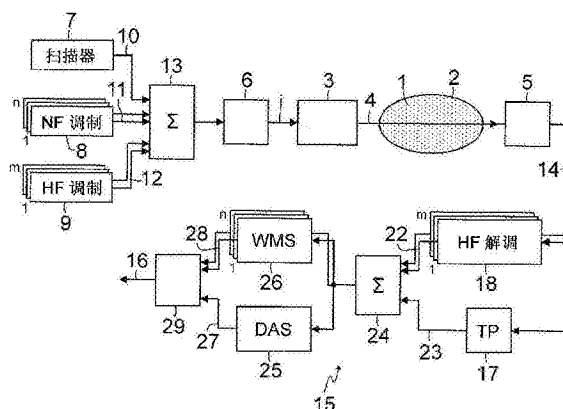




(45)授权公告日 2017.08.18

地址 德国慕尼黑

为了测量在测量气体(1)中的气体组分的浓度,利用电流(i)来控制能调谐波长的激光二极管(3)并且由激光二极管(3)产生的光线(4)穿过测量气体(1)引导到检测器(5)上。在此,该电流(i)以周期性彼此跟随的扫描间隔变化,从而基于波长地扫描气体组分的感兴趣的吸收谱线。电流(i)可以附加地在波长调制光谱学的意义上以小频率和小振幅正弦地调制。由检测器(5)产生的测量信号(14)被评估为测量结果(16)。为了改善测量信号噪音比并且在相同的测量路径上实现明显较低的指示极限,电流(i)以至少一个在GHz范围内的高(HF-)频率被调制,从而不发生波长调制。HF调制的振幅在使用激光二极管(3)的线性控制范围的情况下以最大的程度选择。测量信号(140)在其评估之前在至少一个高频的位置被解调。



1. 一种用于借助气体分析仪对测量气体 (1) 中的气体组分的浓度进行测量的方法, 其中

- 利用电流 (i) 控制能调谐波长的激光二极管 (3), 并且由所述激光二极管 (3) 产生的光线 (4) 穿过所述测量气体 (1) 被引导到检测器 (5) 上,

- 为了根据波长地扫描所述气体组分的感兴趣的吸收谱线, 所述电流 (i) 以周期性彼此跟随的扫描间隔变化,

- 所述电流 (i) 附加地以预设的频率和振幅正弦地调制, 并且

- 由所述检测器 (5) 产生的测量信号 (14) 在所述调制的频率中被解调, 并且在此时获得的解调的测量信号 (22) 被评估用于产生测量结果 (16),

其特征在于,

- 所述调制是高频调制, 并且根据所述激光二极管 (3) 的特性选择所述调制的频率, 使得不发生波长调制, 并且

- 选择所述调制的振幅, 使得所述调制的振幅实现所述激光二极管 (3) 的线性控制范围。

2. 根据权利要求1所述的方法, 其特征在于,

- 所述二极管 (3) 的所述电流 (i) 以至少一个另外的频率来调制, 该调制是高频调制, 所述另外的频率同样选择为, 使得不发生波长调制,

- 选择所述调制的振幅, 使得所述调制的振幅实现所述激光二极管 (3) 的线性控制范围,

- 由所述检测器 (5) 产生的所述测量信号 (14) 附加地在至少一个另外的调制的频率中被解调, 以及

- 所获得的解调的测量信号 (22) 或者单独地评估并且接下来集成所述测量结果 (16) 或者首先集合并接下来评估成所述测量结果 (16)。

3. 根据权利要求1或2所述的方法以直接吸收光谱学为基础。

4. 根据权利要求1或2所述的方法以波长调制光谱学为基础, 其中, 所述激光二极管 (3) 的所述电流 (i) 附加地以小振幅和至少一个附加的频率调制, 该调制是低频调制, 并且选择所述附加的频率使得发生波长调制。

5. 根据权利要求3所述的方法以波长调制光谱学为基础, 其中, 所述激光二极管 (3) 的所述电流 (i) 附加地以小振幅和至少一个附加的频率调制, 该调制是低频调制, 并且选择所述附加的频率使得发生波长调制。

6. 根据权利要求3所述的方法, 其特征在于, 基于直接吸收光谱学和波长调制光谱学, 测量同时在每个所述扫描间隔中或者交替地在彼此跟随的所述扫描间隔中进行, 并且测量的结果通过平均值形成运算成所述测量结果。

7. 根据权利要求5所述的方法, 其特征在于, 基于直接吸收光谱学和波长调制光谱学, 测量同时在每个所述扫描间隔中或者交替地在彼此跟随的所述扫描间隔中进行, 并且测量的结果通过平均值形成运算成所述测量结果。

8. 根据权利要求4所述的方法, 其特征在于, 在以多个附加的频率进行调制时, 这些所述频率以最低的附加频率的值的两倍彼此间隔, 并且对所述解调的测量信号的以波长调制光谱学为基础的评估在所述附加的频率二次谐波的位置处和所述附加的频率的和频与差

频中的至少一个频率的位置处实现。

9. 根据权利要求7所述的方法, 其特征在于, 在以多个附加的频率进行调制时, 这些所述频率以最低的附加频率的值的两倍彼此间隔, 并且对所述解调的测量信号的以波长调制光谱学为基础的评估在所述附加的频率二次谐波的位置处和所述附加的频率的和频与差频中的至少一个频率的位置处实现。

10. 一种用于测量在测量气体 (1) 中的气体组分的浓度的气体分析仪, 具有

- 能调谐波长的激光二极管 (3),
- 为所述激光二极管 (3) 输送电流 (i) 的电源 (6),
- 信号发生器 (7), 所述信号发生器控制所述电源 (6), 从而为了根据波长地扫描所述气体组分中的感兴趣的吸收谱线以周期性彼此跟随的扫描间隔来改变所述电流 (i),
- 调制装置 (9), 所述调制装置控制所述电源 (6), 从而以预设的频率和振幅来正弦地调制所述电流 (i),
- 部件, 所述部件引导所调制的光线 (4) 穿过所述测量气体 (1) 到达检测器 (5) 上, 以及
- 评估装置 (15, 15'), 所述评估装置在所述调制的频率中对由所述检测器 (5) 产生的测量信号 (14) 进行解调并且为了产生测量结果 (16) 而对在此时获得的解调的测量信号 (22) 进行评估,

其特征在于,

- 所述调制装置 (9) 设计用于以不发生波长调制的频率来执行所述调制, 以及
 - 所述调制装置 (9) 还设计用于以实现线性控制范围的振幅来执行所述调制。
11. 根据权利要求10所述的气体分析仪, 其特征在于,
- 所述调制装置 (9) 还设计用于以至少一个另外的频率来调制所述二极管 (3) 的所述电流 (i), 所述另外的频率同样选择成使得不发生波长调制,
 - 选择所述调制的振幅, 使得所述调制的振幅实现所述激光二极管 (3) 的所述线性控制范围,
 - 所述评估装置 (15, 15') 设计用于, 附加地在至少一个另外的调制的频率中解调由所述检测器 (5) 产生的所述测量信号 (14), 并且解调的测量信号 (22) 或者单独地评估且接下来集成所述测量结果 (16) 或者首先集合并接下来评估成所述测量结果 (16)。

12. 根据权利要求10或11所述的气体分析仪, 其特征在于, 所述评估装置 (15, 15') 构造用于基于直接吸收光谱学评估所述解调的测量信号 (22)。

13. 根据权利要求10或11所述的气体分析仪, 其特征在于,

- 存在低频 (NF) 调制 (8), 所述低频调制控制所述电源 (6), 从而以小振幅和至少一个附加的频率调制所述电流 (i), 所述附加的频率选择为, 使得发生波长调制, 以及
- 所述评估装置 (15, 15') 设计用于基于所述波长调制光谱学评估所述解调的测量信号 (14)。

14. 根据权利要求12所述的气体分析仪, 其特征在于,

- 存在低频 (NF) 调制 (8), 所述低频调制控制所述电源 (6), 从而以小振幅和至少一个附加的频率调制所述电流 (i), 所述附加的频率选择为, 使得发生波长调制, 以及
- 所述评估装置 (15, 15') 设计用于基于所述波长调制光谱学评估所述解调的测量信号 (14)。

测量气体的气体组分的浓度的测量方法和气体分析仪

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于借助气体分析仪对测量气体(1)中的气体组分的浓度进行测量的方法和用于测量在测量气体(1)中的气体组分的浓度的气体分析仪。

背景技术

[0002] 这种类型的方法和激光光谱仪的形式的这种类型的装置同样由

[0003] D1:US 7 969 576B1,

[0004] D2:R.Eichholz等:“Frequency modulation spectroscopy with a THz quantum-cascade laser”,Optics Express 21(26),32199(2013),

[0005] D3:US 6 351 309B1和

[0006] D4:H.C.Sun等:“combined wavelength and frequency modulation spectroscopy:a novel diagnostic tool for materials processing”,Applied Optics32(6),885-893(1993)所公开。

[0007] 激光光谱仪尤其用于在过程测量技术中的光学气体分析。在此,激光二极管产生红外范围内的光线,其沿着在处理设备或者气体单元中的测量路径穿过过程气体(测量气体)引导并且接下来被检测。光线的波长与相应待测量的气体组分的特定的吸收谱线协调一致,其中激光二极管周期性地根据波长地扫描吸收谱线。为此,激光二极管在彼此跟随的扫描间隔中以斜坡形的或者三角形的电流信号(注入电流)控制。

[0008] 在直接吸收光谱学(DAS)中,由检测器产生的测量信号直接被评估,其中待测量的气体组分的浓度直接地由在吸收谱线的位置处检测到的光线强度(吸收)的降低来确定。缺点是,该检测在极低的频率范围中实现,在该频率范围中气体分析仪的噪音(激光噪音,检测器噪音)以及来自测量路径的噪音(由涡流、颗粒引起)非常高。

[0009] 为了避免该问题,用于激光二极管的注入电流附加地以预设的频率和振幅正弦地调制。在波长调制光谱学(WMS)中,该调制以这样的频率实现,该频率比吸收谱线的半值宽度(FWHM=full Width at Half Maximum)小很多,通常在kHz范围中。调制振幅相比斜坡形或三角形的电流信号要小,但是另一方面却如此大,即激光光线的所产生的光谱上的调制振幅大于吸收谱线的半值宽度(FWHM=full Width at Half Maximum)。因为吸收谱线的轮廓不是线性的,因此在测量信号中产生更高等级的谐波。该测量信号通常在第n次谐波时,优选在二次谐波时通过相位敏感的锁定技术解调并且对于每个扫描间隔评估成测量结果。由于很小的调制振幅,第n次谐波的检测与直接测量信号的第n次导数直接成正比。对于洛伦茨形的吸收谱线的理想情况来说,例如2f测量信号在调制指数为2.2时是最大的(调制指数是光谱上的调制振幅与被扫描的吸收谱线的半值宽度的比例)。进一步评估可以例如通过在理想的情况中期待的且借助近似模型分析性地描述的解调测量信号(额定曲线)的走向与其实际的走向(实际曲线)的拟合(Curve-Fitting)来实现。因为近似模型的参数中的一个与气体组分的浓度成比例,因此作为评估的结果、并进而作为测量结果获得待测量的气体组分的浓度。

[0010] 在频率调制光谱学 (FMS) 的情况中,用于激光二极管的注入电流以非常高的频率来调制,该频率能与吸收谱线的半值宽度相类似或者大于该半值宽度并因此能够达到多个 10MHz 直至 GHz 的范围。HF 调制在激光二极管的发射频率的两侧产生边带,其与发射频率以整数倍的调制频率间隔开。调制指数比在 WMS 时的情况中更小地并如此小地选择,即仅仅调制的激光光线的两个第一边带具有显著的振幅。利用该边带检查吸收谱线。如已经在 WMS 的情况中一样,FMS 除了对波长的调制之外还导致对激光光线的强度的调制,其中,波长调制占主导地位并且振幅调制仅为测量信号作出很少的贡献。为 FMS 使用的激光二极管 (例如铅盐激光器,量子级联激光器) 因此必须在所谓的高频率时才能够进行波长调制并且检测器也必须具有极大的带宽。FM 光谱仪的组件和构造因此非常昂贵和复杂。为了能够使用具有很小带宽的检测器,在双调 FMS 的情况中,激光二极管在两个紧密彼此相邻的高频中被调制,检测在拍频 (Schwebungs-Frequenz) 中实现。

[0011] DAS, WMS 和 FMS 具有特定的优点和缺点。WMS 和 FMS 尤其在测量较小的浓度时是有优点的,因为其能够良好地过滤出测量信号中的噪音。但是,在较高的浓度时,对于测量信号的评估来说重要的近似值越来越不精确,由此使得测量失误上升。FMS 是非常昂贵和复杂的。在 DAS 中相反;由于较高的噪音敏感性,测量失误在较小的浓度时很高。但是因为不需要吸收谱线的近似描述,因此测量精度随着增加的浓度而变得更好,因为可用信号变得更强了。一旦在特别高的浓度时 (吸收饱和时) 该测量方法又变得不精确了。

[0012] 由上述的 US 7 969 576 B1 公开的方法或者气体分析仪以 WMS 为基础工作,其中除了测量信号的第 n 次谐波之外,还有其第一谐波,也就是调制的基础频率需要被评估,从而对测量结果进行标准化。

[0013] 用于气体组分的浓度测量的指示和确定频率通过噪音被限制,该噪音与测量信号重叠并且主要由气体分析仪的噪音 (激光器噪音,检测器噪音) 以及测量路径的噪音 (通过涡流,颗粒导致) 组成。测量路径越长,吸收和获得的测量信号就越大。如果要测量较小的浓度,那么就需要足够长的测量路径。

发明内容

[0014] 本发明的目的在于改善测量信号噪音比并且在相同的测量路径的情况下实现明显较低的指示限制。

[0015] 根据本发明,该目的通过一种用于借助气体分析仪对测量气体中的气体组分的浓度进行测量的方法来实现。其中

[0016] -利用电流控制能调谐波长的激光二极管,并且由激光二极管产生的光线穿过测量气体被引导到检测器上,

[0017] -为了根据波长地扫描气体组分的感兴趣的吸收谱线,电流以周期性彼此跟随的扫描间隔变化,

[0018] -电流附加地以预设的频率和振幅正弦地调制,并且

[0019] -由检测器产生的测量信号在调制的频率中被解调,并且在此时获得的解调的测量信号被评估用于产生测量结果。

[0020] 根据本发明,该目的还通过一种用于测量在测量气体中的气体组分的浓度的气体分析仪实现。其具有

[0021] -能调谐波长的激光二极管，

[0022] -为激光二极管输送电流的电源，

[0023] -信号发生器，信号发生器控制电源，从而为了根据波长地扫描气体组分中的感兴趣的吸收谱线以周期性彼此跟随的扫描间隔来改变电流，

[0024] -调制装置，调制装置控制电源，从而以预设的频率和振幅来正弦地调制电流，

[0025] -部件，部件引导所调制的光线穿过测量气体到达检测器上，以及

[0026] -评估装置，评估装置在调制的频率中对由检测器产生的测量信号进行解调并且为了产生测量结果而对在此时获得的解调的测量信号进行评估。

[0027] 相应于本发明，激光二极管以这样的频率调制，其根据激光二极管的特性如此高地选择，即与WMS和FMS不同的是不发生对所产生的光线的波长调制。光线的波长通过激光二极管内部的温度调节和改变，其中，该内部的温度又能够通过激光器电流的损失功率和通过环境温度来调节或者改变。因此，波长调制可以仅仅以低的调制频率、最大在kHz范围中的调制频率实现。在较高的频率时，相反仅仅调制光线的强度，但是不调制其波长。因此在当前获得的VCSE激光器的情况中，该波长调制在几个MHz的频率时停止(J.Chen等：“Experimental characterization of the frequency modulation behavior of vertical cavity surface emitting lasers”Applied Physics Letters 91,141105 (2007))。

[0028] 通过根据本发明的高频的(HF)调制，待评估的测量信号的基带被从通过气体分析仪和测量路径的噪音干扰的靠近DC的频率范围中复制到高频范围中，在该范围中这些干扰不再存在。在HF调制的频率中解调的测量信号因此获得与来自激光二极管的常规控制的、在不使用根据本发明的HF调制时产生的测量信号的情况中一样的分析信息(可用信息)，并进而取决于，是否为了根据波长地扫描感兴趣的吸收谱线和为了基于直接吸收光谱学(DAS)评估信号的目的而仅仅实现电流的斜坡形或者三角形的变化或者附加地为了测量信号的WMS评估的目的实现电流NF调制。在HF调制的频率中解调的测量信号因此可以以如至今使用的测量信号相同的方式在其位置处或者对其进行补充地来评估。

[0029] 在通过周期性地改变激光二极管的电流来对气体组分的感兴趣的吸收谱线进行根据波长的扫描时，测量信号的由激光二极管的附加的HF调制产生的信号分量以与测量信号的极低频率的信号分量(差不多相同的份额)相同的方式在百分比上改变，该测量信号从利用斜坡形的或者三角形的电流信号对激光二极管的控制得出。两个信号分量因此可以单独地或者组合地，例如在相加之后根据DAS来评估。这以相同的方式也适合于对测量信号以WMS为基础的评估。因为在激光二极管的HF调制时不发生光线的可能会干扰WMS评估的波长调制，因此HF调制的振幅被如此高地选择，使得其能够实现激光二极管的线性控制范围。无论如何，根据本发明的HF调制的振幅都多倍地高于在低频的WMS调制时的振幅并且高于FMS调制的振幅，在低频的WMS调制时调制指数根据待扫描的吸收谱线的宽度来选择，在FMS调制时调制指数还要比WMS时的情况更低。

[0030] 在测量信号评估的方面基于DAS和WMS的不同的测量可以同时在每个扫描间隔或者交替地在彼此跟随的扫描间隔中实现，并且其结果通过形成平均值运算成测量结果。

[0031] HF调制可以利用仅仅一个、但是有利地也利用多个或者许多个频率实现，其中在这些频率中解调的测量信号或者单独地基于WMS和/或DAS评估并且之后利用通过数据合并

(数据合并Data Fusion,多传感器数据合并Multi-Sensor Data Fusion)组合成测量结果,在最简单的情况中相加,或首先组合并且然后进行评估。通过在多个或者许多个频率中解调的测量信号的组合或者其单独评估的结果的组合获得了相应多个能评估的信号能量。在用于HF调制的频率之间的间距在此必须如此大地选择,即待评估的频率带不重叠并且此外能够通过带通滤波干净地检测。因为与获得的可用信息不同,噪音在不同的频率带中并不相互关联,因此信号噪音间距被改善。重叠的HF调制的振幅被如此选择,即激光二极管在其线性控制范围内被尽可能地调节。

[0032] 以WMS为基础的测量可以以常规的方法实现,其中,二极管的电流以及进而产生的光线的波长以附加的频率来调制,并且在基带中的测量信号和来自较高的频率范围解调的测量信号在附加的频率的谐波、尤其是在二次谐波中评估。

[0033] 但是WMS也被修改和扩展,如其例如是较早的和没有公开的德国申请文件DE102014215848.6的内容。在那里,低频的WMS调制以多个附加的频率实现,这些频率以最低的附加频率的两倍的值彼此间隔,也就是例如 f_{NF} , $3f_{NF}$, $5f_{NF}$ 和 $7f_{NF}$ 。测量信号或者HF解调的测量信号的WMS评估在这些频率的二次谐波处实现,也就是 $2f_{NF}$, $6f_{NF}$, $10f_{NF}$ 和 $14f_{NF}$ 处,并且在附加的频率的至少一个和频与差频的位置处实现,也就是 $2f_{NF}$, $4f_{NF}$, $6f_{NF}$, $8f_{NF}$, $6f_{NF}$... $14f_{NF}$ 处。由于吸收谱线的非线性的形状,测量信号不仅仅包括在调制时使用的频率的多倍(谐波),而且还包括该频率的和频与差频。因为被使用的WMS调制频率以最小的调制频率 f_{NF} 的两倍值 $2f_{NF}$ 存在,那么其和频与差频或者与二次谐波重叠或者刚好位于其之间的中间。因此测量信号的频率分量也分别以最小的调制频率 f_{NF} 的两倍值 $2f_{NF}$ 存在。相应的测量信号分量分别具有相同的走向,从而使其在结构上重叠并且实现相应地从吸收中获得多个能评估的信号能量。因为噪音在与相加的信号分量不同的不同频率中是不相互关联的,因此在评估成测量结果时产生非常高的信号噪音间距。

[0034] 附加地或者补充地,测量信号或解调的测量信号在调制频率 f_{NF} , $3f_{NF}$, $5f_{NF}$ 和 $7f_{NF}$ 时被评估。

附图说明

[0035] 为了进一步说明本发明,接下来参考附图来详细描述;图中示出:

[0036] 图1是根据本发明的气体分析仪的第一实施例,

[0037] 图2是测量信号的HF解调的一个实例,以及

[0038] 图3是根据本发明的气体分析仪的另一个实施例。

具体实施方式

[0039] 图1以强烈简化的框图形式示出了气体分析仪,其用于对测量气体1的至少一个感兴趣的气体组分的浓度进行测量,该测量气体包含在例如气体单元或者过程气体管线的测量容积2中。气体分析仪包含激光二极管3,其光线4在穿过测量气体1后投射到检测器5上。可控制的电源6为激光二极管3输送注入电流 i ,其中,所产生的光线4的强度和波长取决于电流 i 和激光二极管3的运行温度。为了改变和调制电流 i ,信号发生器7、低频(NF)调制装置8和高频(HF)调制装置9产生不同的信号10,11,12,其通过加法器输送给电源6。

[0040] 利用信号发生器7的信号10,电流 i 周期性地相应于预设的、优选斜坡形的或者三

角形的函数变化,从而利用产生的光线4的或多或少的线性跟随的波长来扫描感兴趣的气体组分的所选择出的吸收谱线。信号10可以附加地包含猝发信号(Burst),其以规律的间隔、如在每个扫描周期之后彼此跟随并且迟些时候实现测量的标准化。

[0041] 当感兴趣的气体组分的浓度应该基于波长调制光谱学(WMS)来实现时,存在低频(NF)调制装置8。在该种情况中,电流*i*以及进而所产生的光线4的波长利用在kHz范围中的频率和小振幅来正弦地调制。如已经指明的那样,NF调制能够被扩展到*n*个不同的频率上。

[0042] 高频(HF)调制装置8用于利用在MHz范围中的非常高的频率、例如:50MHz的频率和非常高的振幅来调制电流*i*。高频在此取决于所使用的激光二极管3的特性来如此选择,即仅仅调制产生的光线4的强度并且不发生波长调制。调制的振幅在激光二极管3的线性的控制范围的范畴中是最大的;其可以例如处于电流斜坡(信号10)的一半平均值的较大范围内。如NF调制一样,HF调制也可以扩展到多个或者许多个,在此*m*个不同的频率上。在频率之间的间距在此必须如此大,即以WMS基础来评估的频率带不重叠并且能够通过带通滤波干净地检测到。

[0043] 检测器5根据检测到的光强度产生测量信号14,其根据由信号10的猝发信号产生的信号分量来自动增强并且可以被标准化。此外,测量信号14在评估装置15中被处理成测量结果16,该测量结果说明在测量气体1中的感兴趣的气体组分的浓度。由于对光线4的波长的HF调制的原因,测量信号14的具有包含在其中的可用信息的基带被拷贝到较高的频率范围中。在基带中包含的可用信息通过在低通滤波器17中以低于所使用的HF调制频率的最低的极限频率对测量信号的滤波来获得。为了从较高的频率带中获得该可用信息,测量信号与低通滤波并行地在HF解调装置18中在HF调制的*m* ($m \geq 1$) 个被使用的频率中的每一个中被解调。

[0044] 如图2所示,在*m*个并行的通道中实现解调,这些通道分别具有带通滤波器19和具有布置在下游的低通滤波器21的锁定放大器20。在此,被带通滤波的测量信号14通过与参考信号的相乘在相应的HF解调频率中相位敏感地被解调,并且通过接下来的低通滤波来提取出相位分量,也就是解调的测量信号14的可用信号分量22。带通滤波器19的带宽和低通滤波器21的极限频率如此大,即其穿过测量信号14的以DAS和/或WMS为基础被评估的频率带。

[0045] 回到图1,通过低通滤波和解调获得的可用信息23,22在加法器24中相加并且接下来在计算装置25中以DAS为基础和/或在另外的计算装置26中以WMS为基础进行评估。DAS和WMS评估的结果27,28在第三计算装置29中相加或者借助统计学上的信号处理组合,从而最后获得作为测量结果16的待测量的气体组分的浓度。

[0046] WMS评估例如在低频的WMS调制的*n* ($n \geq 1$) 个被使用的频率的二次谐波的位置处实现。在该种情况中,其是*n*个单独评估,其例如给出*n*个曲线走向。此外,该WMS评估也可以在基础频率或者另外的更高的谐波的位置处实现,这导致附加的分别具有*n*个单独评估的组。在每个单个组内部的*n*个曲线走向是相互关联的并且可以被评估成中间结果。来自不同的组的中间结果因此在其方面被组合,在最简单的方式中是相加。

[0047] WMS评估可以被扩展,通过使低频率的WMS调制在以下频率中实现,这些频率以最低的附加频率的值的两倍彼此间隔,也就是对于*n* = 4时有频率: f_{NF} , $3f_{NF}$, $5f_{NF}$ 和 $7f_{NF}$ 。WMS评估不仅在这些频率的二次谐波处实现,也就是 $2f_{NF}$, $6f_{NF}$, $10f_{NF}$ 和 $14f_{NF}$ 处实现,也可以在其和

频和差频的位置处实现,也就是 $2f_{NF}, 4f_{NF}, 6f_{NF}, 8f_{NF}, 6f_{NF} \cdots 14f_{NF}$ 处。在该情况中为 $2(2n-1) = 14$ 个单个评估,其给出14个曲线走向。如上所述,测量信号14因为被扫描的吸收谱线的非线性的形状不仅包括在调制时使用的频率的二次谐波,而且还包括该频率的和频与差频,其或者与二次谐波重叠或者刚好位于其之间的中间。在频率 $2f_{NF}, 4f_{NF}, 6f_{NF}, 8f_{NF}, 6f_{NF} \cdots 14f_{NF}$ 的位置处的测量信号分量分别具有相同的走向,从而使其在结构上重叠并且提高来自吸收的能评估的信号能。

[0048] 图3示出了根据本发明的气体分析仪的另外的实施例,该气体分析仪具有相较于图1修改的评估装置15'。通过借助于低通17过滤的测量信号14以及通过在HF调制的m个不同频率的位置处解调获得的可用信息23,22,没有如在图1的实施例的情况中那样被相加并且接下来进行评估,而是单独地对于低通通道和m个HF解调通道中的每一个在计算装置25',25"中以DA为基础和在另外的计算装置26',26"中以WMS为基础进行评估。最后,来自不同的通道的结果30,31在计算单元32中例如在加法器中组合成测量结果16。

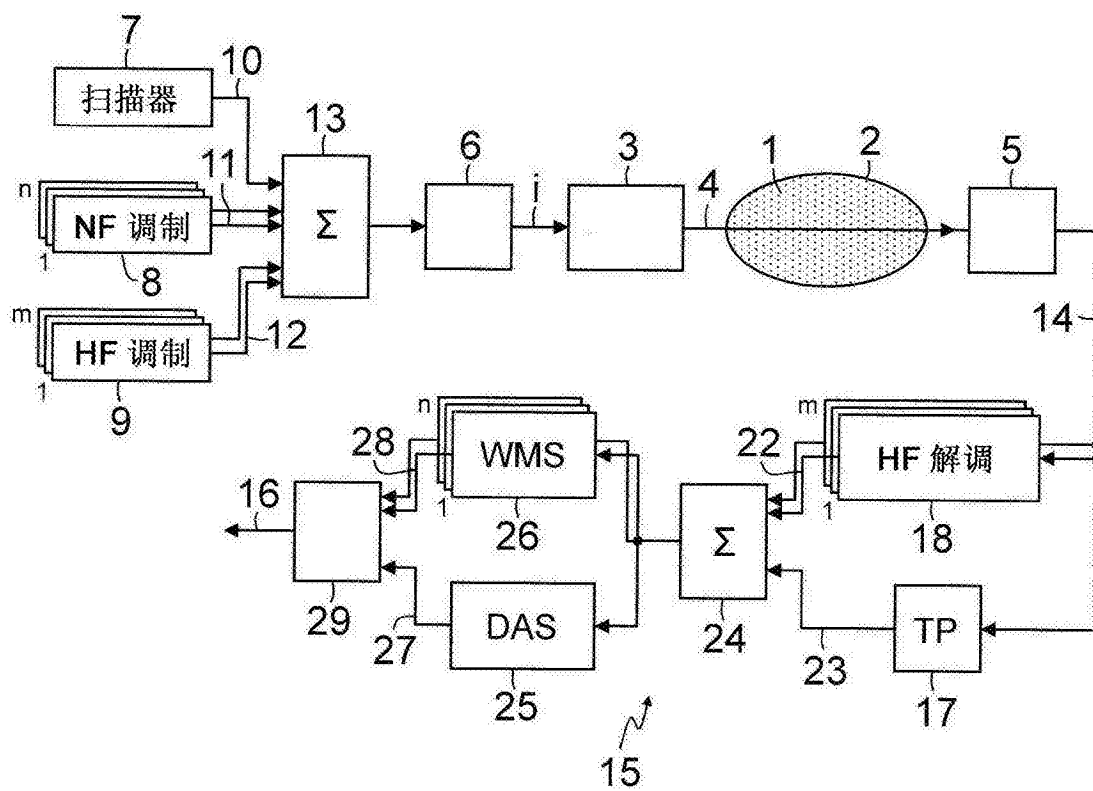


图1

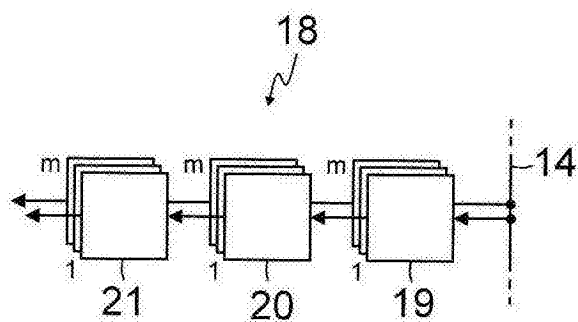


图2

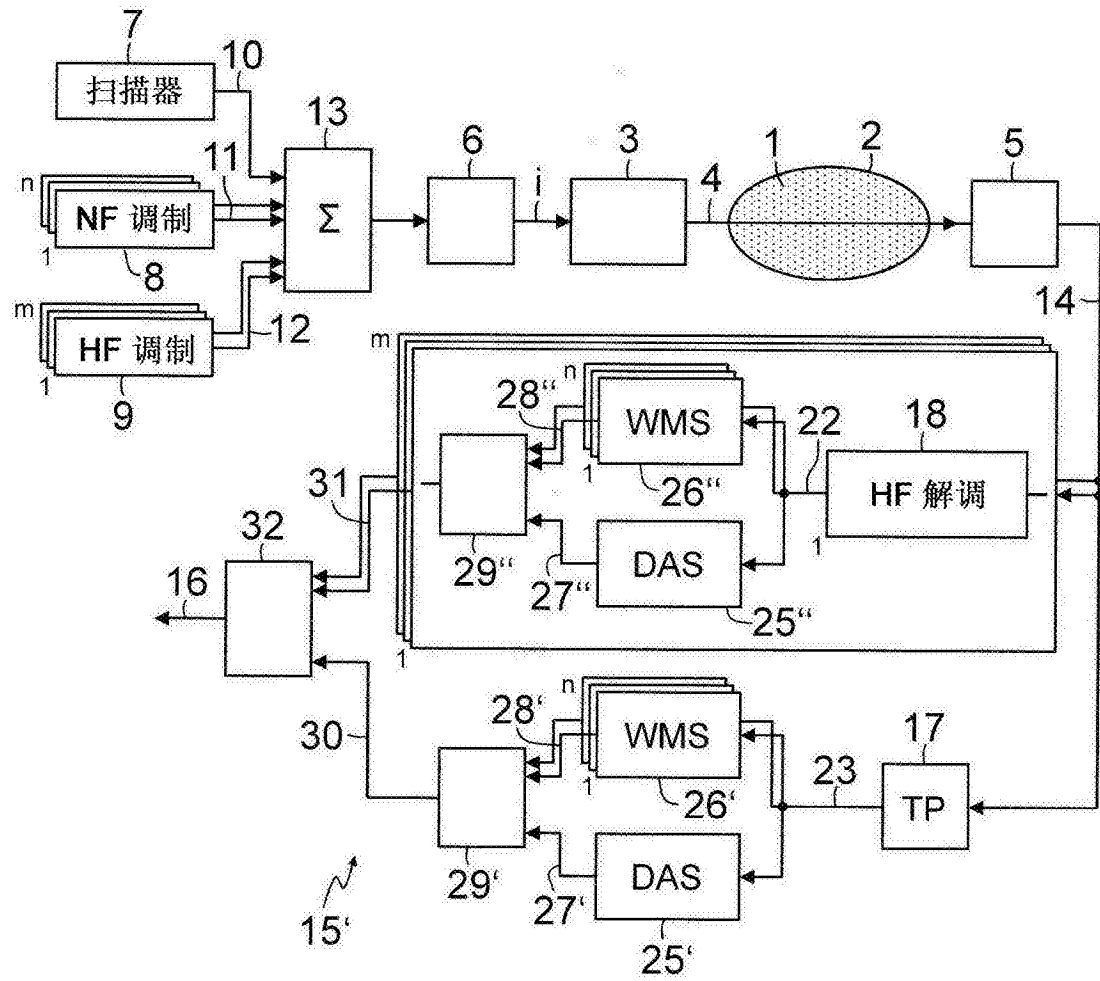


图3