



(10) 授权公告号 CN 111670354 B

(45) 授权公告日 2024. 01. 23

(21) 申请号 201980011321.2

(22) 申请日 2019.02.01

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111670354 A

(43) 申请公布日 2020.09.15

(30) 优先权数据

1850956 2018.02.05 FR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2020.07.31

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/FR2019/050230 2019.02.01

(87) PCT国际申请的公布数据

W02019/150053 FR 2019.08.08

(73) 专利权人 伊莱肯兹公司

地址 法国格勒诺布尔

(72) 发明人 坦·特龙·勒

(74) 专利代理机构 北京柏杉松知识产权代理事

务所(普通合伙) 11413

专利代理师 谢攀 刘继富

(51) Int.Cl.

G01N 21/3504 (2006.01) (续)

(56) 对比文件

CN 101063655 A, 2007.10.31 (续)

审查员 蒲小路

权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

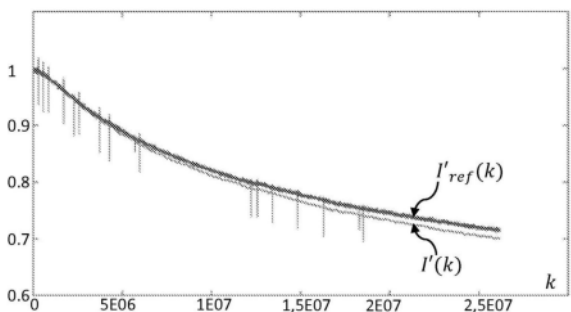
通过双重照明分析气体的方法

(57) 摘要

本发明的目的在于一种用于测量存在于气体中的气态物质(G_x)的量(c_x)的方法,所述气态物质能够吸收在吸收光谱带(Δ_x)中的光,该方法包括以下步骤:a)将气体放置在第一光源(11)和第一测量光电检测器(20)之间,第一光源(11)能够发射入射光波(12),该入射光波传播通过气体到达所述第一测量光电检测器(20);b)通过第一光源(11)对气体(G)进行照明;c)通过第一测量光电检测器(20)测量在包含吸收光谱带(Δ_x)的测量光谱带中由气体透射的光波(14)的强度,该强度称为测量强度;d)通过第一参考光电检测器(20_{ref})测量由第一光源(11)在参考光谱带(Δ_{ref})中发射的参考光波(12_{ref})的强度,该强度称为参考强度;在多个测量时间(1...k...K)实施步骤b)至d),该方法在每个测量时间包括:e)根据第一参考光电检测器测量的参考强度以及根据第一测量光电检测器测量的测量强度($I(k)$),估计气体对入射光波(12)的吸收率($abs(k)$);f)根据步骤e)估计的吸收率来估计气态物质(G_x)的量($c_x(k)$);该方法的特征在于,步骤e)

包括考虑校正函数(δ),该校正函数表示在测量光谱带(Δ_{20})中的入射光波(12)的强度相对于在参考光谱带(Δ_{ref})中的入射光波(12)的强度的时间变化;并且所述校正函数(δ)是在校准阶段预先建立的,包括以下步骤:cal-i)放置面向测试测量光电检测器($20'$)和面向测试参考光电检测器($20'_{ref}$)的测试光源(11'),测试光源、测试测量光电检测器以及测试参考光电检测器分别代表第一光源(11)、第一测量光电检测器(20)和第一参考光电检测器(20_{ref});cal-ii)在校准周期内的校准时间期间,通过测试光源对测试测量光电检测器和测试参考光电检测器进行照明;cal-iii)将由测试测量光电检测器在测量光谱

(续)



CN 111670354 B

[转续页]

[接上页]

(51) Int.Cl.

G01N 21/31 (2006.01)

G01N 21/27 (2006.01)

G01J 3/427 (2006.01)

G01N 21/61 (2006.01)

(56) 对比文件

DE 102009059962 A1, 2011.07.14

US 2007255508 A1, 2007.11.01

US 5369278 A, 1994.11.29

US 2015338339 A1, 2015.11.26

CN 105738309 A, 2016.07.06

WO 2007064370 A2, 2007.06.07

CN 102656441 A, 2012.09.05

CN 102809546 A, 2012.12.05

CN 104730021 A, 2015.06.24

CN 105181672 A, 2015.12.23

CN 106501192 A, 2017.03.15

CN 107014760 A, 2017.08.04

CN 202974862 U, 2013.06.05

DE 3508027 A1, 1986.09.11

EP 1408325 A2, 2004.04.14

US 2007034792 A1, 2007.02.15

US 2008304066 A1, 2008.12.11

US 2011299076 A1, 2011.12.08

US 2011299084 A1, 2011.12.08

US 5063275 A, 1991.11.05

US 6843102 B1, 2005.01.18

Li, CP; Han, JQ; Dong, XQ; Ding, YM;
Zhang, DG; Mu, N .A Research of Stability
Method for Non-Dispersive Infrared Gas
Analysis Based on Multi-Parameter
Model. SPECTROSCOPY AND SPECTRAL
ANALYSIS. 2012, 第32卷 (第11期), 2976-2980.

张景超, 刘瑾, 王玉田, 杨海马. 差分吸收式
光纤NO₂气体传感器. 仪表技术与传感器. 2004,
(05), 4-5页.

贺玉凯; 王汝琳; 张丽; 王建; 吴久晏. 基于光
谱吸收原理的光纤甲烷传感器检测方法研究. 工
矿自动化. 2006, (05), 1-4页.

(57) 摘要

带中检测到的强度的时间变化和由测试参考光

电检测器在参考光谱带(Δ_{ref})中检测到的强度
($I'_{\text{ref}}(k)$)的时间变化进行比较。

1. 一种用于测量气体G中存在的气态物质 G_x 的量 $c_x(k)$ 的方法,所述气态物质 G_x 被配置为吸收在吸收光谱带 Δ_x 中的光,所述方法包括以下步骤:

a) 将气体G放置在第一光源(11)和第一测量光电检测器(20)之间,所述第一光源(11)被配置为发射入射光波(12);

b) 通过所述第一光源(11)对气体G进行照明,使得所述入射光波(12)传播通过气体G到达第一测量光电检测器(20);

c) 通过所述第一测量光电检测器(20)测量在包含吸收光谱带 Δ_x 的测量光谱带 Δ_{20} 中由气体G透射的光波(14)的测量强度 $I(k)$;

d) 通过第一参考光电检测器(20_{ref})测量参考光波(12_{ref})的参考强度 $I_{ref}(k)$,所述参考光波(12_{ref})由第一光源(11)在参考光谱带 Δ_{ref} 中发射,在所述参考光谱带 Δ_{ref} 中所述气态物质 G_x 对光的吸收被认为可忽略;

在多个测量时间 $0 \dots k \dots K$ 实施步骤b)至d),所述方法在每个测量时间包括:

e) 使用所述第一参考光电检测器(20_{ref})测量的参考强度 $I_{ref}(k)$ 以及所述第一测量光电检测器(20)测量的测量强度 $I(k)$ 来估计所述气体G对入射光波(12)的吸收率 $abs(k)$;

f) 根据步骤e)估计的吸收率 $abs(k)$ 来估计所述气态物质 G_x 的量 $c_x(k)$;

其中,步骤e)包括考虑校正函数 $\delta(k)$,所述校正函数 $\delta(k)$ 表示在测量光谱带 Δ_{20} 中的入射光波(12)的测量强度 $I(k)$ 相对于在参考光谱带 Δ_{ref} 中的参考光波(12_{ref})的参考强度 $I_{ref}(k)$ 的时间变化;

并且其中,所述校正函数 $\delta(k)$ 是在校准阶段预先建立的,包括以下步骤:

cal-i) 放置面向测试测量光电检测器($20'$)和面向测试参考光电检测器($20'_{ref}$)的测试光源($11'$),所述测试光源($11'$)、所述测试测量光电检测器($20'$)以及所述测试参考光电检测器($20'_{ref}$)分别与第一光源(11)、第一测量光电检测器(20)和第一参考光电检测器(20_{ref})相对应;

cal-ii) 在校准周期内的校准时间期间,通过所述测试光源($11'$)对测试测量光电检测器($20'$)和测试参考光电检测器($20'_{ref}$)进行照明;

cal-iii) 将由所述测试测量光电检测器($20'$)在测量光谱带 Δ_{20} 中检测到的测量强度 $I'(k)$ 的时间变化和由所述测试参考光电检测器($20'_{ref}$)在参考光谱带 Δ_{ref} 中检测到的参考强度 $I'_{ref}(k)$ 的时间变化进行比较。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述校正函数 $\delta(k)$ 表示以下各项之间的比较:

- 在所述测量光谱带 Δ_{20} 中的入射光波(12)的测量强度 $I(k)$;

- 在所述参考光谱带 Δ_{ref} 中的参考光波(12_{ref})的参考强度 $I_{ref}(k)$;

所述比较在不同的测量时间 k 采用不同的值。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述测试光源($11'$)是脉冲式的,其中,每个脉冲对应于一个校准时间,所述校准周期包含至少 10^3 个校准时间。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述校正函数 $\delta(k)$ 是在不同的校准时间基于以下各项之间的比较来建立:

- 由所述测试测量光电检测器($20'$)检测到的测量强度 $I'(k)$,通过由所述测试测量光电检测器($20'$)在初始校准时间检测到的测量强度 $I'(k=0)$ 进行归一化;

- 由所述测试参考光电检测器($20'_{ref}$)检测到的参考强度 $I'_{ref}(k)$,通过由所述测试参

考光电检测器(20'_{ref}) 在初始校准时间检测到的参考强度 $I'_{ref}(k=0)$ 进行归一化。

5. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 步骤e) 包括根据在所述测量时间k测量的参考强度 $I_{ref}(k)$ 和校正函数 $\delta(k)$, 估计在没有气体G的情况下在所述测量时间k由第一测量光电检测器(20) 在测量光谱带 Δ_{20} 中检测到的测量强度 $\hat{I}_0(k)$ 。

6. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 步骤e) 包括根据在所述测量时间k测量的参考强度 $I_{ref}(k)$ 以及根据校正函数 $\delta(k)$ 对测量强度 $I(k)$ 进行校正, 校正后的测量强度 $I^*(k)$ 对应于在没有第一光源(11) 老化的情况下的测量强度。

7. 一种用于确定气体G中气态物质 G_x 的量 $c_x(k)$ 的装置(1), 所述装置(1) 包括:

- 第一光源(11), 其配置为发射向所述气体G传播的入射光波(12), 所述入射光波(12) 处于气态物质 G_x 的吸收光谱带 Δ_x 中;

- 第一测量光电检测器(20), 其配置为在测量光谱带 Δ_{20} 中在不同测量时间k检测由所述气体G透射的光波(14), 并且测量其测量强度 $I(k)$;

- 第一参考光电检测器(20'_{ref}), 其配置为在参考光谱带 Δ_{ref} 中在不同测量时间k测量由所述第一光源(11) 发射的参考光波(12'_{ref}) 的参考强度 $I_{ref}(k)$;

- 处理器(30), 其用于根据所述参考强度 $I_{ref}(k)$ 和测量强度 $I(k)$ 实施权利要求1的步骤e) 和f)。

通过双重照明分析气体的方法

技术领域

[0001] 本发明的技术领域是一种通过使用黑体或灰体类型的光源并测量由该光源发射的光波的吸收来分析气体的光学方法。

背景技术

[0002] 光学方法通常用于分析气体。传感器使得能够基于气体的组成物质具有彼此不同的吸收光谱特性这一事实来确定气体的成分。因此,如果已知气态物质的吸收光谱带,则可以使用比尔-朗伯定律通过估计穿过气体的光的吸收率来确定其浓度。该原理使得能够估计气体中存在的气态物质的浓度。

[0003] 根据最常用的方法,被分析的气体在光源和光电检测器(称为测量光电检测器)之间,光电检测器用于测量由待分析气体透射的光波,该光波部分地被光电检测器吸收。光源通常是发射红外光的光源,所使用的方法通常由术语“NDIR检测”来表示,缩写NDIR表示为非分散红外。这样的原理已经被频繁地实现,并且例如在文献US5026992或W02007064370中描述。

[0004] 常用方法通常包括测量由光源发出的称为参考光波的光波,该参考光波不会被分析的气体吸收或以忽略不计的方式吸收。对参考光波的测量使得能够估计由光源发射的光波的强度,或者能够估计在没有被分析气体吸收的情况下由测量光电检测器检测到的光波。该技术被称为“双光束”。在气体存在下的光波与气体不存在下的光波之间的比较使得能够表征气体的吸收。这涉及例如根据被称为术语“吸收的NDIR”的技术确定气体中的气态物质的量。

[0005] 参考光波由参考光电检测器测量。该参考光电检测器可以涉及与测量光电检测器不同的参考光电检测器,并且被布置为面对光源放置,该参考光电检测器与参考光学滤波器相关联。参考光学滤波器定义参考光谱带,在该光谱带中待分析的气体没有明显的吸收。

[0006] 根据在US2011/0042570中描述的方法,使用测量光电检测器和参考光电检测器,这两个光电检测器检测相同光谱带中的光波,在当前情况下为吸收CO₂的光谱带。参考光电检测器比测量光电检测器更靠近光源布置。通过分别由测量光电检测器和参考光电检测器测量的信号的比较使得关于光源发出的光波的强度的知识变得多余。

[0007] 文献FR3000548描述了一种CO₂传感器,其包括在红外光谱带中的测量通道和在可见光谱带(0.4 μ m至0.8 μ m)中的参考通道。参考通道被认为不受测量气体中CO₂浓度的影响。为了考虑到光源的发射光谱的演变,该文献描述了函数F的使用,该函数分别表示可见光谱带和红外光谱带中的光源的老化。函数F由一个标识函数近似:因此,红外光源的老化被认为等于可见光源的老化。

[0008] 发明人已经发现,使用参考光波可能具有某些缺点。发明人提出了一种使得可以克服这些缺点的方法,从而提高测量精度。

发明内容

[0009] 本发明的第一目的在于一种用于测量气体中存在的气态物质的量的方法,所述气态物质能够吸收在吸收光谱带中的光,该方法包括以下步骤:

[0010] a) 将气体放置在第一光源和第一测量光电检测器之间,第一光源能够发射入射光波,入射光波传播通过气体到达第一测量光电检测器;第一测量光电检测器能够检测在吸收光谱带中由气体透射的光波;

[0011] b) 用第一光源对气体进行照明;

[0012] c) 用第一测量光电检测器测量在包含吸收光谱带的测量光谱带中由气体透射的光波的强度,该强度称为测量强度;

[0013] d) 用第一参考光电检测器测量在参考光谱带中由第一光源发射地被称为参考光波的光波的强度,该强度称为参考强度;

[0014] 在多个测量时间实施步骤b)至d),该方法包括在每个测量时间:

[0015] e) 根据第一参考光电检测器测量的参考强度,以及根据第一测量光电检测器测量的测量强度,估计气体对入射光波的吸收;

[0016] f) 根据步骤e)估算的吸收率估算气态物质的量;

[0017] 该方法的特征在于,步骤e)包括考虑校正函数,该校正函数表示在测量光谱带中入射光波的强度相对于在参考光谱带中入射光波的强度的时间变化。

[0018] 光源可以包括灯丝,该灯丝被升高到允许照明光谱带中的光发射的温度。

[0019] 校正函数可以表示以下各项之间的比较:

[0020] -在测量光谱带中入射光波的强度;

[0021] -在参考光谱带中入射光波的强度;

[0022] 比较在不同的测量时间采用不同的值。

[0023] 比较可以表示为比率或减法的形式。

[0024] 优选地,在校准阶段期间预先建立校正函数,包括以下步骤:

[0025] cal-i) 放置面向测试测量光电检测器和面向参考测试光电检测器的测试光源,测试光源、测试测量光电检测器以及参考测试光电检测器分别与第一光源、第一测量光电检测器和第一参考光电检测器相对应;

[0026] cal-ii) 在校准周期内的校准时间期间,通过测试光源对测试测量光电检测器和测试参考光电检测器进行照明;

[0027] cal-iii) 将由测试测量光电检测器在测量光谱带中检测到的强度的时间变化和由测试参考光电检测器在参考光谱带中检测到的强度的时间变化进行比较。

[0028] 测试光源可以是脉冲式的,其中每个脉冲对应于一个校准时间。校准周期可以包括至少1000个校准时间。

[0029] 可以在不同的校准时间基于以下各项之间的比较来建立校正函数:

[0030] -由测试测量光电检测器检测到的强度,通过由测试测量光电检测器检测到的初始强度进行归一化;

[0031] -由测试参考光电检测器检测到的强度,通过由测试参考光电检测器检测到的初始强度进行归一化。

[0032] 初始强度指的是在校准周期的初始时间测量的强度。

[0033] 步骤e)可以包括根据在测量时间测量的参考强度以及根据校正函数估算在没有气体的情况下在测量时间由第一测量光电检测器在测量光谱带中将检测到的强度。其可以包括根据在测量时间测量的参考强度以及根据校正函数对测量强度进行校正,校正后的测量强度对应于在没有第一光源老化的情况下的测量强度。

[0034] 本发明的第二个目的在于一种用于确定气体中气态物质的量的装置,该装置包括:

[0035] -第一光源,其配置为发射向气体传播的入射光波,该入射光波处于气态物质的吸收光谱带中;

[0036] -第一测量光电检测器,其能够在测量光谱带中在不同测量时间检测由气体透射的光波,并且能够测量其强度,该强度称为测量强度;

[0037] -第一参考光电检测器,其配置为在参考光谱带中在不同测量时间测量由第一光源发射的参考光波的强度,该强度称为参考强度;

[0038] -处理器,其用于根据参考强度和测量强度实施根据本发明的第一个目的方法的步骤e)和f)。

[0039] 通过以下对本发明的特定实施例的描述,其他优点和特征将变得更加明显,所述描述通过非限制性示例的方式给出,并在下面列出的附图中示出。

附图说明

[0040] 图1A示出了允许实现本发明的装置的示例。图1B示意性地示出了黑体类型的光源的发射光谱。

[0041] 图2A示出了在两个不同的光谱带中观察到的由光源发射的光强度的降低。

[0042] 图2B示出了在测量光谱带中的光源的发射率的损失与在参考光谱带中的光源的发射率的损失的函数关系。

[0043] 图2C示出了在测量光谱带中的光源的发射率的损失与在参考光谱带中的光源的发射率的损失的函数关系,其中考虑了在三种不同电源电压的光源。

[0044] 图3示出了分别根据常规方法和根据本发明考虑以校正光源的发射率的损失的参考强度。

[0045] 图4示出了实现本发明的方法的主要步骤。

具体实施方式

[0046] 图1A是用于分析气体的装置1的示例。该装置包括限定内部空间的腔室10,在所述内部空间中具有:

[0047] -第一光源11,其能够发射称为入射光波的光波12,以照射在内部空间中的气体G。入射光波12处于照明光谱带 Δ_{12} 中。

[0048] -称为第一测量光电检测器的光电检测器20,其被配置为在由入射光波12照射气体G的作用下检测由所述气体透射的光波14。光波14由术语测量光波表示。测量光波在测量光谱带 Δ_{20} 中由第一测量光电检测器20检测。

[0049] -第一参考光电检测器 20_{ref} ,其被配置为检测在参考光谱带 Δ_{ref} 中被称为参考光波的光波 12_{ref} 。参考光谱带 Δ_{ref} 是其中认为气体G对光波12的吸收可以忽略的光谱带。

[0050] 参考光谱带 Δ_{ref} 与测量光谱带 Δ_{20} 不同。测量光谱带 Δ_{20} 可以特别地比参考光谱带 Δ_{ref} 更宽。测量光谱带 Δ_{20} 可以包含参考光谱带 Δ_{ref} 。

[0051] 气体G包含气态物质 G_x ，在该气态物质中确定在测量时间k中的量 $c_x(k)$ ，例如浓度。这种气态物质在吸收光谱带 Δ_x 中吸收可测量的一部分光。

[0052] 第一光源11能够根据照明光谱带 Δ_{12} 发射入射光波12，该入射光波可以在近紫外光和中红外光之间延伸，例如在200nm至10 μm 之间，并且最常见在1 μm 至10 μm 之间。被分析的气态物质 G_x 的吸收光谱带 Δ_x 包括在照明光谱带 Δ_{12} 中。第一光源11尤其可以是脉冲式的，入射光波12是持续时间通常为100ms至1s的脉冲。第一光源11尤其可以是悬浮灯丝型的光源并且被加热到400℃至800℃的温度。所述光源的发射光谱在发射光谱带 Δ_{12} 中对应于黑体的发射光谱。

[0053] 第一测量光电检测器20优选地与光学滤波器18相关联，该光学滤波器限定了涵盖了气态物质的全部或部分吸收光谱带 Δ_x 的测量光谱带 Δ_{20} 。

[0054] 在所讨论的示例中，第一测量光电检测器20是热电堆，其能够根据检测到的光波的强度来传递信号。替代地，测量光电检测器可以是光电二极管或另一类型的光电检测器。

[0055] 第一参考光电检测器20_{ref} 被放置在第一测量光电检测器20的旁边，并且与所述光电检测器具有相同的类型。它与称为参考光学滤波器18_{ref} 的光学滤波器相关联。参考光学滤波器18_{ref} 限定对应于未被所考虑的气态物质吸收的波长范围的参考光谱带 Δ_{ref} 。例如，参考滤波通带 Δ_{ref} 以波长3.91 μm 为中心。

[0056] 根据比尔-朗伯方程式，在测量时间k由第一测量光电检测器20检测到的光波14的强度 $I(k)$ 取决于该测量时间的量 $c_x(k)$ ，所述强度被称为测量强度：

$$[0057] \quad \text{abs}(k) = 1 - \frac{I(k)}{I_0(k)} = 1 - e^{-\mu(c_x(k))l} \quad (1)$$

[0058] 其中：

[0059] $-\mu(c_x(k))$ 是吸收系数，其取决于在时间k时的量 $c_x(k)$ ；

[0060] $-l$ 是腔室10中的光波所穿过的气体的厚度；

[0061] $-I_0(k)$ 是在时间k时入射光波的强度，其对应于在腔室中没有吸收性气体时在测量光谱带 Δ_{20} 中到达第一测量光电检测器20的光波的强度。

[0062] 以比率的形式 $\frac{I(k)}{I_0(k)}$ 在 $I(k)$ 和 $I_0(k)$ 之间进行比较，使得可以定义在时间k时所考虑气态物质产生的吸收率 $\text{abs}(k)$ 。

[0063] 因此，在第一光源11的每个脉冲期间，可以确定 $\mu(c_x(k))$ ，这使得通过知道 $c_x(k)$ 和 $\mu(c_x(k))$ 之间的关系来估计 $c_x(k)$ 。

[0064] 表达式(1)假设在测量时间k控制入射光波12的强度 $I_0(k)$ 。

[0065] 图1B示意性地示出了黑体类型的第一光源11的发射光谱，其遵循普朗克定律：

$$[0066] \quad L(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda k T}} - 1} \quad (2)$$

[0067] 其中：

[0068] $-L(\lambda, T)$ 是亮度，其取决于黑体的波长 λ 和表面温度 T ，

[0069] -h是普朗克常数,

[0070] -k是玻尔兹曼常数,

[0071] -c是空气中的光速。

[0072] 当将光源升高到温度T时,第一光源11的发射光谱S对应于作为 λ 的函数的亮度L(λ , T)的变化。通常,温度T为400℃至800℃。

[0073] 如图1B所示,第一光源11的照明光谱带 Δ_{12} 在1 μm 至10 μm 延伸。参考光谱带 Δ_{ref} 也用虚线表示。

[0074] 这种类型的光源特别有利,这是因为它允许通过简单地调制光源的温度T来调制照明光谱S。因此,每个温度T与一个照明光谱S相关。

[0075] 已知黑体或灰体类型的光源的发射率随时间变化,并且尤其可能由于光源的老化而降低。第一参考光电检测器20_{ref}考虑了第一光源11的发射的时间变化。所述参考光电检测器被布置为检测表示由第一光源11发射的入射光波12的参考光波12_{ref}。参考光波12_{ref}到达第一参考光电检测器20_{ref}而不与气体G相互作用,或没有明显的相互作用。在测量时间k由第一参考光电检测器20_{ref}检测到的参考光波12_{ref}的强度由术语参考强度 $I_{\text{ref}}(k)$ 表示。根据 $I_{\text{ref}}(k)$,如果知道第一光源11的发射光谱,就可以估计在不存在气体G的情况下到达第一测量光电检测器20的光波的强度 $\hat{I}_0(k)$ 。参考强度还使得可以考虑第一光源11的老化而允许校正测量强度I(k)。

[0076] 该装置包括连接到存储器32的微处理器30,该存储器包含允许执行如下描述该方法的步骤的指令。

[0077] 根据第一实施例,微处理器30被配置为接收表示在每个测量时间k由第一参考光电检测器20_{ref}测量的代表参考光波12_{ref}的强度 $I_{\text{ref}}(k)$ 的信号。微处理器30根据 $I_{\text{ref}}(k)$ 估计强度 $\hat{I}_0(k)$ 。

[0078] 根据I(k),可以使用以下表达式估计入射光波的吸收率:

$$abs(k) = 1 - \frac{I(k)}{\hat{I}_0(k)} \quad (3)$$

(k)。

[0079] 根据第二实施例,微处理器30被配置为接收代表参考强度 $I_{\text{ref}}(k)$ 的信号,然后执行对所测量的强度I(k)的校正。校正后的强度用 $I^*(k)$ 表示。校正后的强度对应于在光源不老化的情况下由测量光电检测器测量的强度。然后可以通过以下表达式获得入射光波的吸收率abs(k):

$$abs(k) = 1 - \frac{I^*(k)}{I_0(k=0)} \quad (4)$$

[0080] 其中 $I_0(k=0)$ 表示在初始测量时间k=0时在腔室中没有吸收气体的情况下,换言之,认为第一光源11是新光源的情况下,入射到测量光电检测器的光波。然后使用表达式(1),得到 $\mu(c_x(k))$,然后得到 $c_x(k)$ 。

[0081] 通常认为,分别在参考光谱带 Δ_{ref} 和测量光谱带 Δ_{20} 中第一光源11的发射率之间的比率以相同方式减小。根据这样的假设:

[0082] -当实施第一实施例时,根据对光源的理论发射光谱的了解,简单地从 $I_{\text{ref}}(k)$ 来估

计强度 $\hat{I}_0(k)$, 或使用表达式如: $\hat{I}_0(k) = I_{ref}(k) \frac{I_0(k=0)}{I_{ref}(k=0)} \quad (5)$;

[0083] - 当实施第二实施例时, 通过应用校正函数从 $I_{ref}(k)$ 获得校正强度 $I^*(k)$:

$$I^*(k) = \frac{I_{ref}(k=0)}{I_{ref}(k)} I(k) \quad (6)$$

[0085] 然而, 发明人发现, 第一光源11的老化对参考光谱带 Δ_{ref} 和测量光谱带 Δ_{20} 有不同的影响。与文献FR3000548中所建议的相反, 测量光谱带中的老化不能被认为类似于参考光谱带中的老化。为此, 发明人进行了结合图2A至2C描述的实验校准。发明人使用了分别类似于结合图1A描述的测量和参考传感器的测试测量传感器20'和测试参考传感器20'_{ref}。在校准期间, 所分析的气体是已知气体, 在这种情况下为浓度为400ppm的CO₂。

[0086] 实验参数如下:

[0087] - 测量滤波器18: Heimann F4.26-180滤波器, 中心波长为4.26μm。

[0088] - 参考滤波器18_{ref}: Heimann F3.91-90滤波器, 中心波长为3.91μm。

[0089] - 第一测量光电检测器20和第一参考光电检测器20_{ref}: Heimann HCM Cx2 Fx热电堆。

[0090] 在该实验中, 测量滤波器18限定了故意窄的测量光谱带 Δ_{20} , 以便清楚地证明发明人观察到的老化。应当理解, 本发明适用于其他测量光谱带 Δ_{20} , 特别是比参考光谱带 Δ_{ref} 更宽的那些光谱带。

[0091] 类似于结合图1A描述的光源, 测试光源11'在初始校准时间 $k=0$ 和最终校准时间 $k=K$ 之间的不同时间 k 以脉冲方式被激活。每个脉冲持续300ms, 并与下一个脉冲间隔300ms。产生了约2600万个脉冲。图2A显示了以下各项的时间变化:

[0092] - 由测试测量光电检测器20'在测量光谱带 Δ_{20} 中测量的测量强度 $I'(k)$;

[0093] - 由测试参考光电检测器20'_{ref}在参考光谱带 Δ_{ref} 中测量的参考强度 $I'_{ref}(k)$ 。

[0094] 这些变化分别通过初始校准时间 ($k=0$) 的测量强度和参考强度进行归一化。

[0095] 符号 $I'(k)$ 和 $I'_{ref}(k)$ 表示在校准阶段通过使用已知气体借助于测试传感器和测试光源对这些强度进行测量的事实。校准阶段允许测量第一光源11的老化, 该老化具有与测试光源11'相同的性质。

[0096] 在每条曲线上观察到的波动对应于CO₂浓度的暂时和有意变化。

[0097] 可以看出, 在校准过程中, 测量强度 $I'(k)$ 和参考强度 $I'_{ref}(k)$ 随时间下降, 这是可以预期的。这对应于第一光源11的老化。还观察到, 分别在测量光谱带 Δ_{20} 中和参考光谱带 Δ_{ref} 中的减小是不同的。这意味着在测量光谱带 Δ_{20} 中的第一光源11的老化与在参考光谱带 Δ_{ref} 中的第一光源11的老化不同。因此, 该比率 $\frac{I'(k)}{I'_{ref}(k)}$ 随时间 k 而变化。这意味着第一

光源11的老化伴随着发射光谱的轻微改变。

[0098] 图2B示出了在测量光谱带 (x轴) 中的发射率的损失 EL_{20} 与在参考光谱带 (y轴) 中的发射率的损失 EL_{ref} 的函数关系。在每个时间 k 使用以下表达式分别获得每个光谱带中以 % 表示的发射率的损失:

$$[0099] \quad EL_{ref}(k) = \frac{I_{ref}(k=0) - I_{ref}(k)}{I_{ref}(k=0)} \times 100 \quad (7) \text{ et } EL_{20}(k) = \frac{I(k=0) - I(k)}{I(k=0)} \times 100 \quad (8)$$

[0100] 如结合图2A所提到的,图2B中曲线的波动对应于CO₂浓度的时间变化。可以观察到,根据大于1的斜率A,EL₂₀随EL_{ref}以线性方式变化。在图2B中以虚线绘制了曲线EL₂₀=EL_{ref}。

[0101] 通过改变第一光源11的电源电势V的同时进行了类似的实验。使用了三个相同的光电检测器,分别与三个相同类型的光源相对,它们的电势为V=1.48V,其对应于在图2B中报告的实验期间光源的电势,V=1.28V,以及V=1.18V。图2C分别表示每个电势V的曲线EL₂₀与EL₂₀的函数关系。当电势降低时,发射率的损失比在高电势下低,这是因为第一光源11的老化不明显。但是,我们观察到这三个曲线是重叠的。因此,老化对测量光谱带Δ₂₀和参考光谱带Δ_{ref}中的发射的影响似乎与第一光源11所具有的电势无关。

[0102] 结合图2A至图2C描述的实验可以被认为是校准实验,在此期间,确定与参考光谱带Δ_{ref}相比的第一光源11在测量光谱带Δ₂₀中的差异性老化。该校准实验是由一个测试传感器执行,该测试传感器的组件与旨在分析未知气体的传感器上安装的组件相似。

[0103] 该校准实验允许确定表征两个光谱带Δ₂₀和Δ_{ref}中的相对发射率变化的校正函数δ。校正函数δ包括在每个时间k的参考强度与测量光谱带中的强度的比较。

[0104] 根据第一种方法,校正函数δ可以使得:

$$[0105] \quad I^*(k) = \delta(I(k)) = \frac{I(k)}{1 - A \times \frac{EL_{ref}(k)}{100}} = \frac{I(k)}{1 - A \times \frac{I_{ref}(k=0) - I_{ref}(k)}{I_{ref}(k=0)}} \quad (9)$$

[0106] A是通过从图2B和2C所示的数据进行线性回归得到的线的斜率。A是标量值,代表光源在每个光谱带中的差异性老化。

[0107] 图3示出了测量强度I(k)的时间变化的示例。该变化对应于图2A中所测量的变化。图3中示出了对测量信号I(k)的两次校正:

[0108] -对应于现有技术的第一校正(曲线1),通过将恒定的校正因子应用于I(k)来获得该第一校正,使得 $I^*(k) = \frac{I_{ref}(k=0)}{I_{ref}(k)} I(k)$ (6)

[0109] -对应于本发明的实施的第二校正(曲线2),通过将校正函数δ(随时间变化的函数)应用于I_{ref}(k)来获得该第二校正,使得:

$$[0110] \quad I^*(k) = \delta(I(k)) = \frac{I(k)}{1 - A \times \frac{EL_{ref}(k)}{100}} = \frac{I(k)}{1 - A \times \frac{I_{ref}(k=0) - I_{ref}(k)}{I_{ref}(k=0)}} \quad (10)$$

[0111] 在用V=1.48V进行的实验过程中,估算了在时间K影响I(k)的校正的偏差ε(K),如图3所示。根据以下表达式,偏差ε(K)用%表示为:

$$[0112] \quad \varepsilon(K) = \frac{I(k=0) - I^*(K)}{I(k=0)} \times 100 \quad (12)$$

[0113] 可以观察到:

[0114] -通过应用第一校正,根据表达式(6),ε(K)的值为1.34%;

[0115] -通过应用第二校正,根据表达式(10),ε(K)的值为0.08%。

[0116] 图4示出了实施本发明的测量方法的主要步骤。

[0117] 步骤100:在时间k照明气体;

[0118] 步骤110:通过第一参考光电检测器20_{ref}在参考光谱带 Δ_{ref} 中测量参考强度 $I_{ref}(k)$;

[0119] 步骤120:由第一测量光电检测器20在光谱测量带 Δ_{20} 中测量由气体透射的辐射14的强度 $I(k)$ 。

[0120] 步骤130:在腔室中没有气体的情况下,估计由测量光电检测器14检测到在测量光谱带 Δ_{20} 中的强度 $\hat{I}_0(k)$ 。通过考虑校正函数 $\delta(k)$ 并应用以下表达式来进行估计:

$$[0121] \quad \hat{I}_0(k) = \delta(I_{ref}(k)) = \hat{I}_0(k=0) \left(1 - A \times \frac{EL_{ref}(k)}{100}\right) = \hat{I}_0(k=0) \left(1 - A \times \frac{I_{ref}(k=0) - I_{ref}(k)}{I_{ref}(k=0)}\right)$$

[0122] (13)。 $\hat{I}_0(k=0)$ 对应于 $k=0$ 时强度 $\hat{I}_0(k)$ 的估计值。

[0123] 步骤140:在测量光谱带 Δ_{20} 中估计吸收率 $abs(k) = 1 - \frac{I(k)}{\hat{I}_0(k)}$ 。

[0124] 步骤150:根据吸收率,通过应用表达式(1),从该比率估计气态物质 G_x 的量 $c_x(k)$ 。

[0125] 步骤160:在增加测量时间k或退出算法的同时来重复步骤100至150。

[0126] 该实施例是有利的,这是因为在校准之后,仅要保留差异性老化A的值,以便能够将校正函数 δ 应用于在每个测量时间k处测量的参考强度 $I_{ref}(k)$ 的每次测量。

[0127] 可以考虑校正函数 δ 的其他表达式。例如,校正函数 δ 可以使得

$$[0128] \quad \delta(k) = \frac{\frac{I'_{ref}(k)}{I'_{ref}(k=0)}}{\frac{I'(k)}{I'(k=0)}} \quad (14)$$

[0129] 在步骤130中,通过 $\hat{I}_0(k) = \delta(k) I_{ref}(k) \frac{I(k=0)}{I_{ref}(k=0)}$ (15) 获得 $\hat{I}_0(k)$ 的估计值。

[0130] 根据一种变型,在步骤130中,考虑到校正函数 δ ,校正由测量传感器测得的强度的值 $I(k)$ 。获得校正强度 $I^*(k)$ 。可以根据表达式(9)来表达校正函数 δ ,使得

$$I^*(k) = \delta(I(k)) = \frac{I(k)}{1 - A \times \frac{EL_{ref}(k)}{100}} = \frac{I(k)}{1 - A \times \frac{I_{ref}(k=0) - I_{ref}(k)}{I_{ref}(k=0)}} \quad \text{所述校正函数也可以由表}$$

达式(14)表示,在这种情况下,

$$[0131] \quad I^*(k) = \delta(k) I(k) \frac{I_{ref}(k=0)}{I_{ref}(k)} \quad (16)$$

[0132] 根据该变型,在步骤140中,使用以下表达式获得吸收率:

$$[0133] \quad abs(k) = 1 - \frac{I^*(k)}{I_0(k=0)} \quad (17)$$

[0134] 因此,通常,校准阶段允许估计光源产生的照明辐射的强度在参考光谱带和测量光谱带内随着时间而相对降低。校正函数包括每个光谱带减少量的比较。使用校正函数 δ

(k) 使得能够考虑两个光谱带中照明辐射12强度下降的变化,从而获得

[0135] -在没有气体的情况下由测量光电检测器测量的强度 $\hat{I}_0(k)$ 的估计值;

[0136] -或在没有光源老化的情况下由测量光电检测器测量的校正后的强度 $I^*(k)$ 。

[0137] 本发明将有可能用于检测一定量的气态物质 G_x ,该气态物质的吸收光谱 Δ_{20} 包含在测量光谱带 Δ_{20} 中。该测量光谱带可以很窄,如上述实验示例中所示。该测量光谱带也可以很宽,以便包括例如几种不同气态物质的吸收光谱带 Δ_x 。

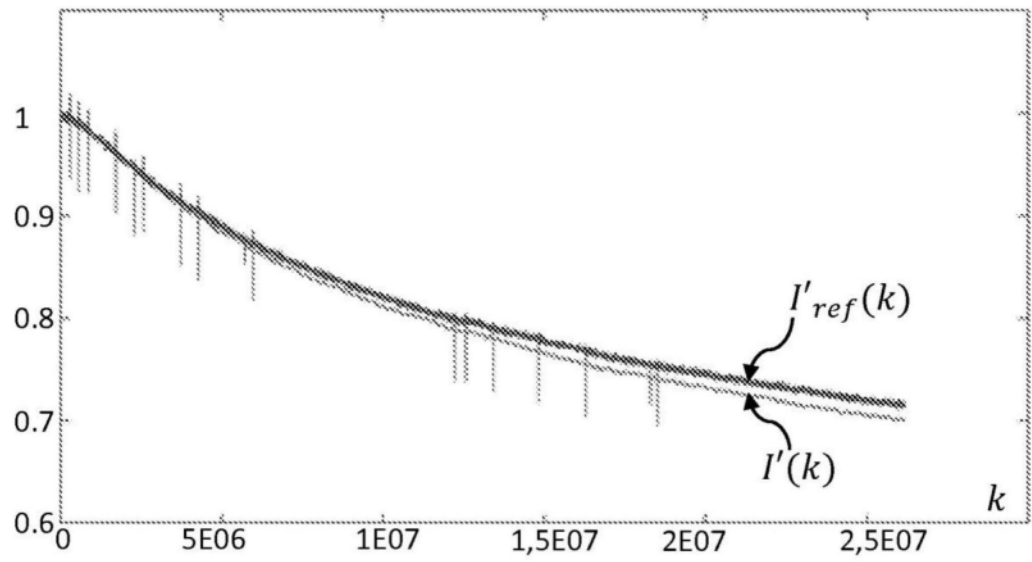


图2A

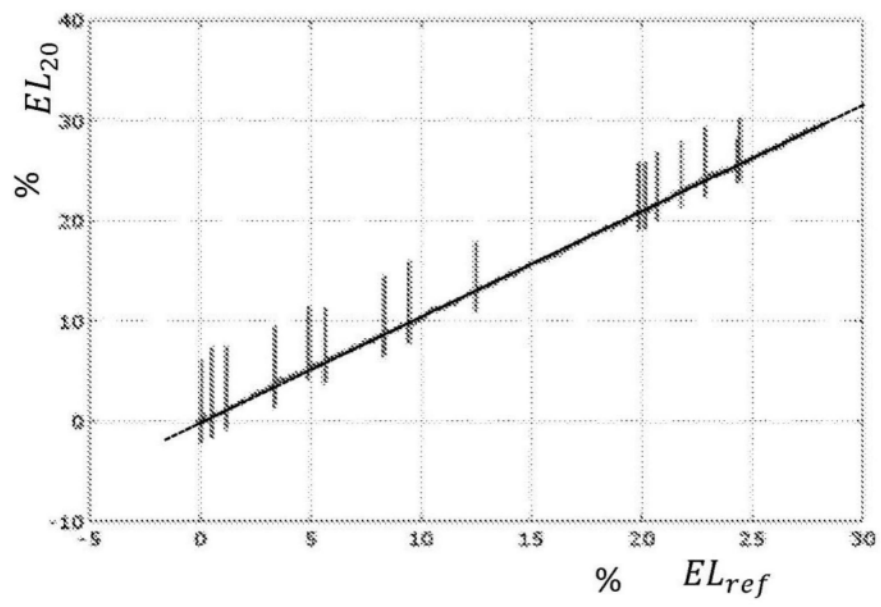


图2B

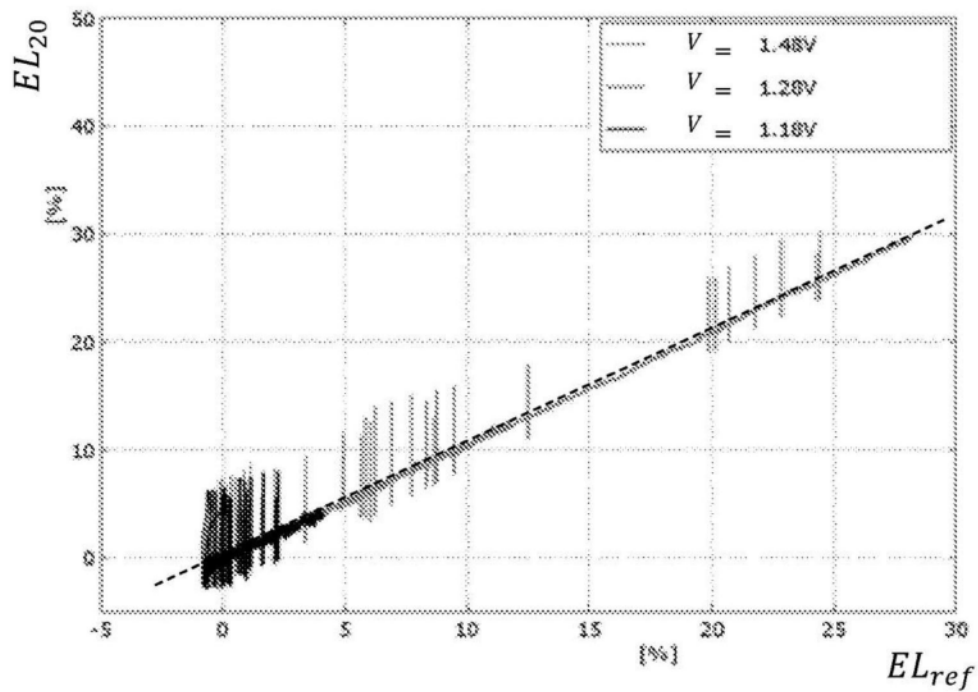


图2C

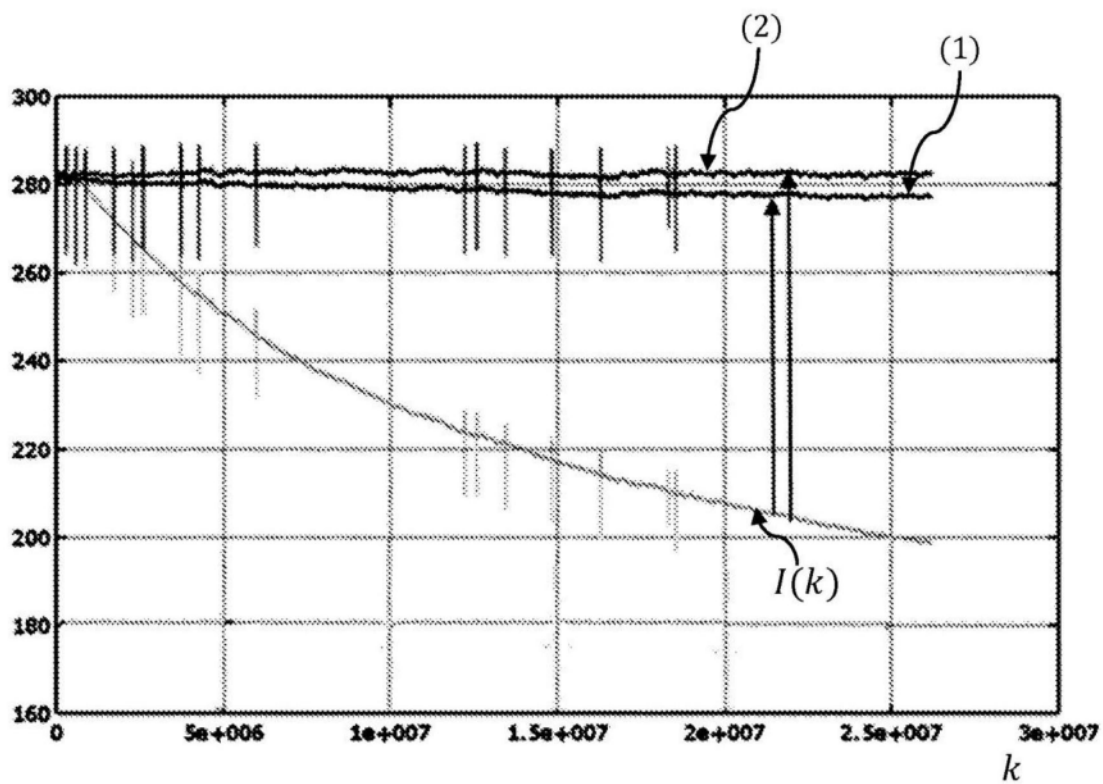


图3

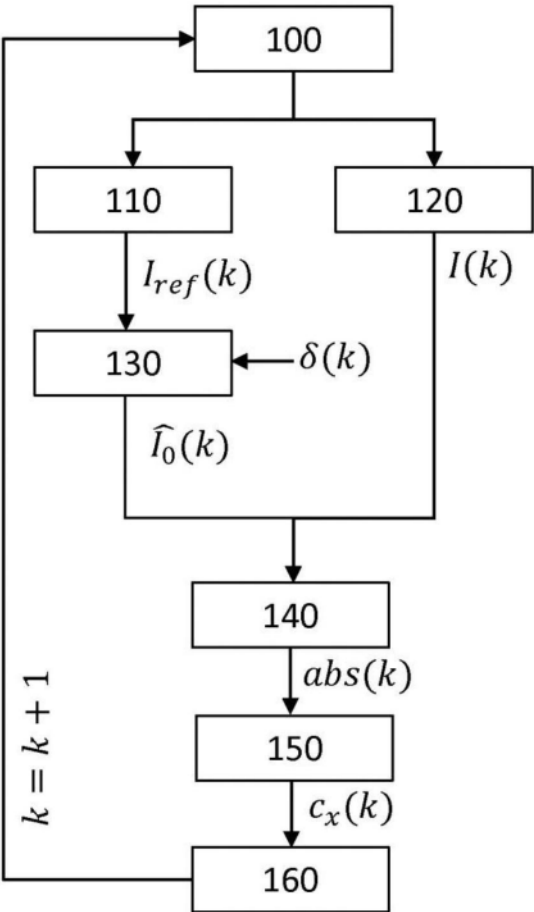


图4