



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103698298 A

(43) 申请公布日 2014. 04. 02

(21) 申请号 201310738166. 9

(22) 申请日 2013. 12. 29

(71) 申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

(72) 发明人 娄秀涛 董永康 武东城

哈斯乌力吉 吕志伟

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事

务所 23109

代理人 张宏威

(51) Int. Cl.

G01N 21/39 (2006. 01)

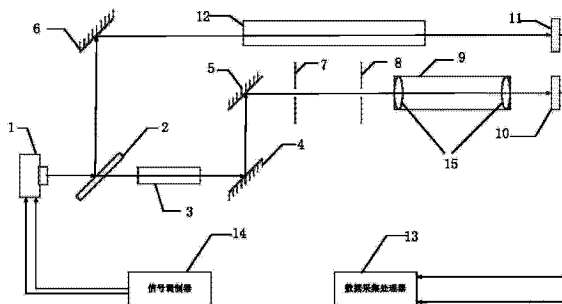
权利要求书3页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置及采用该装置测量气体浓度的方法

(57) 摘要

基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置及采用该装置测量气体浓度的方法, 涉及激光吸收光谱领域, 具体涉及一种用于气体浓度高灵敏测量装置和方法。本发明是为了解决现有的腔增强 TDLAS 技术中出现的稳定性差、成本高和体积大的问题。经过信号调制器调制的多模激光器发出的激光, 经过分光镜分成两束, 一束激光经过参考气池后被参考探测器接收, 另外一束激光穿过光隔离器、前置光阑、后置光阑以及两端均设置有高反射镜的高反射腔样品池后由样品探测器接收, 两路探测器信号均输入到数据采集处理器进行分析处理, 最后得到待测气体的浓度。本发明适用于测量痕量气体浓度。



1. 基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置,其特征在于,该装置包括多模激光器(1)、分光镜(2)、光隔离器(3)、一号反光镜(4)、二号反光镜(5)、三号反光镜(6)、前置光阑(7)、后置光阑(8)、高反射腔样品池(9)、样品光路探测器(10)、参考光路探测器(11)、参考光路参考池(12)、数据采集处理器(13)和信号调制器(14);

信号调制器(14)发射温度调制信号至多模激光器(1)的温度接收端,同时信号调制器(14)发射电流调制信号至多模激光器(1)的电流接收端,多模激光器(1)发射一束光束至分光镜(2),分光镜(2)将所述光束分为两束,经该分光镜(2)反射的光为参考光,经该分光镜(2)透射的光为样品光,所述参考光经入射至三号反光镜(6),经该三号分光镜(6)反射后的光束发送至参考光路参考池(12)的光输入端,经该参考光路参考池(12)输出的参考光束入射至参考光路探测器(11)的光信号输入端;参考光路探测器(11)的电信号输出端连接至数据采集处理器(13)的参考光信号输入端;

样品光入射至光隔离器(3),经该光隔离器(3)输出至一号反光镜(4),经该一号反光镜(4)反射后发送至二号反光镜(5),经二号反光镜(5)反射后的反射光依次穿过前置光阑(7)和后置光阑(8)的中央缝隙后,入射至高反射腔样品池(9),该高反射腔样品池(9)输出的光束入射至样品光路探测器(10)的光输入端,该样品光路探测器(10)的电信号输出端连接至数据采集处理器(13)的样品光信号输入端。

2. 根据权利要求1所述的基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置,其特征在于,高反射腔样品池(9)的两端分别设置有一个高反镜,两个高反镜之间的距离为0cm~10cm之间可调;两个高反镜的反射率在0.99与1之间,且所述两个高反镜的反射率相同,两个高反镜的曲率半径范围为10cm~50cm,且两个高反镜的曲率半径相同。

3. 根据权利要求1所述的基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置,其特征在于,

前置光阑(7)的直径小于3mm,后置光阑(8)的直径小于3mm,且所述前置光阑(7)的直径与所述后置光阑(8)的直径相等。

4. 采用权利要求1所述的基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置测量气体浓度的方法,其特征在于,

采用基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置测量气体浓度的方法包括以下步骤:

步骤一、将浓度为 N_r 的参考气体充入参考光路参考池(12)中,将浓度为 N_s 的待测气体充入高反射腔样品池(9)中;

步骤二、信号调制器(14)发送温度调制信号至多模激光器(1)的温度接收端,信号调制器(14)同时发射电流调制信号至多模激光器(1)的电流接收端,多模激光器(1)根据温度调制信号对多模激光器进行温度调制,多模激光器(1)根据电流调制信号对多模激光器的激光光束进行电流调制,然后多模激光器(1)发射一束光束;

步骤三、参考光路探测器(11)接收穿过参考光路参考池(12)的参考光,样品光路探测器(10)接收穿过高反射腔样品池(9)的样品光;

步骤四、参考光路探测器(11)将接收到的参考光转化为参考光电信号并发送至数据采集处理器(13)的参考信号输入端,样品光路探测器(10)将接收到的样品光转化为样品光电信号并发送至数据采集处理器(13)的样品信号输入端;数据采集处理器(13)对参考光

电信号和样品光信号进行采集及分析,从而获得待测气体浓度。

5. 根据权利要求4所述的采用基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置测量气体浓度的方法,其特征在于,

步骤二中所所述的多模激光器(1)根据电流调制信号对多模激光器的激光光束进行电流调制,该电流调制分为两个环节,第一步在多模激光器的激光光束上叠加低频锯齿波;第二步在完成叠加低频锯齿波的激光光束上叠加高频的正弦波,多模激光器经过电流调制后,使多模激光器的电流维持在 $I_{th}(1+10\%) \sim I_{max}(1-10\%)$ 之间,其中 I_{th} 为多模激光器的工作阈值电流, I_{max} 为多模激光器的工作最大电流。

6. 根据权利要求4所述的采用基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置测量气体浓度的方法,其特征在于,

多模激光器(1)根据温度调制信号对多模激光器进行温度调制,在该温度调制过程中,信号调制器(14)输出的温度调制信号的温度范围为 $10^\circ \sim 40^\circ$ 。

7. 根据权利要求2或4所述的采用基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置测量气体浓度的方法,其特征在于,

步骤四所述的数据采集处理器(13)对参考光电信号和样品光信号进行采集及分析,从而获得待测气体浓度的方法如下:

步骤 C1、获得样品光在高反射腔样品池(9)内的有效光程;

所述样品光在高反射腔样品池(9)内部的两个高反镜之间来回反射 N 次, N 为大于 1 的正整数, $N = \frac{1}{1-R}$,

根据公式(1-1)计算样品光在高反射腔样品池(9)内的有效光程:

$$l_s = N \times l_0 = \frac{l_0}{1-R} \quad (1-1)$$

式中, l_0 为高反射腔样品池两端高反镜间的物理距离, R 为高反镜的反射率;

步骤 C2、根据公式(1-2)计算待测气体浓度 N_s ,

$$N_s = \left(\frac{H_s / I_{0s}}{H_r / I_{0r}} N_r I_r \right) / I_s \quad (1-2)$$

式中, H_s 为样品光束的吸收信号强度, I_{0s} 样品光入射到高反射腔样品池(9)的初始光强, N_r 为参考气体浓度, l_r 为参考光束通过参考光路参考池(12)的光学长度, H_r 为参考光束的吸收信号强度, I_{0r} 为参考光入射到参考光路参考池(12)的初始光强。

8. 根据权利要求7所述的采用基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置测量气体浓度的方法,其特征在于,

步骤 C1 中高反镜的反射率 R 的获取方法为:

步骤 E1、固定参考光路气体池(12)的腔长为 l_r ,并在参考光路气体池中充入已知浓度为 N_r 的参考气体;

步骤 E2、向高反射腔样品池(9)中充入样品气体,样品气体的浓度 N_s 范围为 1ppm ~ 2000ppm;

步骤 E3、调节高反射腔样品池的腔长 l_0 ;使得样品光路吸收信号和参考光路吸收信号幅值相等;

步骤 E4、然后通过公式 $R=1-\frac{N_e I_0}{N_r I_r}$ 标定出腔镜的反射率 R 的大小。

基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置及采用 该装置测量气体浓度的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及激光吸收光谱领域,具体涉及一种用于气体浓度高灵敏测量装置和方法。

背景技术

[0002] 在当前光谱学测量气体浓度的方法中,以吸收光谱技术为主流,因为其存在可用作参考的无吸收背底信号,所以相比于荧光光谱和光声光谱等其他技术来说,在实际应用中可以做到更好的定量检测。在痕量气体检测领域,最常用的吸收光谱技术包括紫外-可见波段的差分光学吸收光谱学 DOAS、差分吸收激光雷达 DIAL、傅里叶变换光谱 FTIR 和可调谐半导体激光吸收光谱 TDLAS 等。相比于其它吸收光谱技术, TDLAS 技术由于采用了半导体激光光源而具有波长易调谐、体积小、能耗低等优点。然而 TDLAS 技术在实际应用中仍然面临两个主要问题:1、激光输出波长对激光工作电流和温度的变化敏感,在复杂工业环境中难以保证长期测量的准确性;2、除了通信波段 1550nm 附近的其它可见光波段和红外波段的单纵模激光成本较高。此外,为了实现痕量气体测量,一个常用的直接方法是增加光通过被测气体的光程长度,从而产生更强的吸收来达到提高信噪比的目的。目前最佳的光程延长技术是高反射腔增强法,但该技术为了保证吸收光谱的分辨率,往往采用长达几十厘米的反射腔。大的腔体大大抵消了 TDLAS 技术小型化的优势,同时也减缓了系统的气体测量响应时间。

发明内容

[0003] 本发明是为了解决现有的腔增强 TDLAS 技术中出现的稳定性差、成本高和体积大的问题,现提供一种基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置及采用该装置测量气体浓度的方法。

[0004] 基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置,该装置包括多模激光器、分光镜、光隔离器、一号反光镜、二号反光镜、三号反光镜、前置光阑、后置光阑、高反射腔样品池、样品光路探测器、参考光路探测器、参考光路参考池、数据采集处理器和信号调制器;

[0005] 信号调制器发射温度调制信号至多模激光器的温度接收端,同时信号调制器发射电流调制信号至多模激光器的电流接收端,多模激光器发射一束光束至分光镜,分光镜将所述光束分为两束,经该分光镜反射的光为参考光,经该分光镜透射的光为样品光,所述参考光经入射至三号反光镜,经该三号分光镜反射后的光束发送至参考光路参考池的光输入端,经该参考光路参考池输出的参考光束入射至参考光路探测器的光信号输入端;参考光路探测器的电信号输出端连接至数据采集处理器的参考光信号输入端;

[0006] 样品光入射至光隔离器,经该光隔离器输出至一号反光镜,经该一号反光镜 4 反射后发送至二号反光镜,经二号反光镜反射后的反射光依次穿过前置光阑和后置光阑的中央缝隙后,入射至高反射腔样品池,该高反射腔样品池 9 输出的光束入射至样品光路探测

器的光输入端,该样品光路探测器的电信号输出端连接至数据采集处理器的样品光信号输入端。

[0007] 高反射腔样品池的两端分别设置有一个高反镜,两个高反镜之间的距离为 0cm ~ 10cm 之间可调;两个高反镜的反射率在 0.99 与 1 之间,且所述两个高反镜的反射率相同,两个高反镜的曲率半径范围为 10cm ~ 50cm,且两个高反镜的曲率半径相同。

[0008] 前置光阑的直径小于 3mm,后置光阑的直径小于 3mm,且所述前置光阑的直径与所述后置光阑的直径相等。

[0009] 采用基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置测量气体浓度的方法包括以下步骤:

[0010] 步骤一、将浓度为 N_r 的参考气体充入参考光路参考池中,将浓度为 N_s 的待测气体充入高反射腔样品池中;

[0011] 步骤二、信号调制器发送温度调制信号至多模激光器的温度接收端,信号调制器同时发射电流调制信号至多模激光器的电流接收端,多模激光器根据温度调制信号对多模激光器进行温度调制,多模激光器根据电流调制信号对多模激光器的激光光束进行电流调制,然后多模激光器发射一束光束;

[0012] 步骤三、参考光路探测器接收穿过参考光路参考池的参考光,样品光路探测器接收穿过高反射腔样品池的样品光;

[0013] 步骤四、参考光路探测器将接收到的参考光转化为参考光电信号并发送至数据采集处理器的参考信号输入端,样品光路探测器将接收到的样品光转化为样品光电信号并发送至数据采集处理器的样品信号输入端;数据采集处理器对参考光电信号和样品光信号进行采集及分析,从而获得待测气体浓度。

[0014] 步骤二中所述的多模激光器根据电流调制信号对多模激光器的激光光束进行电流调制,该电流调制分为两个环节,第一步在多模激光器的激光光束上叠加低频锯齿波;第二步在完成叠加低频锯齿波的激光光束上叠加高频的正弦波,多模激光器经过电流调制后,使多模激光器的电流维持在 $I_{th}(1+10\%) \sim I_{max}(1-10\%)$ 之间,其中 I_{th} 为多模激光器的工作阈值电流, I_{max} 为多模激光器的工作最大电流。

[0015] 多模激光器根据温度调制信号对多模激光器进行温度调制,在该温度调制过程中,信号调制器输出的温度调制信号的温度范围为 $10^\circ \sim 40^\circ$ 。

[0016] 步骤四所述的数据采集处理器对参考光电信号和样品光信号进行采集及分析,从而获得待测气体浓度的方法如下:

[0017] 步骤 C1、获得样品光在高反射腔样品池内的有效光程;

[0018] 所述样品光在高反射腔样品池内部的两个高反镜之间来回反射 N 次, N 为大于 1 的

正整数, $N = \frac{1}{1-R}$,

[0019] 根据公式(1-1)计算样品光在高反射腔样品池内的有效光程:

$$[0020] \quad l_s = N \times l_0 = \frac{l_0}{1-R} \quad (1-1)$$

[0021] 式中, l_0 为高反射腔样品池两端高反镜间的物理距离, R 为高反镜的反射率;

[0022] 步骤 C2、根据公式(1-2)计算待测气体浓度 N_s ,

$$[0023] \quad N_s = \left(\frac{H_s / I_{0s}}{H_r / I_{0r}} N_r I_r \right) / I_s \quad (1-2)$$

[0024] 式中, H_s 为样品光束的吸收信号强度, I_{0s} 样品光入射到高反射腔样品池的初始光强, N_r 为参考气体浓度, I_r 为参考光束通过参考光路参考池的光学长度, H_r 为参考光束的吸收信号强度, I_{0r} 为参考光入射到参考光路参考池的初始光强。

[0025] 步骤 C1 中高反镜的反射率 R 的获取方法为:

[0026] 步骤 E1、固定参考光路气体池的腔长为 l_r , 并在参考光路气体池中充入已知浓度为 N_r 的参考气体;

[0027] 步骤 E2、向高反射腔样品池中充入样品气体, 样品气体的浓度 N_s 范围为 1ppm ~ 2000ppm;

[0028] 步骤 E3、调节高反射腔样品池的腔长 l_0 ; 使得样品光路吸收信号和参考光路吸收信号幅值相等;

[0029] 步骤 E4、然后通过公式 $R = 1 - \frac{N_s I_0}{N_r I_r}$ 标定出腔镜的反射率 R 的大小。

[0030] 本发明所述的基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置及采用该装置测量气体浓度的方法, 多模激光器的波长由数据采集处理器产生的调制信号调制, 发出的激光经过分光镜分成两束, 一束激光经过参考气池后被参考探测器接收, 另外一束激光通过光隔离器后, 再通过前置光阑和后置光阑后由样品探测器接收, 两路探测器信号均输入到数据采集处理器处理分析。采用基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置测量气体浓度的方法: 首先给高反射腔样品池充入待测浓度气体, 给参考光路参考池充入已知浓度的气体, 然后信号调制器对激光器的工作温度和电流实施同步扫描, 将调制信号扫描范围中心锁定在信号幅值最大, 再根据高反射腔理论公式计算样品池的有效光程; 最后根据参考光路的长度、已知气体浓度求得待测气体的浓度。

[0031] 本发明所述的基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置及采用该装置测量气体浓度的方法稳定性高、结构简单, 相比现有的腔增强 TDLAS 技术稳定性提高了 50%, 且本发明采用多模激光器, 成本低, 相比现有的采用腔增强 TDLAS 技术的气体检测装置, 成本降低了 20%, 而且本发明的装置体积小, 相比现有的采用腔增强 TDLAS 技术的气体检测装置, 体积减小了 30%。

附图说明

[0032] 图 1 为具体实施方式一所述的基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置的结构示意图;

[0033] 图 2 为具体实施方式四中采用基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置测量气体浓度的方法的流程图;

[0034] 图 3 为具体实施方式七中所述的获得待测气体浓度的方法的流程图;

[0035] 图 4 为具体实施方式八中所述的步骤 C1 中高反镜的反射率 R 的获取方法的流程图;

[0036] 图 5 为具体实施方式八和具体实施方式九中步骤 E3 中所述的使得样品光路吸收

信号和参考光路吸收信号幅值相等后的吸收信号示意图。

具体实施方式

[0037] 具体实施方式一：参照图 1 具体说明本实施方式，本实施方式所述的基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置，该装置包括多模激光器 1、分光镜 2、光隔离器 3、一号反光镜 4、二号反光镜 5、三号反光镜 6、前置光阑 7、后置光阑 8、高反射腔样品池 9、样品光路探测器 10、参考光路探测器 11、参考光路参考池 12、数据采集处理器 13 和信号调制器 14；

[0038] 信号调制器 14 发射温度调制信号至多模激光器 1 的温度接收端，同时信号调制器 14 发射电流调制信号至多模激光器 1 的电流接收端，多模激光器 1 发射一束光束至分光镜 2，分光镜 2 将所述光束分为两束，经该分光镜 2 反射的光为参考光，经该分光镜 2 透射的光为样品光，所述参考光经入射至三号反光镜 6，经该三号分光镜 6 反射后的光束发送至参考光路参考池 12 的光输入端，经该参考光路参考池 12 输出的参考光束入射至参考光路探测器 11 的光信号输入端；参考光路探测器 11 的电信号输出端连接至数据采集处理器 13 的参考光信号输入端；

[0039] 样品光入射至光隔离器 3，经该光隔离器 3 输出至一号反光镜 4，经该一号反光镜 4 反射后发送至二号反光镜 5，经二号反光镜 5 反射后的反射光依次穿过前置光阑 7 和后置光阑 8 的中央缝隙后，入射至高反射腔样品池 9，该高反射腔样品池 9 输出的光束入射至样品光路探测器 10 的光输入端，该样品光路探测器 10 的电信号输出端连接至数据采集处理器 13 的样品光信号输入端。

[0040] 具体实施方式二：本实施方式是对具体实施方式一所述的基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置作进一步说明，本实施方式中，高反射腔样品池 9 的两端分别设置有一个高反镜，两个高反镜之间的距离为 0cm ~ 10cm 之间可调；两个高反镜的反射率在 0.99 与 1 之间，且所述两个高反镜的反射率相同，两个高反镜的曲率半径范围为 10cm~50cm，且两个高反镜的曲率半径相同。

[0041] 由于高反射腔样品池 9 的两端分别设置有一个高反镜，且两个高反镜之间的距离为 0cm~10cm 之间可调，因此高反射腔样品池 9 的腔长是可调节的，是通过高反射腔样品池两端的高反镜来调节的。

[0042] 具体实施方式三：本实施方式是对具体实施方式一所述的基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置作进一步说明，本实施方式中，前置光阑 7 的直径小于 3mm，后置光阑 8 的直径小于 3mm，且所述前置光阑 7 的直径与所述后置光阑 8 的直径相等。

[0043] 具体实施方式四：参照图 2 具体说明本实施方式，本实施方式所述的是采用具体实施方式一所述的基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置测量气体浓度的方法，采用基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置测量气体浓度的方法包括以下步骤：

[0044] 步骤一、将浓度为 N_r 的参考气体充入参考光路参考池 12 中，将浓度为 N_s 的待测气体充入高反射腔样品池 9 中；

[0045] 步骤二、信号调制器 14 发送温度调制信号至多模激光器 1 的温度接收端，信号调制器 14 同时发射电流调制信号至多模激光器 1 的电流接收端，多模激光器 1 根据温度调制

信号对多模激光器进行温度调制,多模激光器 1 根据电流调制信号对多模激光器的激光光束进行电流调制,然后多模激光器 1 发射一束光束;

[0046] 步骤三、参考光路探测器 11 接收穿过参考光路参考池 12 的参考光,样品光路探测器 10 接收穿过高反射腔样品池 9 的样品光;

[0047] 步骤四、参考光路探测器 11 将接收到的参考光转化为参考光电信号并发送至数据采集处理器 13 的参考信号输入端,样品光路探测器 10 将接收到的样品光转化为样品光电信号并发送至数据采集处理器 13 的样品信号输入端;数据采集处理器 13 对参考光电信号和样品光信号进行采集及分析,从而获得待测气体浓度。

[0048] 具体实施方式五:本实施方式是对具体实施方式四所述的采用基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置测量气体浓度的方法作进一步说明,本实施方式中,步骤二中所述的多模激光器 1 根据电流调制信号对多模激光器的激光光束进行电流调制,该电流调制分为两个环节,第一步在多模激光器的激光光束上叠加低频锯齿波;第二步在完成叠加低频锯齿波的激光光束上叠加高频的正弦波,多模激光器经过电流调制后,使多模激光器的电流维持在 $I_{th}(1+10\%) \sim I_{max}(1-10\%)$ 之间,其中 I_{th} 为多模激光器的工作阈值电流, I_{max} 为多模激光器的工作最大电流。

[0049] 具体实施方式六、本实施方式是对具体实施方式四所述的采用基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置测量气体浓度的方法作进一步说明,本实施方式中,多模激光器 1 根据温度调制信号对多模激光器进行温度调制,在该温度调制过程中,信号调制器 14 输出的温度调制信号的温度范围为 $10^\circ \sim 40^\circ$ 。

[0050] 具体实施方式七:本实施方式是对具体实施方式二或四所述的采用基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置测量气体浓度的方法作进一步说明,参照图 3 具体说明本实施方式,本实施方式中,步骤四所述的数据采集处理器 13 对参考光电信号和样品光信号进行采集及分析,从而获得待测气体浓度的方法如下:

[0051] 步骤 C1、获得样品光在高反射腔样品池 9 内的有效光程;

[0052] 所述样品光在高反射腔样品池 9 内部的两个高反镜之间来回反射 N 次, N 为大于 1 的正整数, $N = \frac{1}{1-R}$,

[0053] 根据公式(1-1)计算样品光在高反射腔样品池 9 内的有效光程:

$$[0054] \quad l_s = N \times l_0 = \frac{l_0}{1-R} \quad (1-1)$$

[0055] 式中, l_0 为高反射腔样品池两端高反镜间的物理距离, R 为高反镜的反射率;

[0056] 步骤 C2、根据公式(1-2)计算待测气体浓度 N_s ,

$$[0057] \quad N_s = \left(\frac{H_s / I_{0s}}{H_r / I_{0r}} N_r l_r \right) / l_s \quad (1-2)$$

[0058] 式中, H_s 为样品光束的吸收信号强度, I_{0s} 样品光入射到高反射腔样品池 9 的初始光强, N_r 为参考气体浓度, l_r 为参考光束通过参考光路参考池 12 的光学长度, H_r 为参考光束的吸收信号强度, I_{0r} 为参考光入射到参考光路参考池 12 的初始光强。

[0059] 具体实施方式八:本实施方式是对具体实施方式七所述的采用基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置测量气体浓度的方法作进一步说明,参照图 4 具体说明本

实施方式,本实施方式中,步骤 C1 中高反射镜的反射率 R 的获取方法为:

[0060] 步骤 E1、固定参考光路气体池 12 的腔长为 l_r ,并在参考光路气体池中充入已知浓度为 N_r 的参考气体;

[0061] 步骤 E2、向高反射腔样品池 9 中充入样品气体,样品气体的浓度 N_e 范围为 1ppm ~ 2000ppm;

[0062] 步骤 E3、调节高反射腔样品池的腔长 l_0 ;使得样品光路吸收信号和参考光路吸收信号幅值相等;

[0063] 步骤 E4、然后通过公式 $R = 1 - \frac{N_e I_0}{N_r I_r}$ 标定出腔镜的反射率 R 的大小。

[0064] 具体实施方式九:参照图 1、图 2、图 3、图 4 和图 5 具体说明本实施方式,本实施方式是结合具体实施方式四至具体实施方式八的一个实施例,具体说明采用基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置测量气体浓度的方法:

[0065] 步骤 B1、设置高反射腔样品池的腔长为 5cm,设置参考光路参考池的腔长为 10cm。

[0066] 步骤 B2、将浓度为 20% 的参考气体 CO₂ 充入参考光路参考池 12 中,将待测气体充入高反射腔样品池 9 中;

[0067] 步骤 B3、信号调制器 14 发送温度调制信号至多模激光器 1 的温度接收端,信号调制器 14 同时发射电流调制信号至多模激光器 1 的电流接收端,多模激光器 1 根据温度调制信号对多模激光器进行温度调制,多模激光器 1 根据电流调制信号对多模激光器的激光光束进行电流调制,然后多模激光器 1 发射一束光束。

[0068] 多模激光器发射的光束的波长 λ 为 1560nm~1590nm。

[0069] 根据待测气体的种类确定多模激光器发射的光束的波长取值范围,例如,当待测气体是氧气时, λ 的取值范围为 750nm ~ 780nm;当待测气体是二氧化碳时, λ 的取值范围为 1560nm~1590nm。

[0070] 所述的多模激光器 1 根据电流调制信号对多模激光器的激光光束进行电流调制,该电流调制分为两个环节,第一步在多模激光器的激光光束上叠加低频锯齿波;第二步在完成叠加低频锯齿波的激光光束上叠加高频的正弦波,多模激光器经过电流调制后,使多模激光器的电流维持在 $I_{th}(1+10\%) \sim I_{max}(1-10\%)$ 之间,其中 I_{th} 为多模激光器的工作阈值电流 30mA, I_{max} 为多模激光器的工作最大电流 60mA。

[0071] 多模激光器 1 根据温度调制信号对多模激光器进行温度调制,在该温度调制过程中,信号调制器 14 输出的温度调制信号的温度范围为 $10^\circ \sim 40^\circ$ 。

[0072] 也就是说多模激光器的温度范围在 $10^\circ \sim 40^\circ$ 之间。

[0073] 此时基于短腔腔增强关联光谱技术测量气体浓度的装置工作,工作过程为:多模激光器发射的光束经分光镜 2 分为两束光,经该分光镜 2 反射的光为参考光,经该分光镜 2 透射的光束为样品光,所述参考光入射至反光镜 6,经该三号反光镜 6 反射后的光束发送至参考光路参考池 12 的光输入端,经该参考光路参考池 12 输出的参考光束入射至参考光路探测器 11 的光信号输入端;

[0074] 样品光入射至光隔离器 3,经该光隔离器 3 输出至一号反光镜 4,经该一号反光镜 4 反射后发送至二号反光镜 5,经该二号反光镜 5 反射的反射光依次经前置光阑 7 和后置光阑 8 的中央缝隙后,入射至高反射腔样品池 9,该高反射腔样品池 9 输出的光束入射至样品

光路探测器 10 的输入端,。

[0075] 步骤 B4、参考光路探测器 11 将接收到的参考光转化为参考光电信号并发送至数据采集处理器 13 的参考信号输入端,样品光路探测器 10 将接收到的样品光转化为样品光电信号并发送至数据采集处理器 13 的样品信号输入端;数据采集处理器 13 对参考光电信号和样品光信号进行采集及分析,从而获得待测气体浓度。

[0076] 具体实施方式七和八的实施例,获得待测气体浓度的方法如下:

[0077] 步骤 C1、获得样品光束在高反射腔样品池 9 内的有效光程;

[0078] 所述样品光束在高反射腔样品池 9 内部的两个高反镜之间来回反射 N 次, N 为大于 1 的正整数, $N = \frac{1}{1-R}$;

[0079] 根据公式(1-1)计算样品光束在高反射腔样品池 9 内的有效光程:

$$[0080] \quad l_s = N \times l_0 = \frac{l_0}{1-R} \quad (1-1)$$

[0081] 式中, l_0 为样品池两端高反镜间的物理距离, R 为高反镜的反射率;

[0082] 高反镜的反射率 R 的获取方法:

[0083] 步骤 E1、固定参考光路气体池 12 的腔长为 l_r , $l_r=10\text{cm}$, 并在参考光路气体池中充入已知浓度为 $N_r=20\%$ 的参考气体,

[0084] 步骤 E2、向高反射腔样品池中充入样品气体, 样品气体的浓度 N_s 为 2000ppm;

[0085] 步骤 E3、调节高反射腔样品池的腔长 l_0 , $l_0=5\text{cm}$, 使得样品光路吸收信号和参考光路吸收信号幅值相等;

[0086] 步骤 E4、然后通过公式 $R = 1 - \frac{N_s I_0}{N_r I_r}$ 标定出腔镜的反射率 R 的大小为 99.5%。

[0087] 步骤 C2、根据公式(1-2)计算待测气体浓度 N_s ,

$$[0088] \quad N_s = \left(\frac{H_s / I_{0s}}{H_r / I_{0r}} N_r I_r \right) / I_s \quad (1-2)$$

[0089] 式中, H_s 为样品光束的吸收信号强度, I_{0s} 样品光入射到高反射腔样品池 9 的初始光强, N_r 为参考气体浓度, l_r 为参考光束通过参考光路参考池 12 的光学长度, H_r 为参考光束的吸收信号强度, I_{0r} 为参考光入射到参考光路参考池 12 的初始光强。

[0090] 测量气体浓度的方法小结:首先向样品池充入待测气体,向参考池充入已知浓度的气体,然后信号调制器对激光器的工作温度和电流实施同步扫描,再根据高反射腔理论公式计算样品池的有效光程;最后根据参考光路的长度、已知参考气体浓度求得待测气体的浓度。本发明采用了价格低廉的多模二极管激光器作为输出光源,结合高灵敏度的腔增强技术和高稳定的关联光谱技术,实现了对气体浓度的有效测量,非常适合于工业环境。

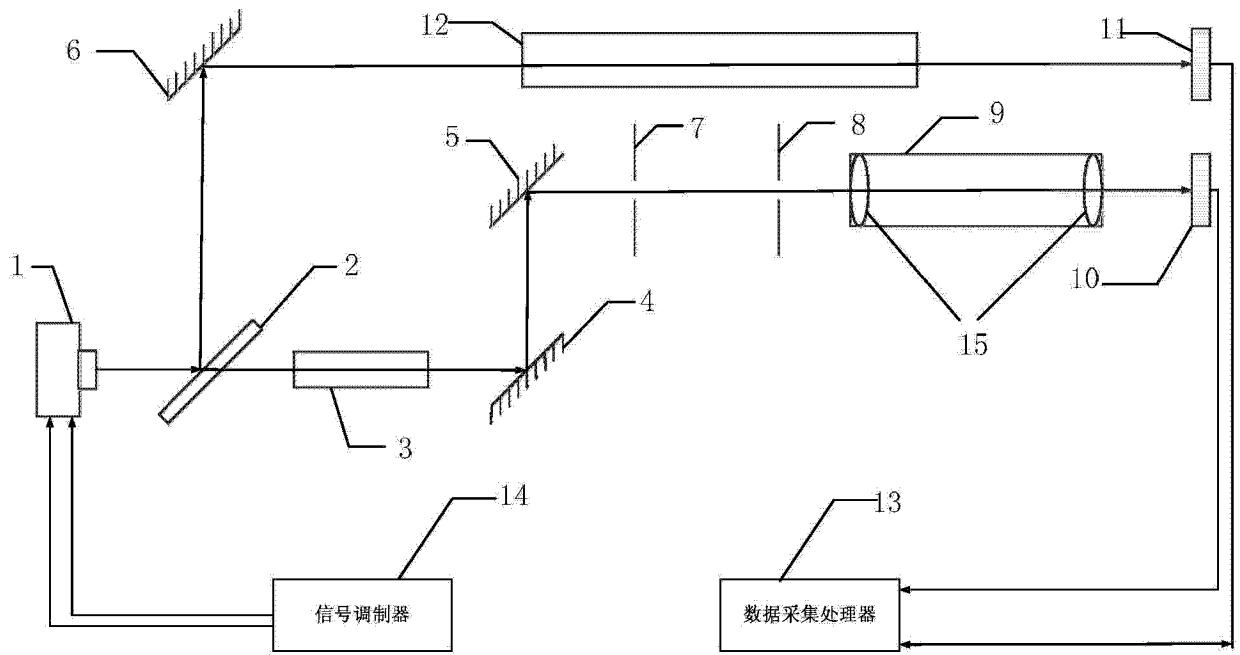


图 1

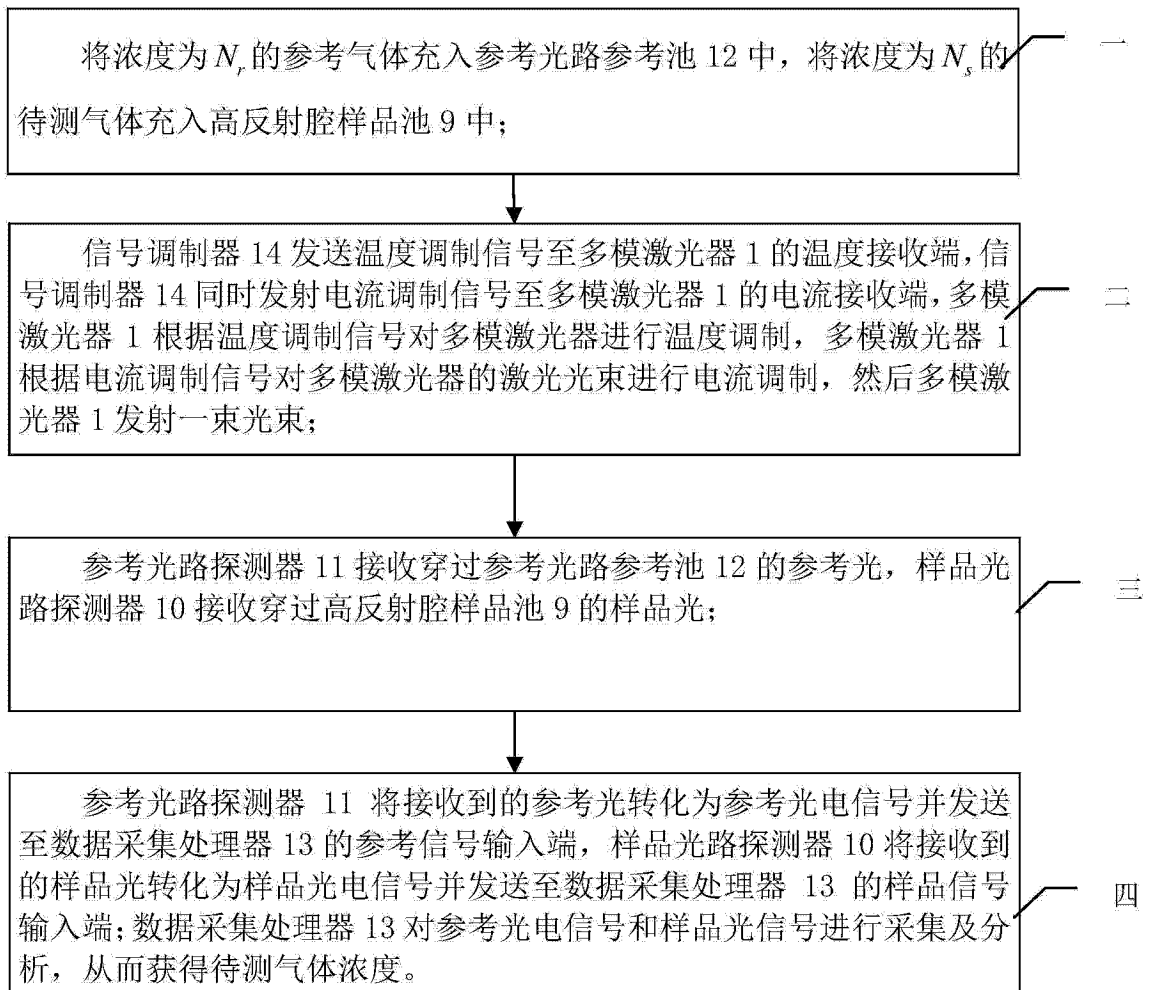


图 2

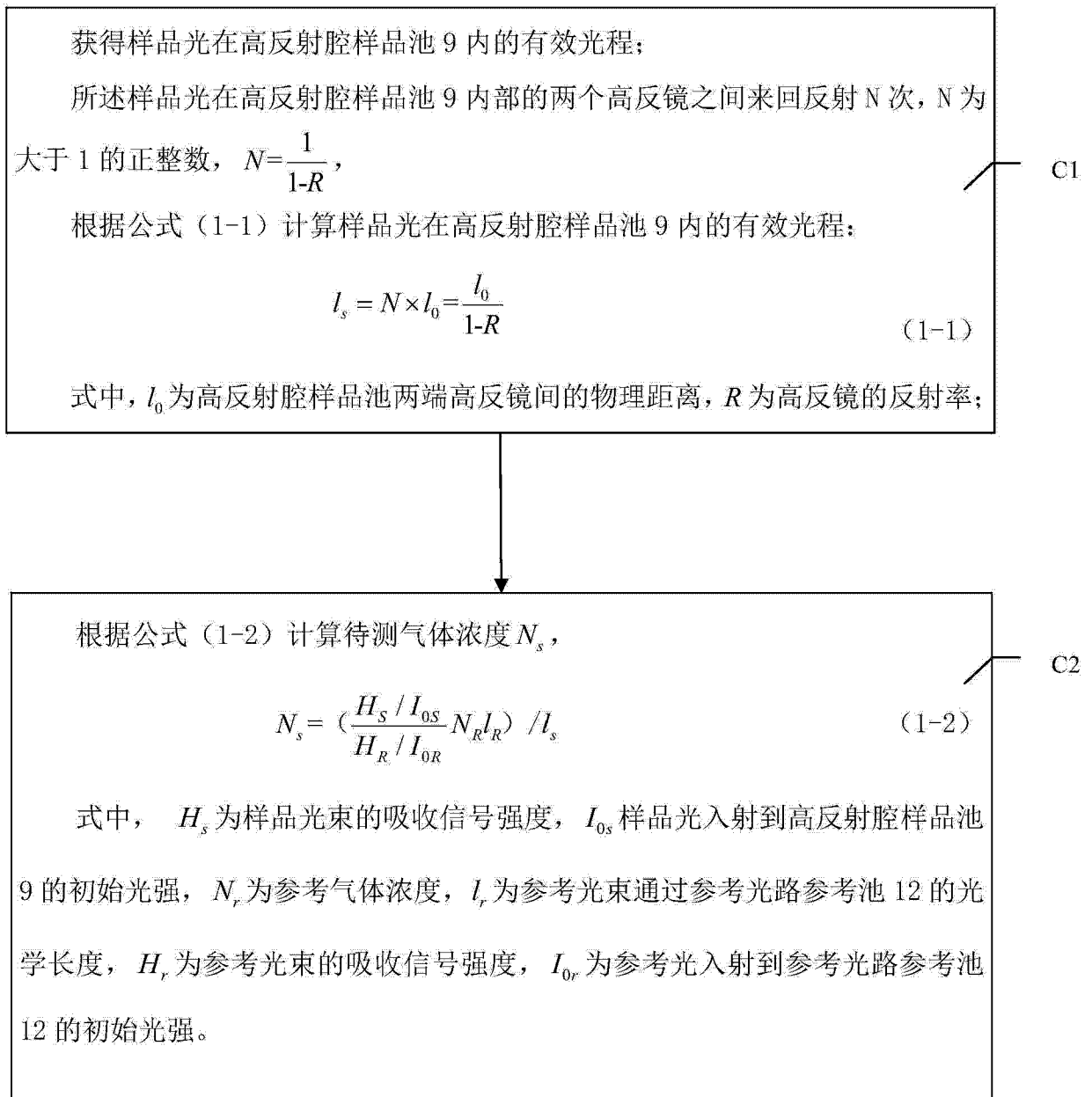


图 3

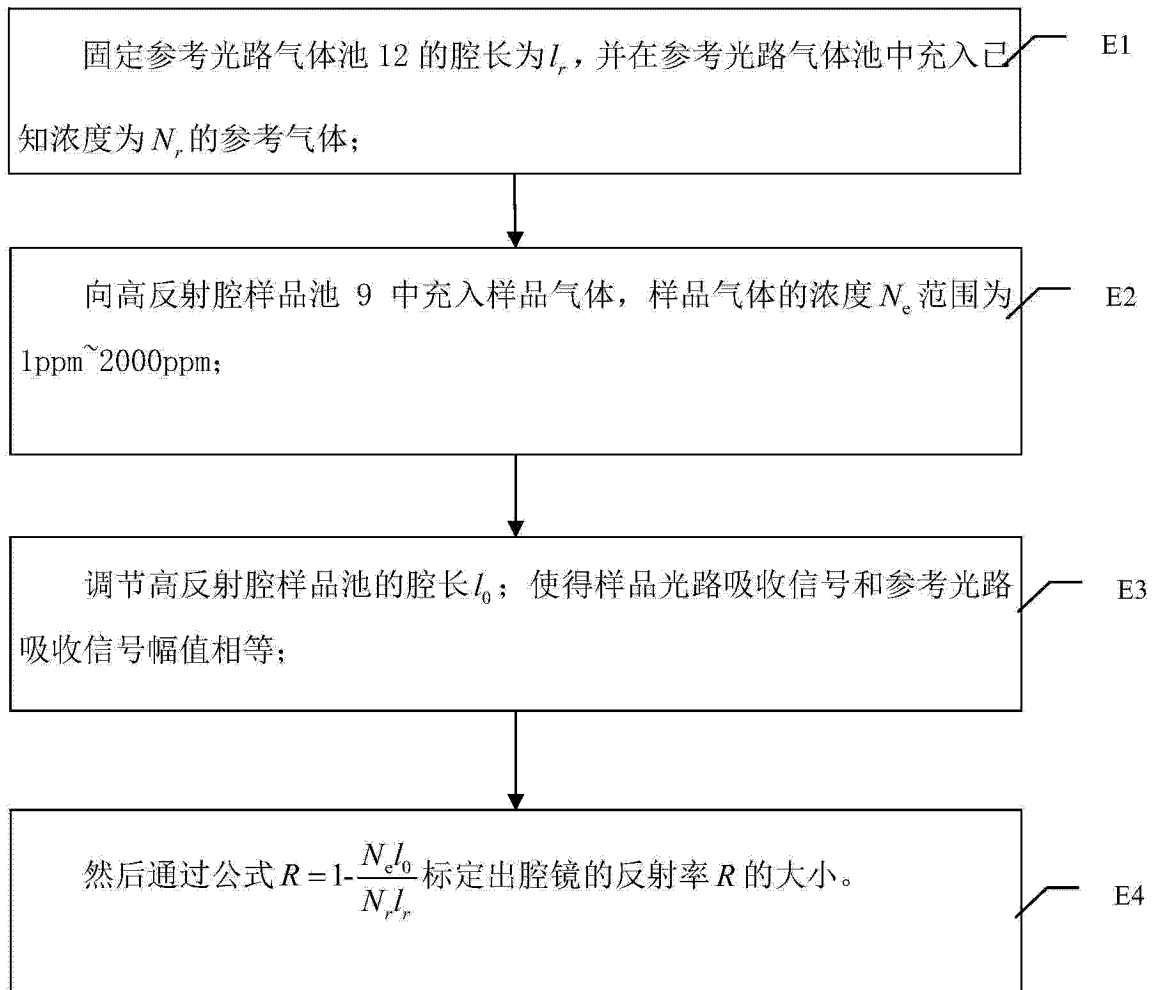


图 4

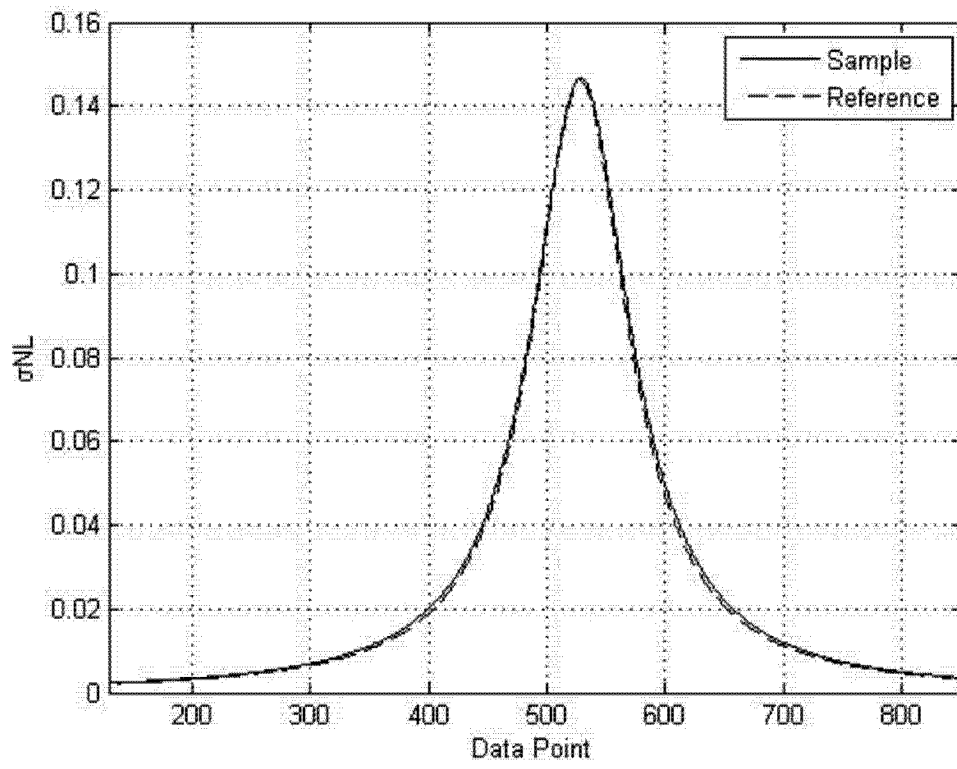


图 5