可以被嵌入到固体电解质中和/或从固体电解质去除。典型地,电极包括稀有金属电极,其例如可以作为金属-陶瓷电极施加到固体电解质上或者可以以其他方式与固体电解质连接。典型的电极材料是铂金属陶瓷电极。然而,原则上也可以使用其他稀有金属,例如金或钯。

[0021] 在本发明的范围中,加热元件可以理解为以下元件:该元件用于将固体电解质和电极至少加热到其功能温度上并且优选加热到其运行温度上。功能温度是以下温度:从该温度起固体电解质对于离子导电并且该温度大约为 $350^{\circ}\text{C}$ 。可以将运行温度与功能温度区

别,运行温度是以下温度:传感器元件通常运行在该温度下并且该温度高于功能温度。运行温度例如可以是700℃至950℃。加热元件可以包括加热区域和至少一个输入轨道(Zuleitungsbahn)。在本发明的范围中,加热区域可以理解为加热元件的以下区域:该区域在层结构中沿与传感器元件的表面垂直的方向与电极重叠。通常,与输入轨道相比,加热区域在运行期间更强烈地加热,从而可以区分它们。不同的加热例如可以通过以下方式来实  
现:即与输入轨道相比,加热区域具有更高的电阻。加热区域和/或输入轨道例如构造为电阻轨道(Widerstandsbahn)并且通过施加电压加热。加热元件例如可以由铂金属陶瓷制造。

[0022] 在本发明的范围中,调节电路应理解为用于影响技术过程中的物理参量的自封闭的作用过程。在此,重要的是,将当前值——也称作实际值——反馈到调节装置,所述调节装置抵抗期望值的偏离。调节电路由调节区段、调节装置和作为调节参量的实际值的负反馈组成。调节参量与作为参考参量(Führungsgröße)的期望值比较。实际值和期望值之间的调节偏离被提供给调节装置,所述调节装置由此相应于调节电路的所期望的动态性形成用于调节区段的控制参量。在本发明的范围中,调节区段应理解为调节电路的以下部分:该部分包含调节参量,调节装置应该通过控制参量或调整参量来影响所述调节参量。在本发明的范围中,传感器的电化学单元是调节区段。

[0023] 在本发明的范围中,测量参量原则上应理解为任意的物理参量和/或化学参量和等效地表示该(这些)参量的信号,即等效的信号。优选地,测量参量涉及传感器元件的至少一个测量信号。优选地,测量参量可以涉及至少一个泵电流、例如极限电流。但是,测量参量也可以涉及与泵电流有关的参量。例如,测量参量可以涉及泵电压和/或转化的电荷。在本发明的范围中,上下文中的表述“被检测”应理解为,测量参量例如作为测量信号由传感器元件输出和/或测量参量由控制装置处理和/或分析处理和/或存储。

[0024] 在本发明的范围中,补偿参量原则上应理解为任意的化学参量和/或物理参量和等效地表示该参量的信号,即等效的信号。优选地,补偿参量可以包括与测量参量相同的物理参量和/或化学参量。优选地,补偿参量可以涉及泵电流偏离。例如,补偿参量可以涉及至少一个再充电电流和/或至少一个电极电荷。补偿参量至少部分地与泵电流和施加到泵电池上的电压有关。特别地,补偿参量至少部分地与泵电流的时间上的变化和施加到泵电池上的电压有关。例如,补偿参量可以是用于由泵电池的电极上的在通过 $\lambda=1$ 时的电化学反应再充电效应决定的、测量参量的失真的度量。

[0025] 由测量信号和补偿参量确定至少一个经校正的测量信号。原则上,经校正的测量信号可以涉及任意的化学参量和/或物理参量和等效地表示该(这些)参量的信号,即等效的信号。优选地,经校正的测量参量可以涉及相同的物理参量和/或化学参量和/或补偿参量。经校正的测量信号尤其可以涉及被清除干扰效应的参量。与由校正之前的测量信号相比,优选由经校正的测量信号可以更准确地确定测量气体空间中的气体的份额。由测量信号和补偿参量确定经校正的测量信号例如可以涉及以计算和/或配属形式的信号处理。相应地,测量气体空间中的测量气体的份额可以由经校正的测量信号例如通过计算和/或配属来确定。

[0026] 例如,可以在由经校正的测量信号确定测量气体空间中的测量气体的份额时使用至少一个特征曲线。特征曲线例如可以涉及经校正的测量信号到测量气体的份额的配属。例如,特征曲线可以是经校正的泵电流和测量气体中的氧份额例如氧分压之间的配属。

[0027] 测量参量可以包括至少一个泵电流。例如,泵电流可以涉及单位时间通过泵电池实现的全部电荷。例如,测量参量可以直接地是泵电流或者是表示泵电流的信号。例如,泵电流也可以涉及与泵电流有关的测量参量。例如,测量参量可以是与泵电流有关的参量。例如,测量参量可以包括至少一个泵电流。补偿参量可以至少与再充电电流有关。再充电电流例如可以是以下电流:该电流可以由于充电过程和/或放电过程,例如在测量气体空间中的测量气体的份额变化时出现。再充电电流可以涉及以下电流:该电流可以在通过 $\Lambda=1$ 时出现。补偿参量补偿由再充电效应引起的再充电电流和调节装置调整参量的干扰。

[0028] 相应于之前的实施方式,测量参量、补偿参量和经校正的测量参量不必作为绝对参量存在。替代地或附加地,本发明明确允许在信号处理的层面上测量参量的校正或再充电的补偿,从而测量参量、补偿参量和经校正的测量参量可以相应地涉及这些独特的信号。

[0029] 在本发明的范围中,泵电池的阻抗不应理解为泵电池的欧姆电阻,而应理解为泵电压和泵电压的电流等效量之间的传感器元件特定的关系,其此外与频率有关。在确定的运行条件下,泵电压的电流等效量与泵电压相同(例如在废气中的 $O_2$ 浓度的小的随时间的变化时)。在这里考虑的DC情况(极限电流运行)中,阻抗与废气中的氧浓度有关,但也与另外的废气条件、例如气体速率有关。在本发明的范围中,阻抗尤其描述泵电压的电流等效量和泵电压的比例关系。通常,泵电池的阻抗可以定义为负的数值。因此,泵电池的阻抗也可以与频率有关。在本发明的范围中,泵电池的阻抗可以借助自适应算法由泵电池上的电压和泵电流的组合来确定。泵电池的阻抗可以作为施加在泵电池上的电压的函数(或替代地作为泵电流的函数)来确定。

[0030] 在根据本发明的方法的进一步步骤中,产生一信号,该信号再现施加到泵电池上的电压的和电流的变化的部分。这例如可以通过时间上的微分和其他类型的高通滤波实现。通常,在此执行高通滤波。在本发明的范围中,高通滤波器应理解为以下滤波器:该滤波器允许在其极限频率之上的高频信号部分通过,而使低频信号部分衰减。因此,常数或仅仅缓慢变化的信号部分可以被移除。通过滤波也可以改变信号的相位。例如,微分器具有 $90^\circ$ 的相位。在本发明的范围中,高通滤波器可以作为递归式滤波器或非递归式滤波器被实现。高通滤波器可以具有有限的或无限的脉冲响应。

[0031] 在 $\Lambda=1$ 波度的情况下,泵电池上的泵电流信号和电压示出不同的变化过程。关于施加到泵电池上的电压和电流相互分散(Auseinanderlaufen)的信息存在于(stecken)施加到泵电池上的电压和电流的变化信号的差中。该差信号也是用于在电化学电池再充电时电荷移位的量度。电化学电池的再充电引起电流的变化,而不引起施加到泵电池上的电压的变化。通过泵电池的电极上的能斯特电压的变化产生再充电电流。该再充电电流与来自极限电流运行的原来的信号叠加。在差信号中,仅仅描绘再充电电流的变化。

[0032] 泵电流的变化和泵电压的电流等效量的变化的差信号在一时间间隔上求和,然而逐渐地又减小该和信号。由此,得到与再充电电流等效的信号、即再充电补偿信号。为此,差信号可以借助低通滤波器来滤波。

[0033] 在本发明的范围中,低通滤波器应理解为以下滤波器:所述滤波器允许在极限频率之下的低频信号部分通过,而使高频信号部分衰减。低通滤波器的任务是,在干扰的时间间隔上对差信号的信号的变化过程求和。当差信号小时,补偿电流信号趋近于0。例如,可以通过泄漏积分器(leaky integrator)实现简单的低通实现。在一种替代的实现中,低通的

特性可以根据输入信号的大小来改变。

[0034] 在最后的步骤中,从所测量的泵电流信号减去或扣除再充电补偿信号。现在,可以由经校正的泵电流信号推导出以下信号:该信号再现周围环境气体的氧含量的浓度和时间上的变化。在随后的步骤中,可以借助特性曲线族从经校正的泵电流信号推导出经校准的氧信号。

[0035] 在本发明的范围中,高通滤波器应理解为以下滤波器:该滤波器可以使在其极限频率之上的频率近似不减弱地通过并且使更低的频率衰减。

[0036] 本发明的基本思想是,通过改善的信号分析处理来移除或强烈地减小 $\Lambda=1$ 波度并且在此避免测量信号的错误校正。

[0037] 本发明基于以下认识:即用于补偿传感器的 $\Lambda=1$ 波度的信号处理在通过 $\Lambda=1$ 时明显减小测量信号的干扰。但是,在在稀处强的动态性的情况下,当探针的泵电池的阻抗特征和信号处理中的相应特征曲线相互偏离时,信号处理可能产生错误的校正信号。在这种情况下,补偿信号使传感器的测量信号变差。一方面,可以避免这种错误校正,其方式是,通过昂贵的自适应信号处理使阻抗特征曲线匹配于探针特性。替代地,在本发明的范围中提出,也可以通过以下方式避免在 $\Lambda=1$ 区域之外的错误校正,其方式是,在此不产生补偿信号。也就是说,用于补偿再充电效应的信号处理基本上应该在 $\Lambda=1$ 点的区域中是激活的。

[0038] 因此,必须能够如此控制用于估计再充电错误信号的信号处理,使得即使可能出现 $\Lambda=1$ 干扰,用于产生补偿信号的能力也特别大。另一方面,在运行状态中不需要该能力,在所述运行状态中,不可能出现 $\Lambda=1$ 干扰,但可能通过错误的补偿信号使测量信号失真。

[0039] 为此,需要以下标准:该标准可靠地识别,测量气体的氧浓度位于 $\Lambda=1$ 点附近。替代地,可以利用以下标准:该标准识别, $\Lambda=1$ 波度出现。可以从外部的泵电极上的电压 $U_p$ 的测量信号推导出可能的标准。因此,在无信号处理的情况下,电压 $U_p$ 在 $\Lambda=1$ 点的区域中和因此在 $0\%O_2$ 的附近大约为 $0V$ ,而 $U_{IP}$ 信号具有明显的 $\Lambda=1$ 波度。由 $U_{IP}$ 信号可以导出以下参量:该参量如此控制用于补偿 $\Lambda=1$ 波度的信号处理,使得补偿功能在 $\Lambda=1$ 点的周围是激活的,但是在其他运行点处,尤其在稀处,可以不产生补偿信号。

[0040] 与一开始描述的用于再充电补偿的信号处理相比,在本发明中描述的补充和变化的明显优点是,与算法的所描述的变型方案相比其简单的实现。传感器提供稀处的准确的并且相对于探针特性的变化稳健的信号,而不需要实现特征曲线的昂贵的并且复杂的自适应函数。特别地,在此可以避免用于自适应函数的根据车载诊断法规所需的昂贵的诊断功能。除了软件的更低的复杂性,这尤其具有以下优点:避免巨大的验证花费和测试花费。

[0041] 关于由于泵电池的阻抗变化引起的错误校正的 $\Lambda=1$ 波度补偿的信号处理的稳健性可以借助在本发明申请中描述的信号处理来明显改善。通过控制功能——所述控制功能仅仅在 $\Lambda=1$ 点的周围执行 $\Lambda=1$ 波度补偿,可以避免:当算法的阻抗特征曲线与探针的特性偏离时出现测量信号的错误校正。因此,例如在稀处,用于补偿 $\Lambda=1$ 波度的信号处理不产生信号并且因此错误校正也不可能。

## 附图说明

[0042] 从优选实施例的以下描述中得出本发明的另外的可选的细节和特征,所述实施例在附图中示意性示出。

[0043] 图1示出根据本发明的传感器的原理结构,

[0044] 图2示出传感器中具有再充电校正的信号分析处理的方框图,

[0045] 图3示出在再充电校正中信号处理的方框图,

[0046] 图4示出低通滤波器的信号,

[0047] 图5示出在时间上绘出的、不同的测量信号变化过程,

[0048] 图6示出泵电池上的电压的和测量电阻上的电压下降的变化过程,以及

[0049] 图7示出具有替代的信号处理的方框图。

## 具体实施方式

[0050] 图1示出根据本发明的传感器10的原理结构。在图1中示出的传感器10可以用于探测测量气体的物理特性和/或化学特性,其中,可以检测一个或多个特性。在下面尤其在参考测量气体的气体成分的定性的和/或定量的检测的情况下描述本发明,尤其在参考测量气体中的氧份额的检测的情况下。氧份额例如可以以分压的形式和/或以百分比的形式被检测。然而,原则上也可以检测其他类型的气体成分,例如氮氧化物、碳氢化合物和/或氢气。然而,替代地或附加地,也可以检测测量气体的其他特性。本发明尤其可以应用在机动车技术的领域中,从而测量气体空间尤其可以涉及内燃机的排气装置,测量气体尤其涉及废气。

[0051] 传感器10具有传感器元件12。传感器元件12可以构造为陶瓷的层结构,如下面更详细描述的那样。传感器元件12具有固体电解质14、第一电极16、第二电极18、第三电极20和第四电极22。固体电解质14可以由多个以固体电解质层形式的陶瓷层组成或者包括多个固体电解质层。例如,固体电解质14包括泵膜或泵层、中间膜或中间层和加热膜或加热层,它们相互上叠或下叠布置。电极16、18、20、22的表示不应说明其意义的权重,而是仅仅能够实现概念上区分它们。

[0052] 此外,传感器元件12具有气体进入路径24。所述气体进入路径24具有气体进入孔26,所述气体进入孔从固体电解质14的表面28延伸到传感器元件12的层结构的内部。在固体电解质14中设有电极空腔30,所述电极空腔包围气体进入孔26,例如环形地或矩形地。电极空腔30是气体进入路径24的一部分并且通过气体进入孔26与测量气体空间连接。例如,气体进入孔26作为圆柱形盲孔垂直于固体电解质14的表面28延伸到传感器元件12的层结构的内部中。特别地,电极空腔30基本上环形地或矩形地构造并且在横剖面视图中看由固体电解质14的三个面限界。在气体进入孔26和电极空腔30之间布置有通道32,所述通道同样是气体进入路径24的组成部分。在通道32中布置有扩散阻挡层34,该扩散阻挡层减少或者甚至阻止气体从气体测量空间后续流入(Nachströmen)到电极空腔30中并且仅仅使扩散成为可能。

[0053] 第一电极16布置在固体电解质14的表面28上。第一电极16可以环状地包围气体进入孔26并且例如通过未详细示出的透气的保护层与测量气体空间分离。第二电极18布置在电极空腔30中。第二电极18同样可以环形地构造并且围绕气体进入孔26旋转对称地布置。

例如,第一电极16和第二电极18相对于气体进入孔26同轴布置。第一电极16和第二电极18如此与固体电解质14连接并且尤其与泵层连接、尤其是电连接,使得第一电极16、第二电极18和固体电解质14形成泵电池36。相应地,第一电极16也可以称作外泵电极并且第二电极18称作内泵电极。通过扩散阻挡层34可以调整泵电池36的极限电流。因此,极限电流表示在第一电极16和第二电极18之间通过固体电解质14的通过电流。

[0054] 此外,传感器元件12具有参考气体空间38。参考气体空间38可以垂直于气体进入孔26的延伸方向延伸到固体电解质14的内部中。如上所述,气体进入孔26圆柱形地构造,从而气体进入孔26的延伸方向平行于气体进入孔26的圆柱轴线延伸。在这种情况下,参考气体空间38垂直于气体进入孔26的圆柱轴线延伸。明确提到,参考气体空间38也可以布置在气体进入孔26的假想延长部中并且因此进一步布置在固体电解质14的内部中。参考气体空间38不必构造为宏观的参考气体空间。例如,参考气体空间38可以实施为所谓的泵浦式参考,也就是说作为人工参考。

[0055] 第三电极20同样布置在电极空腔30中。例如,第三电极20与第二电极18对置。第四电极22布置在参考空间38中。第三电极20和第四电极22如此与固体电解质14连接,使得第三电极20、第四电极22和固体电解质14在第三电极20和第四电极22之间的那部分形成能斯特电池40。借助泵电池36例如可以如此调整通过泵电池36的泵电流,使得在电极空腔30中条件 $\lambda$  ( $\Lambda$ ) = 1或其他已知的组成占主导。另一方面,该组成由能斯特电池40检测,其方式是测量第三电极20和第四电极22之间的能斯特电压 $U_{VS}$ 。由于在参考气体空间38中存在已知的气体组成或者说所述气体组成暴露于过量的氧气,所以可以根据所测量的电压推断出电极空腔30中的组成。

[0056] 在气体进入孔26的延伸方向的延长部中,加热元件42布置在传感器元件12的层结构中。加热元件42具有加热区域44和电输入轨道46。加热区域例如蜿蜒形地构造。加热元件42在电解质14中布置在中间层和加热层之间。明确提到,加热元件42两侧被由电隔离材料(例如氧化铝)制成的薄层包围,尽管其未在附图中详细示出。换句话说,在中间层和加热元件42之间以及在加热元件42和加热层之间布置有由电隔离材料制成的薄层。因为这种层例如由上述现有技术已知,所以不对其详细描述。因此,对于关于由电隔离材料制成的层的另外的细节参考上述现有技术,其涉及由电材料制成的层的内容通过参考包括在此。

[0057] 图2示出在传感器10中的具有再充电校正的信号分析处理的方框图。如图2中示出的那样,传感器10具有电子控制装置48。电子控制装置48具有用于调节能斯特电池40的能斯特电压 $U_{VS}$ 的调节装置50。在调节装置50和第一电极16之间布置有测量电阻52。此外,可选地,在第一电极16和第三电极20之间布置有RC桥54,即由电阻和电容器组成的串联电路。此外,电子控制装置48具有信号后处理单元56和数据接口58。如图2中示出并且根据示意性示出的信号变化过程可以识别,电子控制装置48的调整参量是提供给泵电池36的电压 $U_{RS}$ 。调节参量是能斯特电压 $U_{VS}$ 。基于提供给泵电池36的电压 $U_{RS}$ 和施加到泵电池36上的电压 $U_p$ ,在测量电阻52上的电压下降 $U_{IP}$ 可以由调节装置求取。因此,在测量电阻52上的电压下降 $U_{IP}$ 是调整参量 $U_{RS}$ 和施加到泵电池上的电压 $U_p$ 的差。此外,以这种方式,可以由测量电阻52上的电压下降 $U_{IP}$ 确定与氧浓度有关的、流入到泵电池36中或从泵电池36流出的电流 $I_{O_2}$ ,因为测量电阻52布置在调节装置50的输出端和第一电极16之间。借助信号变化过程可以识别本发明的特点。因此,不仅测量电阻52上的电压下降 $U_{IP}$ 而且施加到泵电池36上的电压 $U_p$ 被提供给

信号后处理单元56。根据施加到泵电池36上的电压 $U_p$ 和来自后处理单元56的信号,给数据接口58提供表明氧含量的信号。

[0058] 图3示意性地示出信号后处理单元56中的再充电校正的信号处理。信号后处理单元56得到以测量电阻52上的电压下降 $U_{IP}$ 形式的第一输入信号——该电压下降与泵电流 $I_p$ 有关,并且得到以施加到泵电池36上的电压 $U_p$ 形式的第二输入信号。

[0059] 泵电流 $I_p$ 可以表示为:

$$[0060] \quad I_p = \frac{U_{IP}}{R_{\text{分流}}},$$

[0061] 其中, $R_{\text{分流}} [\Omega]$ 为在第一电极16或第二电极18上测量电阻52的电阻。电压下降 $U_{IP}$ 与泵电流 $I_p$ 成比例。为了确定补偿参量,形成施加到泵电池36上的电压 $U_p$ 的电流等效量 $I_{UP}$ 。基于泵电池36的阻抗 $Z_p$ 形成电流等效量 $I_{UP}$ 。基于施加到泵电池36上的电压 $U_p$ 和泵电流 $I_p$ 确定泵电池36的阻抗 $Z_p$ ,例如以以下方式:

$$[0062] \quad I_{UP} = \frac{U_p}{Z_p(U_p, \dots)}.$$

[0063] 泵电池36的阻抗 $Z_p$ 以以下方式描述泵电压的电流等效量和泵电压的比例关系:

$$[0064] \quad Z_p(j2\pi f, U_p) = \frac{U_p}{I_{p\text{极限电流}}(2\pi f)}.$$

[0065] 泵电池36的阻抗 $Z_p$ 通常可以定义为复数值。因此,泵电池36的阻抗 $Z_p$ 也可以与频率有关。泵电池36的阻抗 $Z_p$ 可以借助自适应算法来确定。

[0066] 如此由电压下降 $U_{IP}$ 转换的信号被提供给第一高通滤波器60,并且,由施加到泵电池36上的电压 $U_p$ 转换的信号被提供给高通滤波器62。在高通滤波器60、62中求取施加到泵电池36上的电压 $U_p$ 的随时间变化的部分 $dU_p$ 和电压下降 $U_{IP}$ 的随时间变化的部分 $dU_{IP}$ 。施加到泵电池36上的电压 $U_p$ 的随时间变化的部分 $dU_p$ 可以借助对时间求微分或借助施加到泵电池36上的电压 $U_p$ 的电流等效量 $I_{UP}$ 的其他类型高通滤波来求取,并且,电压下降 $U_{IP}$ 的随时间变化的部分 $dU_{IP}$ 可以借助对时间求微分或电压下降 $U_{IP}$ 的其他类型的高通滤波来求取。

[0067] 下面,形成在电压下降 $U_{IP}$ 的随时间变化的部分 $dU_{IP}$ 和施加到泵电池36上的随时间变化的部分 $dU_p$ 之间的差信号 $DU_{O_2}$ ,例如以以下方式:

$$[0068] \quad DU_{O_2} = dU_p - dU_{IP}.$$

[0069] 所述差信号 $DU_{O_2}$ 也是在电化学单元再充电时的电荷移位的量度。电化学单元的再充电引起电流的变化,而不改变施加在泵电池36上的电压 $U_p$ 。通过改变泵电池的电极16、18上的能斯特电压,产生再充电电流。该再充电电流与来自极限电流运行的原本信号叠加。在差信号 $DU_{O_2}$ 中,仅仅描绘再充电电流的变化。

[0070] 补偿参量借助差信号 $DU_{O_2}$ 的低通滤波来确定。在此,可以借助低通滤波器64对差信号 $DU_{O_2}$ 滤波。低通滤波器表示以下部件:该部件对输入信号求和,但逐渐随着时间又减小在部件的内部状态中包含的信号。再充电补偿电流信号 $U_{\text{Komp}}$ 在低通滤波器64的输出端上。低通滤波器64的任务是,在干扰的时间间隔上对差信号 $DU_{O_2}$ 的变化过程求和。如果差信号 $DU_{O_2}$ 小,则补偿电流信号 $U_{\text{Komp}}$ 趋近于零。

[0071] 最终,通过从测量参量减去补偿参量来确定经校正的测量参量。因此,从所测量的

泵电流信号 $I_p$ 减去尤其再充电补偿信号 $I_{Komp}$ ,例如以以下形式:

$$[0072] \quad I_{p02} = I_p - I_{Komp}。$$

[0073] 现在,可以从经校正的泵电流信号 $I_{p02}$ 推导出以下信号:该信号再现测量气体的氧含量的浓度和时间上的变化。随后,可以借助至少一个特性曲线族65从经校正的泵电流信号 $I_{p02}$ 推导出经校准的氧信号作为经校正的测量参量。

[0074] 在先前描述的方法中,原则上适用的是:泵电池的泵电流和施加到泵电池上的电压必须彼此相关。进一步的计算步骤不一定必须在等效电流中进行。可以避免电压除以阻抗。替代地,可以与其倒数或其他等效因子相乘。

[0075] 通过本发明,使用于补偿在通过 $\lambda=1$ 时的再充电效应的信号处理的先前描述的功能扩展有以下功能:具有在位置66上的受控制的时间常数和在位置68上的用于控制滤波器时间常数的放大功能的低通滤波器,其中,位置66和68以该顺序与低通滤波器64的输入端连接。

[0076] 在此,用于使泵电池36的第一电极16上的电压信号 $U_p$ 转换成与泵电流等效的参量的功能不是自适应的,而是借助固定的特性曲线族执行映射。

[0077] 为了实现在信号处理时使用的算法,使用特殊的递归的低通滤波器64,其结构类似于指数的平均值形成滤波器或PT1滤波器,但是在其传递特性方面具有根本区别。指数的平均值形成滤波器或PT1低通滤波器不相对于输入信号放大输出信号。其典型地具有1的增益。与之相反,在 $\lambda=1$ 波度补偿的信号处理中,低通滤波器64具有可变化的增益因子 $G = b / (1 - a(k))$ ,该增益因子与递归路径中的相应的系数 $a(k)$ 有关,其中, $k$ 是数字信号处理的周期间隔。低通滤波器64的增益因子与递归路径中的参数 $a(k)$ 或响应时间常数 $\tau(k)$ 的相关性可以通过脉冲响应来识别。时间常数越大,低通滤波器64的增益因子也越大。相反地,在指数的平均值形成滤波器中,因子 $(1-a)$ 将脉冲响应的增益缩放为1。

[0078] 与用于补偿 $\lambda=1$ 波度的算法相关联地,低通滤波器64通过 $U_{komp}(k) = b \cdot DI_{o_2}(k) + a(k) U_{komp}(k-1)$ 来描述,其具有以下传递函数

$$[0079] \quad \frac{U_{komp}(z)}{DI(z)} = \frac{b}{1 - a \cdot z^{-1}}。$$

[0080] 在此, $a(k)$ 是系数,该系数控制滤波器的时间常数和增益,并且, $b$ 是固定的常数,例如 $b=1$ 。

[0081] 图4以例子示出具有受控制的响应时间常数和增益因子的低通滤波器64的信号,所述信号阐述低通滤波器的功能方式。上方的图表示出在时间上绘出的、低通滤波器64的输入端上的信号70。中间的图表示出在时间上绘出的时间常数72。下方的图表示出在时间上绘出的、低通滤波器64的输出端上的增益因子74和信号76。在此,时间分别以秒来说明。

[0082] 从上方的图表可以识别,在低通滤波器64的输入端上存在三个矩形脉冲的序列。如中间的图表中示出的那样,低通滤波器64的时间常数 $\tau(k)$ 或其参数 $a(k)$ 在脉冲之间分别改变。如下方的图表中示出的那样,因此,低通滤波器64的增益因子 $G = 1 / (1 - a(k))$ 也分别变化。根据输出端上的信号76的变化过程可以明显识别,一方面阶跃响应的响应时间如何变化并且同时输出端上的信号76的增益因子 $G = 1 / (1 - a(k))$ 如何变化。因此,在低通滤波器64的输入端上的信号70的在时间上看的第二矩形脉冲中,时间常数 $\tau = 0.25$ 并且滤波器参数 $a = 0.9608$ ,并且在低通滤波器64的输入端上的信号70的在时间上看的第二矩形脉冲中,

时间常数 $\tau=1.0$ 并且滤波器参数 $a=0.9900$ 。如果低通滤波器64的时间常数72等于0——如这在低通滤波器64的输入端上的信号70的在时间上看的第三矩形脉冲中是这种情况那样，则低通滤波器64的输出端上的信号76也等于0。

[0083] 不仅增益因子 $G(=Gain:增益)$ 而且响应时间常数 $\tau$ 和低通滤波器64的延迟与低通滤波器64的递归路径中的加权因子 $a(k)$ 的值有关。因此，该低通滤波器64在其功能性方面基本上区别于PT1滤波器、递归的低通滤波器和典型的指数平均值形成滤波器。

[0084] 在用于减小 $\Lambda=1$ 波度的再充电补偿的信号处理中，低通滤波器64的效果和功能与响应时间常数 $\tau$ ，或者所述特殊低通滤波器64的递归路径中参数 $a(k)$ 有关。滤波器参数 $a(k)$ 借助

$$[0085] \quad a(k) = e^{-\frac{T_s}{\tau(k)}}$$

[0086] 与低通滤波器64的响应时间 $\tau$ 和数字信号处理的采样间隔持续时间 $T_s$ 相关。如上所述那样，滤波器参数 $a$ 确定该特殊低通滤波器64的响应时间和增益因子。

[0087] 图5示出在时间上绘出的、不同测量信号变化过程。在此，时间以秒来说明。在X轴上绘出时间并且在Y轴上绘出测量信号的值，所述值在这里示出的例子中是氧含量的百分比。曲线78说明具有时间常数 $\tau=0.25$ 的测量信号的变化。曲线80说明具有时间常数 $\tau=0.5$ 的测量信号的变化过程。曲线82说明具有时间常数 $\tau=0.75$ 的测量信号的变化过程。曲线84说明具有时间常数 $\tau=1.0$ 的测量信号的变化过程。曲线86说明具有时间常数 $\tau=1.25$ 的测量信号的变化过程。从曲线78、80、82、84、86可以良好地识别低通滤波器64的时间常数 $\tau$ 一方面对 $\Lambda=1$ 波度的减小的影响并且另一方面对稀处的可能的错误校正的影响。因此，在位置88处可以识别，更大的时间常数 $\tau$ 改善 $\Lambda=1$ 波度的减小。但同时，更大的时间常数 $\tau$ 可以增大在稀处的错误校正，如在位置90处可以识别的那样。基于该关联性，本发明提出，在 $\Lambda=1$ 点附近，低通滤波器64可以借助具有更大的时间常数 $\tau$ 的参数来参数化(bedaten)，而在正常的运行区域中、尤其在稀处，尽可能小的时间常数 $\tau$ 是有利的。

[0088] 为了可以利用特殊的低通滤波器64的时间常数的和增益因子的根据运行点和测量气体浓度而不同的优点，需要以下标准：该标准确定何时并且如何改变滤波器参数 $a(k)$ 、也即递归路径中的加权因子。因此，本发明提出滤波器参数 $a(k)$ 的控制。一个可能的标准可以从第一电极16上的电压 $U_p$ 推导出。

[0089] 图6示出泵电池 $U_p$ 上的电压的和测量电阻52上的电压下降 $U_{IP}$ 的变化过程。在X轴上绘出时间并且在Y轴上以mV绘出测量电阻52上的电压下降 $U_{IP}$ 的值和泵电池36上的电压 $U_p$ 的值。仅仅示例性地示出在NSC催化剂再生期间测量电阻52上的电压下降 $U_{IP}$ 的和泵电池36上的电压 $U_p$ 的变化过程。如果对于图6中示出的信号的例子考虑第一电极16上的电压 $U_p$ 以及测量电阻52上的与泵电流 $I_p$ 成比例的电压下降 $U_{IP}$ ，则可以确定：电压 $U_p$ 随着测量气体的浓度持续变化并且不受 $\Lambda=1$ 的波度干扰。但是，电压 $U_p$ 与测量气体的浓度成比例。由电压信号 $U_p$ 可以推导出以下标准：该标准表明测量气体在 $\Lambda=1$ 点上的浓度，在该点，需要低通滤波器64的更大的时间常数用于补偿 $\Lambda=1$ 波度。

[0090] 可以通过电压信号 $U_p(k)$ 到滤波器参数 $a(k)$ 上的映射函数来实现：根据电压 $U_p(k)$ 控制滤波器参数 $a(k)$ 。图4中的方框图示出，电压 $U_p$ 如何可以借助位置66和68处的映射函数来映射到低通滤波器64的递归路径中的时间常数 $\tau(k)$ 或者参数 $a(k)$ 上。

[0091] 这种映射函数例如可以简单借助线性内插法和所存储的特性曲线族来实现。借助这种映射函数可以控制时间常数 $\tau(k)$ 作为 $U_p(k)$ 的函数。附加地,对此,可以使用泵电流 $I_p$ 的特征曲线作为泵电压 $U_p$ 的函数。在稀处的 $U_p$ 的区域——在其中,固定的特征曲线 $I_p=f(U_p)$ 的错误匹配可能导致错误校正——中,滤波器的时间常数 $\tau$ 非常小。在这些电压下不产生补偿信号并且因此错误校正也是不可能的。如图4中示出的那样,低通滤波器64的时间常数 $\tau(k)$ 或参数 $a(k)$ 可以随着数字信号处理的每个周期间隔 $k$ 而改变。

[0092] 对于先前描述的滤波器结构替代地,也可以使用其他的低通滤波器,其具有类似的传递特性。因此,例如,也可以借助更高阶的滤波器来实现低通滤波器,所述低通滤波器的时间常数或带宽和增益因子可以通过滤波器参数的变化来控制。除了电压 $U_p$ ,也可以使用其他信号来控制低通滤波器的时间常数。例如,时间常数的变化可以通过差信号 $DI_{O_2}$ 来触发。

[0093] 图7示出具有替代的信号处理的方框图。在此,仅仅阐述相对于图3中的实施方式的区别,并且,相同的构件设有相同的附图标记。对于泵电池上的电压 $U_p$ 的值替代地,也可以利用第一电极16上的电压 $U_p$ 的时间上的变化作为标准,借助该标准控制低通滤波器64的时间常数和增益因子,这对于产生 $\lambda=1$ 的补偿信号是必需的。图6中的方框图示出,如何借助高通滤波器92滤出第一电极16上的电压 $U_p$ 的信号的快速变化的部分。形成以下信号作为第一电极16上的电压 $U_p$ 的高频部分的函数:借助该信号可以控制低通滤波器64的时间常数和增益因子,用于补偿 $\lambda=1$ 波度。从 $U_p$ 信号滤出直流部分和可缓慢变化的部分,而时间上可变化的部分几乎保持不变。

[0094] 测量电阻52上的电压下降 $U_{IP}$ 在稀处和浓处与测量气体的氧含量(或氧需求)近似线性相关,其中,与稀处的氧含量的相关性相比,浓处的氧含量的相关性可以通过其他因子来描述。在这种稀-浓切换中(其中,穿过 $\lambda=1$ 点,其具有 $0\%O_2$ 、泵电池36上的电压 $U_p=0V$ 和测量电阻52上的电压下降 $U_{IP}=0V$ ),观察到 $U_{IP}$ 与氧含量的线性相关性,只要 $U_{IP1}$ 信号不被 $\lambda$ 波度干扰。泵电池36上的电压 $U_p$ 在稀处( $>1\%O_2$ )和在浓处( $<大约1\%O_2$ )示出近似线性的特性。相反地,在具有 $0\%O_2$ 的 $\lambda=1$ 点附近,第一电极16上的电压 $U_p$ 作为氧含量的函数具有强烈非线性的行为。

[0095] 这种特性(第一电极16上的电压 $U_p$ 作为氧含量的函数在 $\lambda=1$ 点附近非常强烈地变化,而该变化在 $\lambda=1$ 点之外小得多)导致第一电极16上的电压 $U_p$ 在穿过 $\lambda=1$ 点时非常快速地并且非常强烈地变化。如果信号 $U_p$ 借助高通滤波器92滤波,则可以允许时间上可快速变化的部分通过,而滤出信号的直流部分。该信号在通过 $\lambda=1$ 时分别具有相对高的量值,然而该信号在 $\lambda=1$ 点之外近似等于0。第一电极16上的电压 $U_p$ 的信号的借助高通滤波器92滤波的部分可以作为标准来利用,以便在 $\lambda=1$ 波度补偿中控制低通滤波器64的时间常数和增益因子。在图7中的 $\lambda=1$ 波度补偿的信号处理的方框图中,不仅利用第一电极16上的电压 $U_p$ 而且利用第一电极16上的电压 $U_p$ 的借助高通滤波器92滤波的部分,以便在 $\lambda=1$ 波度补偿中控制低通滤波器64的时间常数和增益因子。

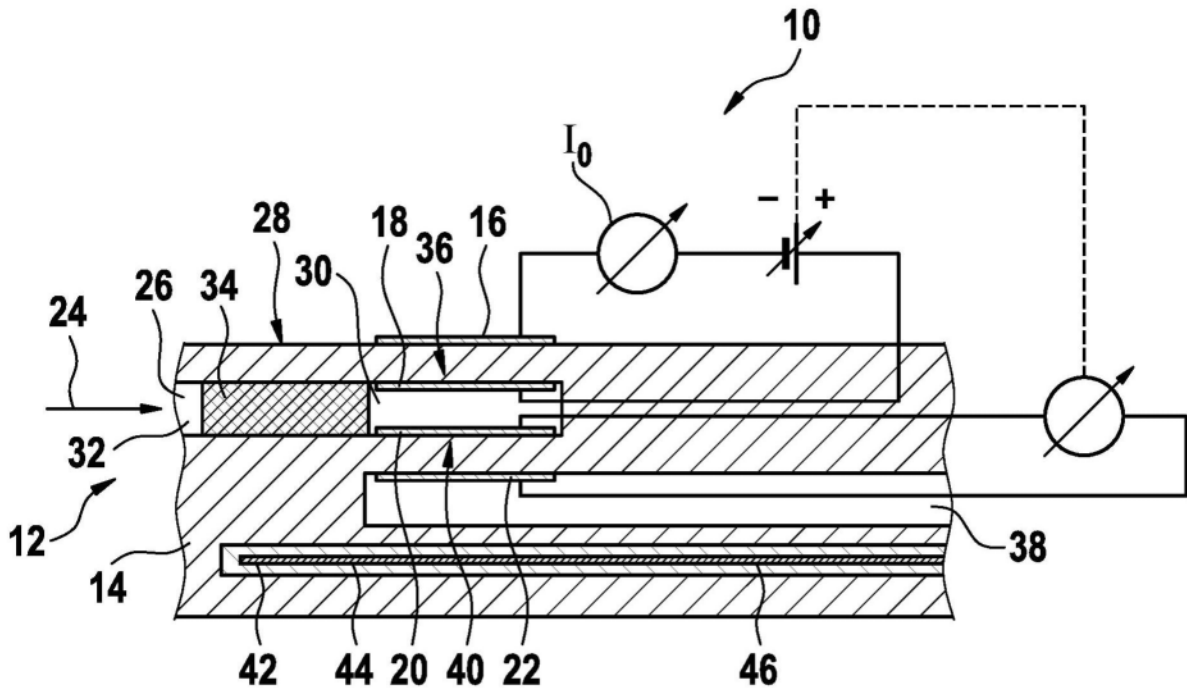


图1

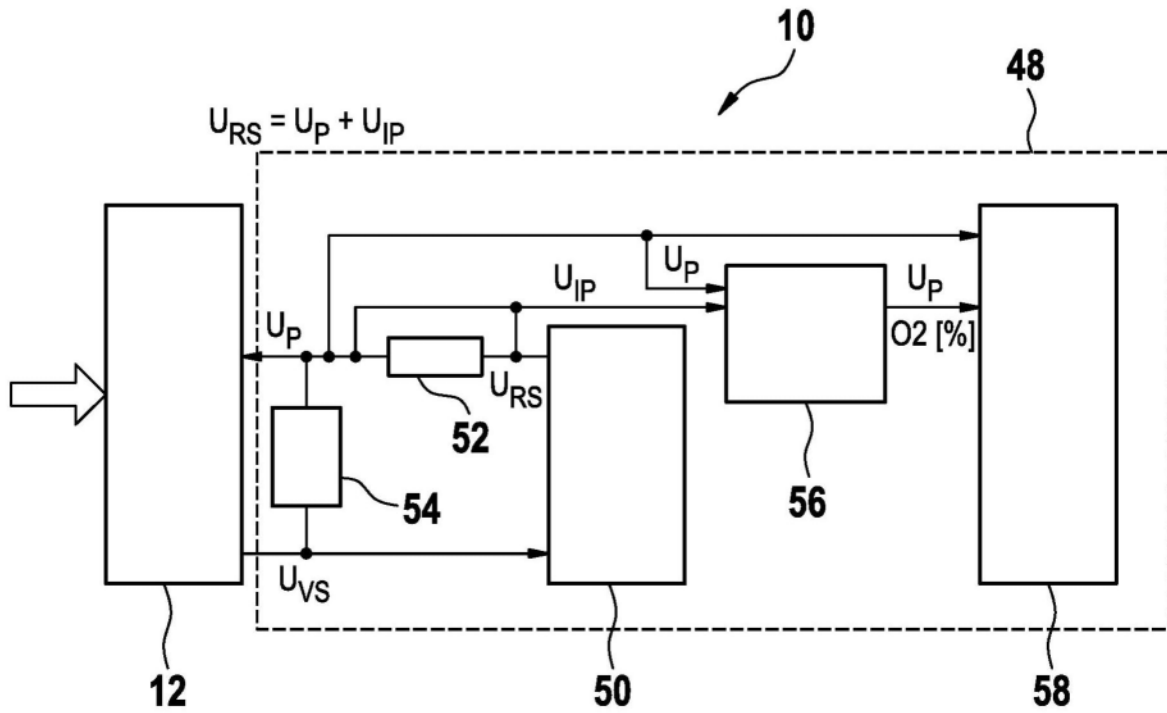


图2

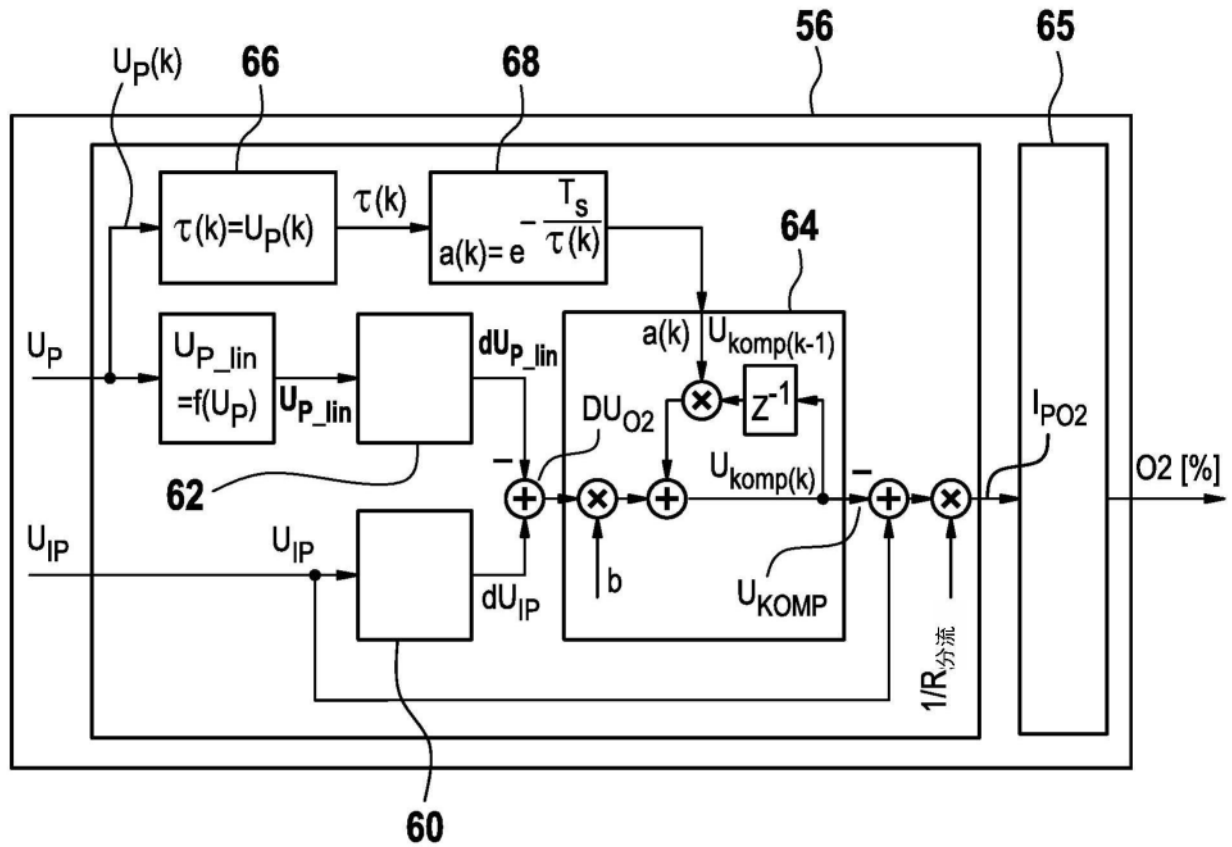


图3

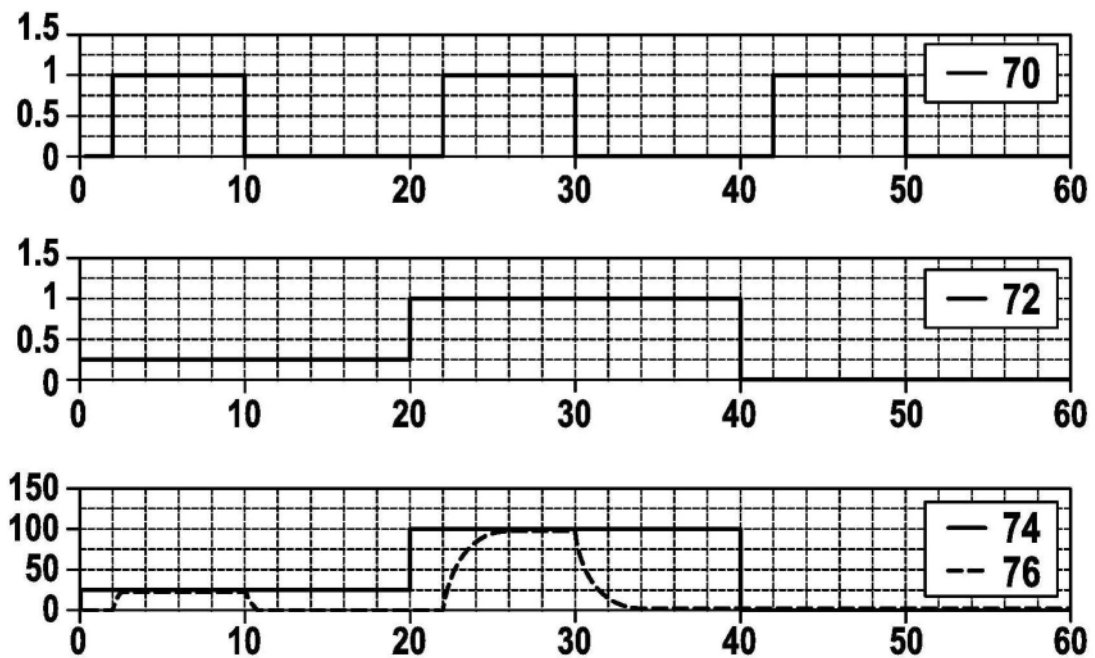


图4

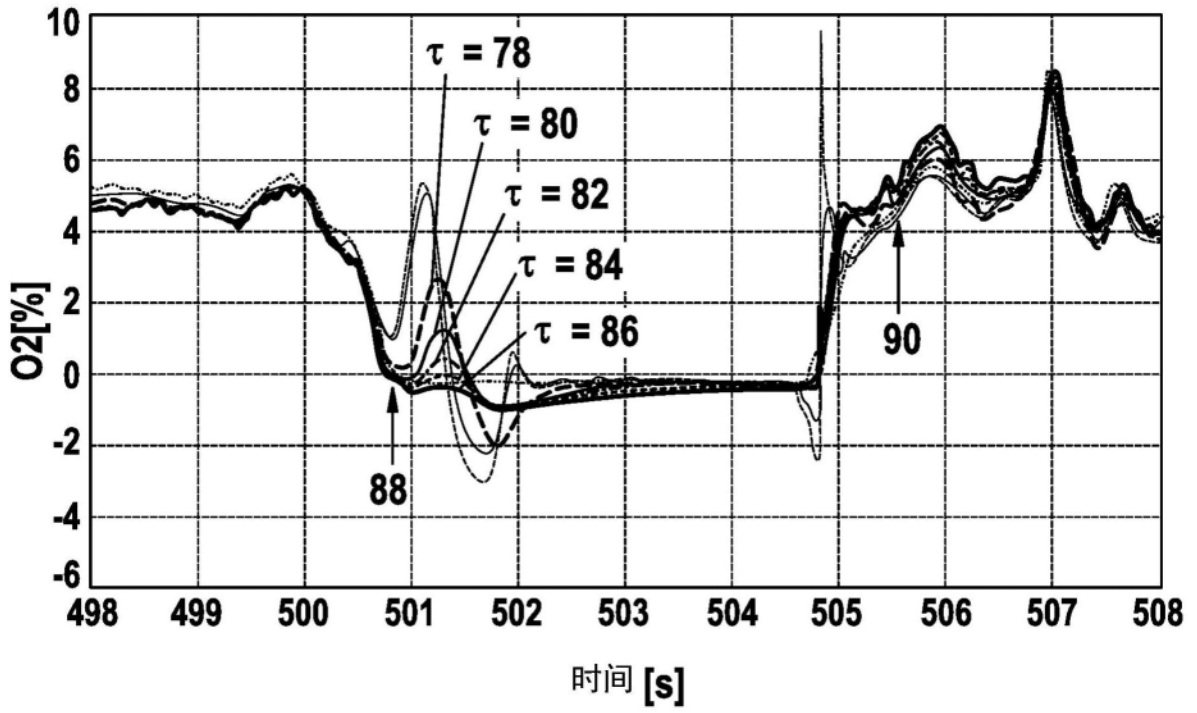


图5

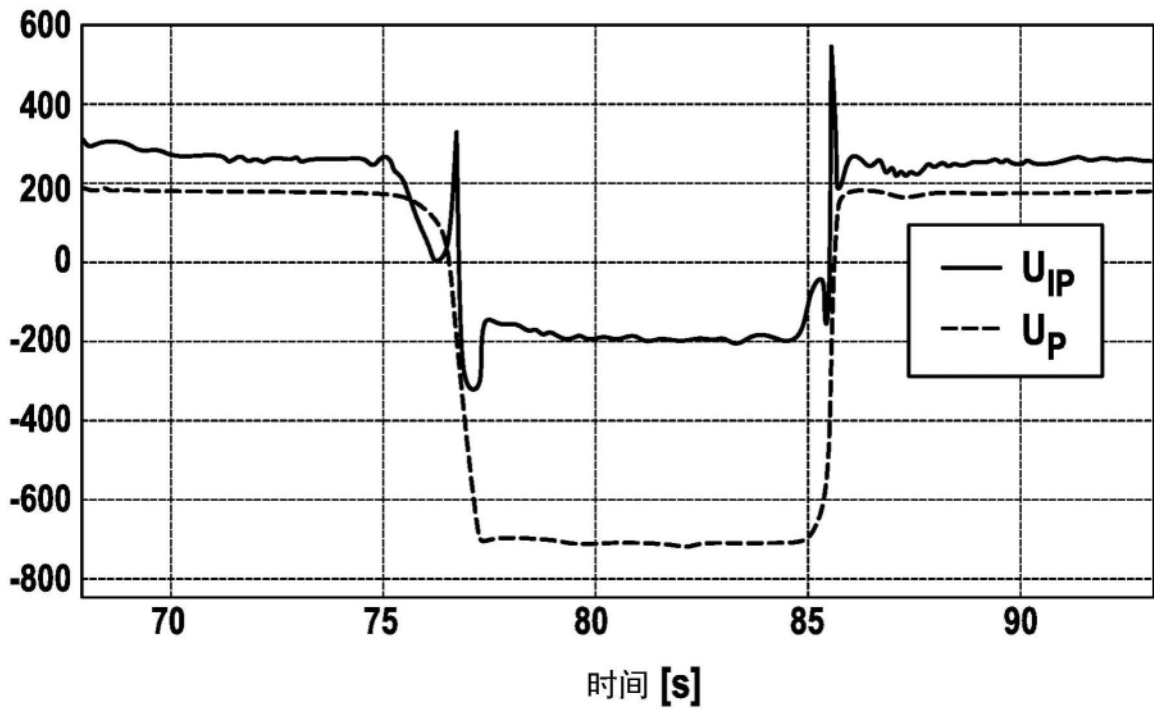


图6

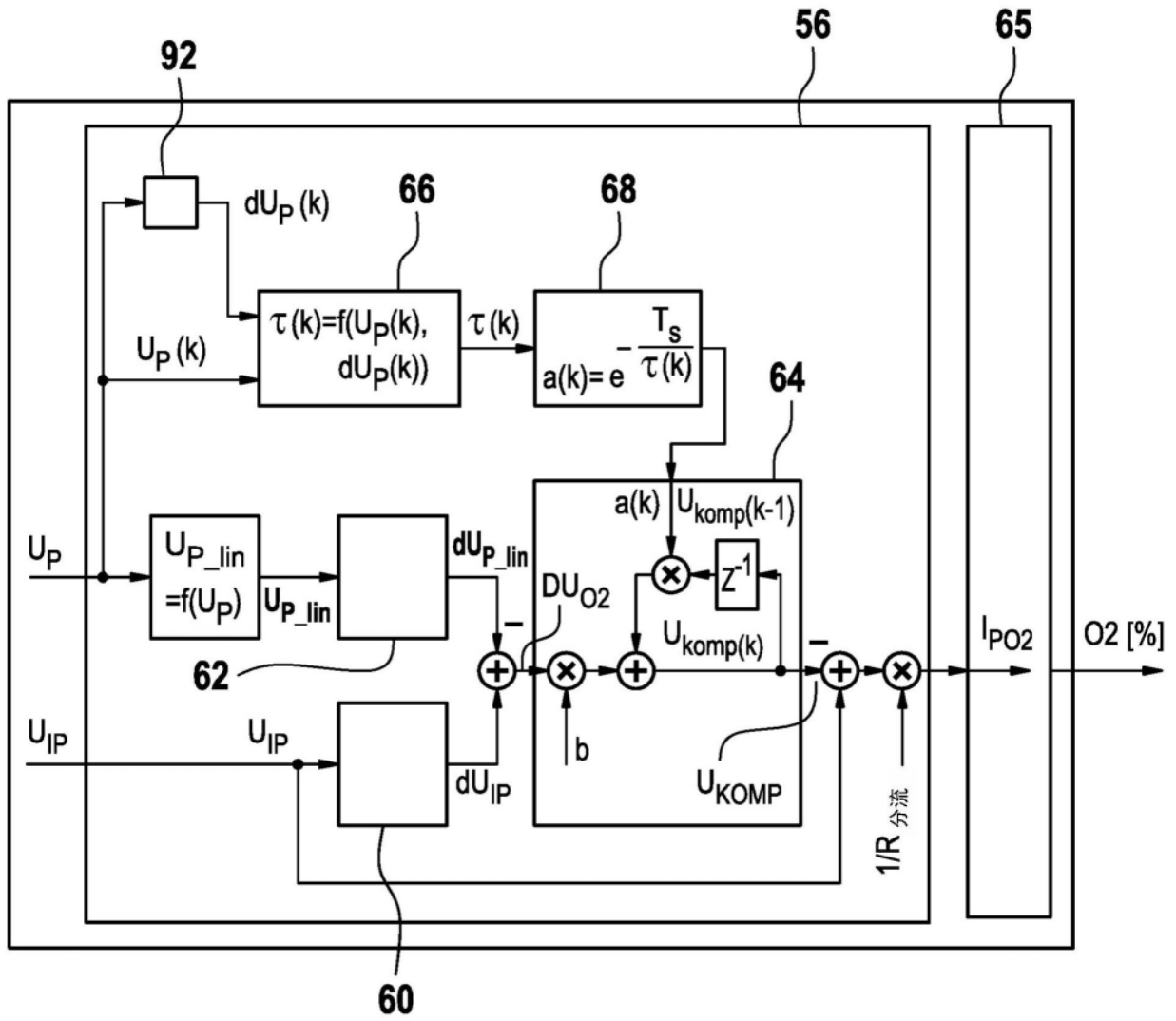


图7