



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102954939 B

(45)授权公告日 2016.12.21

(21)申请号 201210293411.5

(22)申请日 2012.08.17

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 102954939 A

(43)申请公布日 2013.03.06

(30)优先权数据

13/211821 2011.08.17 US

(73)专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 刘效庸 黄宇峰 J.M.普尔

G.S.佩尔斯 A.科沃尔

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 叶晓勇 李浩

(51)Int.Cl.

G01N 21/31(2006.01)

(56)对比文件

CN 1867820 A,2006.11.22,

US 2003080295 A1,2003.05.01,

US 7704301 B2,2010.04.27,

CN 1525157 A,2004.09.01,

US 7511802 B2,2009.03.31,

JP 2002131228 A,2002.05.09,

Benjamin R. Cormier et

al..Application of computational fluid dynamics for LNG vapor dispersion

modeling: A study of key parameters.

《Journal of Loss Prevention in the Process Industries》.2009,第22卷第332-352页.

陈赓良.测定天然气水蒸气含量/水露点的方法与仪器.《石油仪器》.2000,第14卷(第4期),

审查员 程莉莉

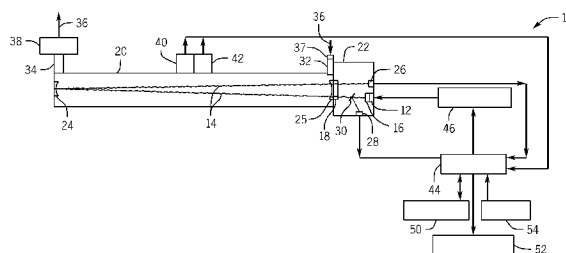
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

检测天然气中的水分的方法和系统

(57)摘要

本发明名称为：“检测天然气中的水分的方法和系统”。一种系统,包括:水分分析器,其配置成检测天然气中的水分。水分分析器包括用于密封和导引天然气的吸收单元。水分分析器还包括可减少在吸收单元内的天然气压力的压力控制装置。水分分析器包括可经过在吸收单元内的天然气而传送光的发光装置,以及可检测被传送经过天然气并离开吸收单元的光的强度的光检测器。



1. 一种用于检测天然气中的水分的系统,包括:
水分分析器,配置成检测天然气中的水分,包括:
吸收单元,用于密封和导引所述天然气;
压力控制装置,配置成减少在所述吸收单元内的所述天然气的压力以生成在低于所述天然气的环境压力的压力下的减压天然气;
发光装置,配置成经过在所述吸收单元内的所述减压天然气而传送光;以及
光检测器,配置成检测被传送经过所述减压天然气并离开所述吸收单元的光的强度。
2. 如权利要求1所述的系统,包括电子电路,其配置成获取和处理所述天然气的光谱。
3. 如权利要求2所述的系统,其中,所述电子电路配置成基于所述光谱确定在天然气中的水分浓度。
4. 如权利要求2所述的系统,其中,所述电子电路配置成基于预定的比例从所述减压天然气的所述光谱内的光谱特征中减去背景值以确定所述天然气中的水分浓度。
5. 如权利要求2所述的系统,其中,所述光谱包括基于吸收的光谱。
6. 如权利要求2所述的系统,其中,所述光谱包括直接吸收光谱。
7. 如权利要求2所述的系统,其中,所述光谱包括导数光谱。
8. 如权利要求2所述的系统,其中,所述光谱是基于光声光谱学的。
9. 如权利要求2所述的系统,其中,所述光谱是基于光腔衰荡光谱学的。
10. 如权利要求2所述的系统,其中,所述光谱是基于荧光光谱学的。
11. 如权利要求1所述的系统,其中,所述发光装置包括激光器、二极管激光器或量子级联激光器。
12. 如权利要求11所述的系统,其中,所述二极管激光器包括:
热电冷却器;
温度传感器;以及
内置光检测器,其配置成检测来自所述二极管激光器的向后发射的强度。
13. 如权利要求1所述的系统,其中,所述压力控制装置包括真空泵或抽吸器。
14. 如权利要求1所述的系统,其中,所述压力控制装置配置成将所述天然气的压力减少到在1 psia和5 psia之间。
15. 如权利要求1所述的系统,其中,所述天然气包括管道天然气、液化天然气原料气或再气化液化天然气。
16. 如权利要求1所述的系统,其中,所述吸收单元包括多通道吸收单元。
17. 一种用于检测天然气中的水分的方法,包括:
通过压力控制装置减少天然气的压力,以生成在低于所述天然气的环境压力的压力下的减压天然气;
经过所述减压天然气而以预先选定的波长或在一波长范围内传送光;
记录所述减压天然气的光谱;以及
基于所述天然气的所述光谱确定所述天然气中的水分浓度。
18. 如权利要求17所述的方法,包括减少所述天然气的压力以生成在不大于5 psia的压力下的减压天然气。
19. 如权利要求17所述的方法,包括减少所述天然气的压力以生成在不大于2.5 psia

的压力下的减压天然气。

20. 如权利要求17所述的方法,其中,所述水分浓度是基于预定的比例通过从所述减压天然气中的所述光谱中的光谱特征中减去背景值而确定的。

检测天然气中的水分的方法和系统

技术领域

[0001] 本文公开的主题一般涉及光谱学,更具体地,涉及用于检测天然气中的水分的吸收光谱学。

背景技术

[0002] 存在基于吸收光谱学的水分分析器,用于确定在样本气体中的水分浓度。然而,确定天然气中的水分(即水蒸气)浓度可能是复杂的。例如,水分和背景气体(即,天然气去除水分)之间的光谱干扰可能会足够严重,以至于对在确定天然气中的水分浓度中达到希望的灵敏度和精确度构成挑战。

[0003] 可采用差示光谱学来减少来自背景气体的光谱干扰,以确定在天然气中的水分浓度。在差示光谱学中使用的过程的一个例子可包括:记录基本上是干燥天然气的背景气体的光谱,从天然气的光谱中减去这一光谱来产生差示光谱,并基于该差示光谱确定水分浓度。然而,这个过程需要气体净化器和其他必要的配件,用以从天然气中去除水分并记录背景光谱,这可能是昂贵的。此外,这个过程要求在要进行分析的样本气体(即天然气)和参考气体(即,由净化器干燥的气体,其代表背景气体)之间的转换,这可能会减慢系统响应时间。

[0004] 此外,无法保证能有效地去除光谱干扰,这是因为样本气体和背景气体的光谱没有在同一时间记录,和/或背景气体的化学成分可能随着时间的推移而改变,并且因此它的光谱可随着时间的推移而改变。因此,期望一种充分解决与检测天然气中的水分有关的现有问题的方法。

发明内容

[0005] 与本发明的最初要求保护的的范围相称的某些实施例总结如下。这些实施例无意于限制要求保护的发明的范围,而是这些实施例只意于提供本发明的可能形式的简要概述。事实上,本发明可包含可类似于或不同于如下所陈述的实施例的各种形式。

[0006] 在一个实施例中,一种系统包括配置成检测天然气中的水分的水分分析器,该水分分析器包括:密封和导引天然气的吸收单元;压力控制装置,配置成减少在吸收单元内的天然气的压力;发光装置,配置成经过吸收单元中的天然气而传送光;以及光检测器,配置成检测被传送经过天然气并离开吸收单元的光的强度。

[0007] 在另一个实施例中,一种方法包括:通过压力控制装置减少天然气的压力以生成在低于天然气的环境压力的压力下的减压天然气,经过减压天然气而以预先选定的波长或在一波长范围内传送光,记录减压天然气的光谱,以及基于天然气的光谱确定天然气中的水分浓度。

附图说明

[0008] 在参照附图阅读以下的详细描述时,本发明的这些和其他特征、方面和优点将变

得更好理解。在所有附图中,相同的字符表示相同的部件,其中:

[0009] 图1是按照本技术的实施例的、可调的二极管激光器吸收光谱仪的框图;

[0010] 图2是示出了按照本技术的实施例的、采用图1的光谱仪的天然气的第二谐波光谱的一个示例的图;

[0011] 图3是示出了按照本技术的另一实施例的、采用图1的光谱仪的天然气的另一第二谐波光谱的一个示例的图;以及

[0012] 图4是示出了按照本技术的实施例的、用图1的光谱仪进行光谱分析的过程的流程图。

具体实施方式

[0013] 将在下面描述本发明的一个或多个特定的实施例。致力于提供对这些实施例的简明的描述,可能不在说明书中描述实际实施的所有特征。应当意识到的是,在任何这样的实际实施的开发中,如在任何工程项目或设计项目中那样,必须做出众多的实施特定的决定以实现开发者的特定目标,诸如遵守系统相关的约束和业务相关的约束,这可能随实施的不同而改变。此外,应当意识到的是,虽然这样的开发工作可能是复杂和耗时的,但对受益于这一公开的普通技术人员来说仍然是设计、制作和制造的常规任务。

[0014] 在介绍本发明的各种实施例的元件时,词“一”、“一个”“该”和“所述”意于表示有一个或多个元件。术语“包括”、“包括了”和“具有”意于是包括性的,并意味着除了列出的元件外可能有附加的元件。

[0015] 正如下面所讨论的,公开的实施例涉及光谱线宽缩减(spectral linewidth reduction)法的应用以及基于这种方法的系统,以改进天然气中的水分的检测,天然气包括但不限于LNG(液化天然气)原料气和再气化LNG。该系统和方法也可在检测天然气中的水分时消除或减少来自背景气体(即,干燥的天然气)的光谱干扰。具体地,公开的实施例减少样本气体压力以缩减样品气体(即,天然气)的整体光谱线宽。样本气体的整体光谱线宽的这一缩减减小了背景气体的干扰,并使得能进行天然气中的水分的更灵敏和更准确检测。也就是说,公开的实施例减少样本气体的压力,而不需要包括响应时间或解卷(deconvolute)水分和背景气体吸收,因为可利用天然气样品的单一光谱来确定天然气样品中的水分浓度。

[0016] 现在转到附图并首先参照图1,其示出了波长调制光谱分析器10的实施例。这个分析器10可一般性地检测诸如天然气的气体中的水分。该分析器可包括例如发光装置12。发光装置12可包括例如激光器、二极管激光器、量子级联激光器或另外的光源。发光装置12可例如以一个或多个特定波长以及以一个或多个特定的调制频率发射光,这可以例如由用户决定。在一个实施例中,发光装置12是激光器并可操作成每次传送单一波长的光。在另一个实施例中,波长能够遍及某一范围内并以某一频率调制。

[0017] 由发光装置12发射的光可包括单色辐射14,其可穿过操作成校准单色辐射14的准直器16。校准的单色辐射14可传送给光学窗口18并通过它,使得单色辐射14可传送到吸收单元(如外壳)20。以这种方式,单色辐射14可以穿过室22进入到吸收单元20中,而可防止存在于例如吸收单元20中的气体进入室22。

[0018] 在一个实施例中,吸收单元20可以是多通道吸收单元,该多通道吸收单元使得单

色辐射在通过窗口18离开吸收单元20并进入室22之前,能够在位于与窗口18相对的吸收单元20一端的反射元件24(例如,镜子)和位于吸收单元20另一端的另一个反光元件25(例如,第二面镜子)之间反射。然后可以由光检测器26检测单色辐射14。以此方式,光检测器26可操作成检测离开吸收单元20的单色辐射14的强度。在一个实施例中,发光装置12可由激光器二极管提供,该激光器二极管与热电冷却器(TEC)、温度传感器以及能够检测来自激光器二极管的向后发射的强度的内置光检测器集成。

[0019] 在另一个实施例中,除了内置光检测器外或代替内置光检测器,能够采用外部参考光检测器28。如图1所示,束分离器30可被用来分离单色辐射14。束分离器30可接收单色辐射14并可引导单色辐射14的一部分到参考光检测器28,并可使单色辐射14的其余部分能够经过吸收单元20而传送。在一个实施例中,可能希望在如下的光谱学应用中使用参考光检测器28:对于希望的单色辐射波长不容易获得具有内置光检测器的发光装置12的应用,优选外部参考光检测器28的应用,或希望监测泄漏到室22中的分析物的浓度的应用。

[0020] 此外,分析器10可包括耦合到吸收单元20的入口32和出口34。入口32可操作成将气流36导引到吸收单元20,而出口可操作成将气流36从吸收单元20中导引出去。在实施例中,气流36可包括天然气。气流36可以是LNG原料气、再气化LNG、替代天然气或合成气。入口32可接收气流36并可传送气流36到吸收单元20,其中可对气流36分析水分含量。此外,气流36可以由出口34的下游的压力控制装置38减压,以使得能够进行更灵敏和更精确的天然气中的水分检测。

[0021] 压力控制装置38可以是例如真空泵、抽吸器或另外的减压装置,其可操作成在入口32的上游的气流限制装置37的辅助下将气流36从例如一个标准大气压减少到大大低于一个标准大气压的压力。气流限制装置37可包括能够限制气流36的任何已知元件,诸如其直径小于用于导引气流36的导管的直径的孔。压力控制装置38可将气流36的压力减少到约8 psia(绝对磅/平方英寸)、7.5 psia、7 psia、6.5 psia、6 psia、5.5 psia、5 psia、4.5 psia、4 psia、3.5 psia、3 psia、2.5 psia、2 psia、1.5 psia、1 psia或0.5 psia,或在约1 psia和5 psia之间。

[0022] 分析器10还可以包括诸如压力传感器40和/或温度传感器42之类的一个或多个传感器。压力传感器40可获取气流36的压力测量,而温度传感器42可获取气流36的温度测量。这些测量可提供给电子电路44。电子电路44可包括一个或多个处理器,其可以是数字信号处理器、微处理器、现场可编程门阵列、复杂可编程逻辑器件、专用集成电路和/或其他逻辑电路。电子电路44可接收来自光检测器26、内置于发光装置12的参考光检测器(和/或外部参考光检测器28)、压力传感器40和温度传感器42的信号。电子电路44可利用这些信号且基于所测量的气流36的光谱、压力和温度来分析和确定在气流36中的分析物的浓度(诸如在例如天然气中的水分浓度)。此外,电子电路44也可以对发光装置12的驱动电路46发指令。在一个实施例中,分析器10还可包括显示器52、输入装置54以及一个或多个I / O接口50。

[0023] 在一个实施例中,分析器10可利用吸收光谱学来确定在气流36中的水分的浓度。吸收光谱学的方法可包括但不限于直接吸收光谱学、谐波光谱学/差示光谱学、光声光谱学、光腔衰荡光谱学和荧光光谱学。例如在气流36中的背景气体和水分之间的光谱干扰可能主要由水分和背景气体的跃迁频率之间的一致(coincidental)而又固有的邻接而引起。然而,可以选择由发光装置12发射的单色辐射14的波长以避免这样的一致邻接并使来自

背景气体的光谱干扰最小化。此外,通过使用气流36限制装置37和压力控制装置38,气流36的压力可减少,从而导致光谱线宽的缩减,以及因此在气流36的水分和背景气体之间的光谱干扰的降低。

[0024] 图2示出了图表58,其详细示出了在暴露于在一波长范围内的单色辐射14时,含有一定级别的水分含量的、处于减少的压力(例如2.5 psia、5 psia或8 psia)下的气流36(如天然气)的二次谐波(2f)光谱60。在图表58中还示出了在环境压力下暴露于在一波长范围内的单色辐射14时、同时含有与处于减少的压力下的气流36相同级别的水分含量(即,对2f光谱60,在气流36中存在相同级别的水分含量)的气流36(如天然气)的另一个2f光谱62。如图表58所示,在环境压力下,2f光谱62由于沿波长轴的线扩展而分辨性较差,光谱线从聚在一起,且水分59的目标光谱线几乎不可见。相比之下,2f光谱60在沿波长轴上分辨性较好,展现了否则将丢失的细节,包括目标水分线59。因此,图表58示出,减压气流36可使得分析器10能够获得检测在气流36中存在的水分的优异的检测选择性、准确性和灵敏度。

[0025] 无论怎样细心选择单色辐射14的波长和波长范围,都难以完全避免光谱线位置中的一致性的邻接,因为线位置是固有的并由在气流36中存在的物质的分子结构所规定。图3示出了表明这种困难的图表64。在图表64中,平滑曲线65示出了在减少的压力(例如,2.5 psia、5 psia或8 psia)下记录的、其浓度在天然气中通常是90%以上的干燥甲烷(CH_4)的2f光谱。在图表64中的实直线是归因于甲烷的光谱线,包括线68、70、72和74。在图表64中的虚直线是归因于水分的光谱线,包括目标线76,它被用于检测存在于气流36中的水分。

[0026] 如图表64所示,在波长上甲烷线68和水分线76重叠。在甲烷线68和甲烷线70、72和74中的一个或多个之间的比例在光谱上是甲烷固有的,是相对光谱强度、气体压力和温度的函数,并能够精确计算。在一个实施例中,分析器10可配置成基于一个或多个甲烷线70、72和74的实时检测以及基于在甲烷线68与甲烷线70、72、和74、76中的一个或多个之间的预定比例计算在目标水分线之下的甲烷基线,使得甲烷基线可从目标水分线76和重叠的甲烷线68的组成物中减去,以确定气流36中的确切的水分浓度。

[0027] 图4示出了说明用于检测包括例如在样本气体(诸如天然气或合成气)中的水分浓度的、气流36中的分析物浓度的实施例的流程图80。在步骤82,样本气流36的压力可单独由例如压力控制装置38来减少,或由其与流量限制装置37的组合来减少。在步骤84,减压气流36经过吸收单元20而传送。在步骤86,减压气流36暴露于来自吸收单元20中的发光装置12的光。在步骤88,基于减压气流36的基于吸收的光谱来确定样本气流(例如,天然气)中的分析物(例如,水分)的浓度。

[0028] 本书面说明使用示例公开包括最佳模式的发明,也使本领域的任何技术人员能实施本发明,包括制作和使用任何装置或系统并执行任何并入的方法。本发明的可取得专利的范围由权利要求限定,并可包括本领域技术人员想到的其他示例。如果这样的其他示例具有无异于权利要求的字面语言的结构元件或如果它们包括与权利要求的字面语言无实质性差别的等效结构元件,则它们意于在权利要求的范围内。

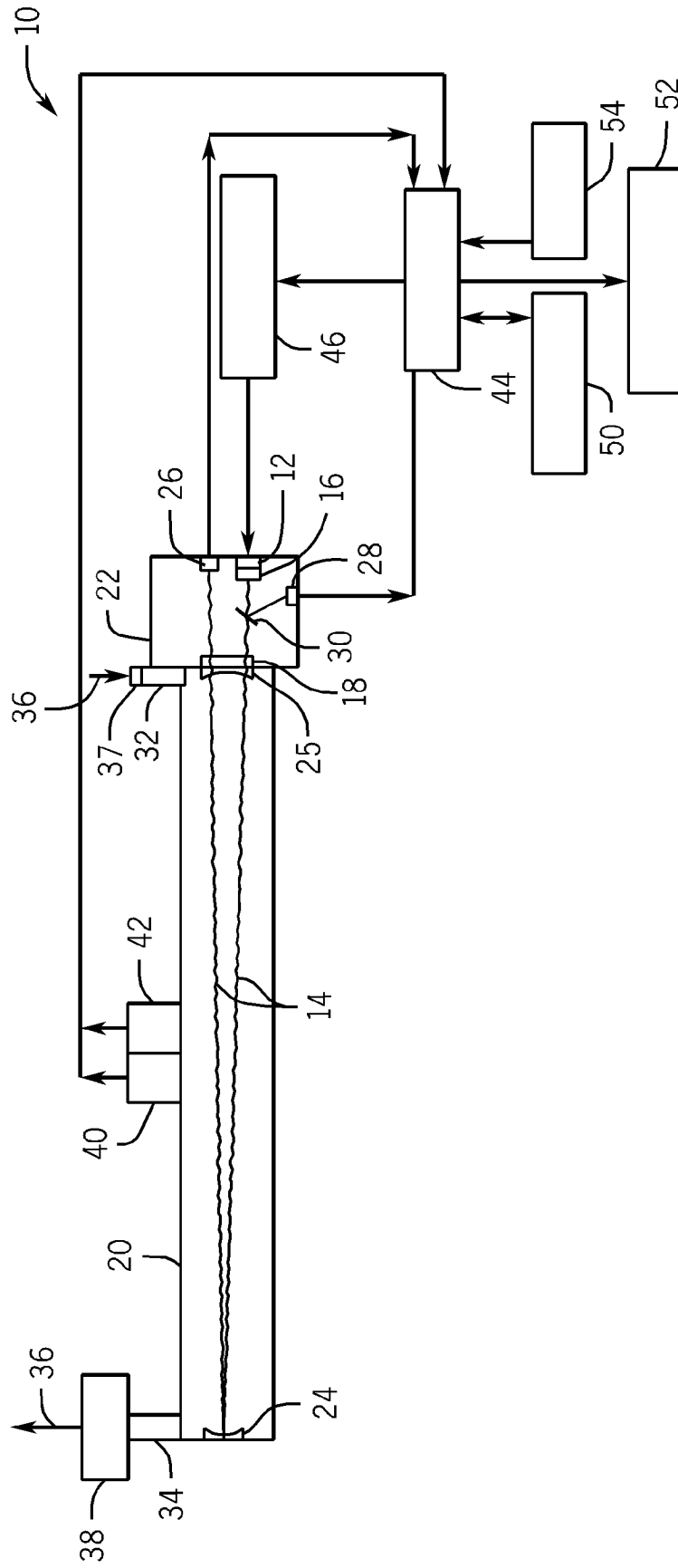


图 1

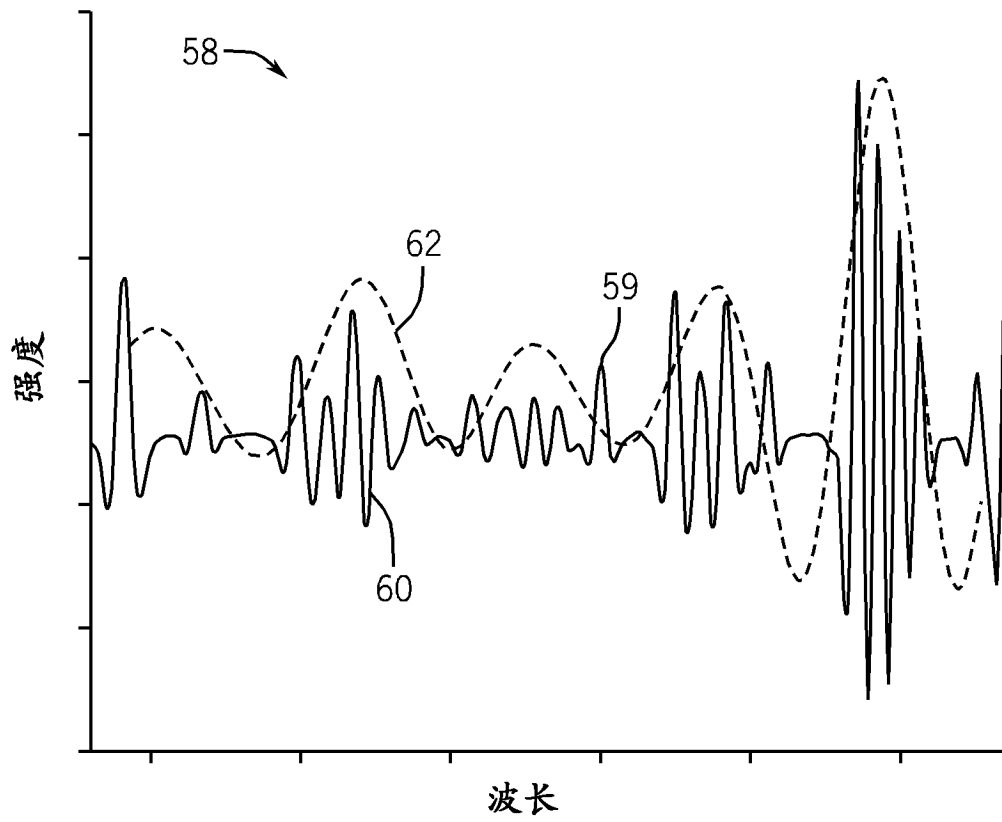


图 2

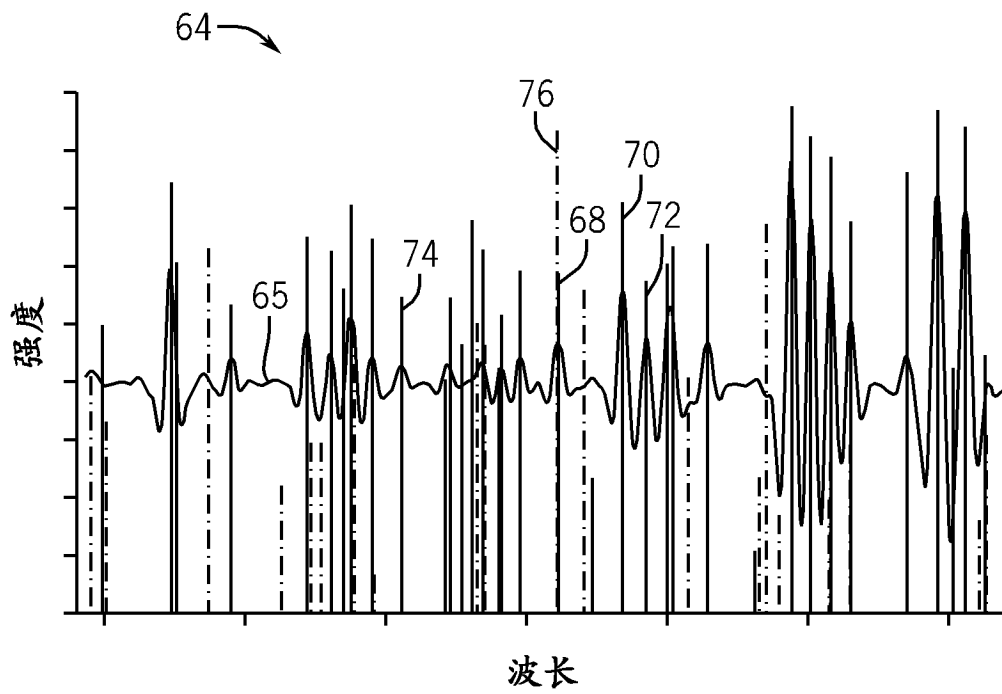


图 3

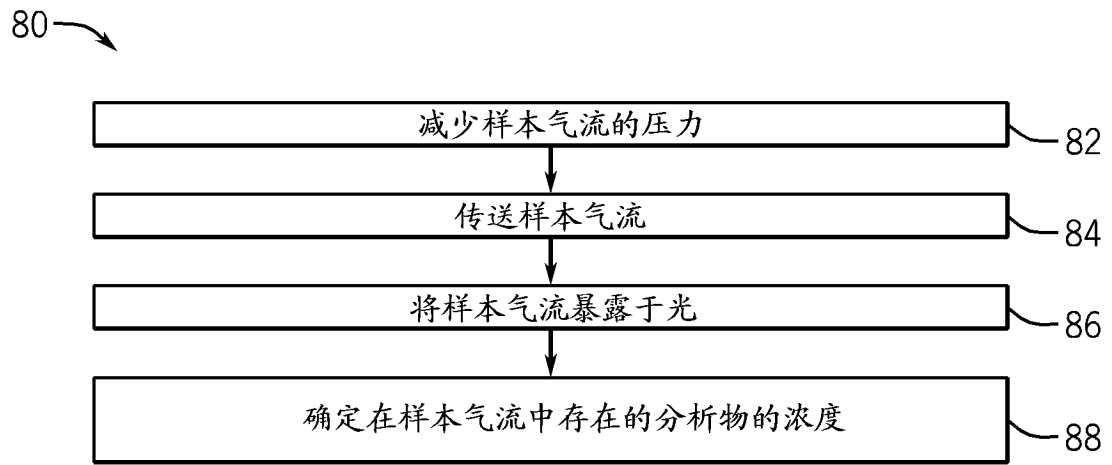


图 4