

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2024 年 6 月 20 日 (20.06.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/124685 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01N 21/01 (2006.01) **G01N 21/25** (2006.01)
G01N 21/17 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/076640
- (22) 国际申请日: 2023 年 2 月 16 日 (16.02.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202211620080.1 2022 年 12 月 15 日 (15.12.2022) CN
- (71) 申请人: 香港中文大学 (**THE CHINESE UNIVERSITY OF HONG KONG**) [CN/CN]; 中国香港特别行政区中国香港新界沙田, Hong Kong (CN)。广东辛孚科技有限公司 (**SYSPETRO TECHNOLOGY CO. LTD**) [CN/CN]; 中国广东省

广州市黄埔区香雪八路 98 号 F 栋 402 房, Guangdong 510000 (CN)。

- (72) 发明人: 任伟 (**REN, Wei**); 中国香港特别行政区新界沙田香港中文大学, Hong Kong (CN)。何应 (**HE, Ying**); 中国香港特别行政区新界沙田, Hong Kong (CN)。何恺源 (**HE, Kaiyuan**); 中国广东省广州市黄埔区水西路萝岗和苑 H7 栋, Guangdong 510000 (CN)。刘阳 (**LIU, Yang**); 中国广东省广州市黄埔区水西路萝岗和苑 H7 栋, Guangdong 510000 (CN)。
- (74) 代理人: 深圳新创友知识产权代理有限公司 (**CHINA TRUER IP**); 中国广东省深圳市福田区石厦北二街西新天世纪商务中心 A 座 36 楼 3609B, Guangdong 518017 (CN)。
- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU,

(54) Title: GAS SENSING DEVICE

(54) 发明名称: 一种气体传感装置

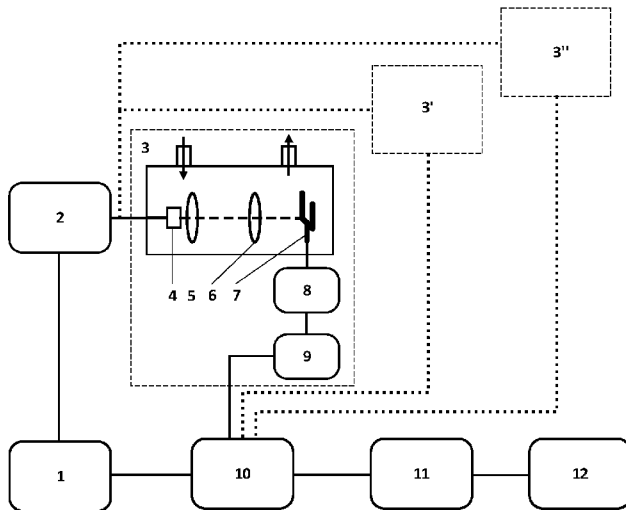


图 1

(57) Abstract: A gas sensing device, comprising a driving module, a light source module, a measuring module, and a data acquisition and processing module. The driving module is used for driving the light source module to generate intensity modulated light of a fixed frequency; the measuring module comprises a quartz crystal oscillator (7) arranged in a gas environment to be measured, the intensity modulated light emitted by the light source module is used for exciting the quartz crystal oscillator (7) to form mechanical vibration, the mechanical vibration results in the generation of an electric signal by means of the piezoelectric effect, and the electric signal contains signal response amplitude information which corresponds to the type and concentration of a gas to be measured and is generated by the quartz crystal oscillator (7) at a fixed frequency; and the data acquisition and processing module is used for acquiring an electric signal and determining concentration information of said gas according to a signal response amplitude. Detection result deviation caused by light source wavelength shift in spectroscopy-based gas detection can be avoided, and the present invention has wide adaptability.



WO 2024/124685 A1



CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种气体传感装置, 包括驱动模块、光源模块、测量模块以及数据采集处理模块, 驱动模块用于驱动光源模块产生固定频率的强度调制光; 测量模块包括设置于待测气体环境中的石英晶振(7), 光源模块发出的强度调制光用于激励石英晶振(7)形成机械振动, 机械振动经由压电效应产生电信号, 电信号含有石英晶振(7)在固定频率下产生的与待测气体种类和浓度对应的信号响应幅值信息; 数据采集处理模块用于采集电信号, 根据信号响应幅值确定待测气体的浓度信息。能够避免光谱法气体检测中因光源波长漂移造成的检测结果偏差, 同时具有广泛的适应性。

一种气体传感装置

技术领域

本发明涉及气体传感技术领域，特别是涉及一种气体传感装置。

背景技术

对输气过程中的泄露、损耗实现高灵敏度、低成本的监测是保障高效、安全运行所需的。

甲烷是天然气中最主要的气体成分，其含量高达 90%以上，针对天然气泄露检测可采用与瓦斯探测相同的技术手段。目前瓦斯探测多采用电子式测量技术，即采用热催化或催化燃烧原理，它们均存在浓度检测范围小、“中毒”风险高、校准困难、低浓度燃烧不充分等缺陷。采用化学试剂测量手段虽然价格低廉，但其重复性差、使用寿命短、性能退化严重，这些因素严重制约了它的实际应用。

针对以上困局，现今大量的光谱式测量手段应运而生。光谱式测量技术如直接吸收光谱、拉曼光谱、腔衰荡光谱等，它们均具有高灵敏度、快速响应、在线测量等技术优势。如公告号为“CN103743706A”的中国发明专利申请，公布了一种全量程高灵敏度瓦斯气体检测方法及其装置，其利用红外吸收原理，采用半导体激光器探测目标气体特征峰的吸收强弱实现高灵敏度的检测。该方案利用波长调制技术即低频三角波叠加高频正弦波控制激光器，采用谐波解调技术实现气体低浓度下的高灵敏度探测。然而该专利所设计的传感器系统没有涉及激光波长的锁定与稳定，即激光器输出的波长若发生漂移，将导致所测量到的气体浓度值出现偏差。此外，如 CN 113218901 A、CN 104280340 A 中，LED 光源都是用作气体吸收，光源与所要探测的气体种类相关，需要对应所探测气体的特征吸收谱线来选取 LED 输出的中心波长。这类吸收光谱法普遍存在光源波长漂移的缺点，无法胜任长时间工作的要求，而且针对不同气体种类的探测而言缺乏广泛的适应性，此外，测量响应速度也受到相应的限制。

发明内容

本发明的目的是在于解决如何避免光谱法气体检测中因光源波长漂移造成的检测结果偏差以及如何提高气体传感装置的广泛适应性和测量响应速度的技术问题。

为此，本发明提出一种气体传感装置，包括驱动模块、光源模块、测量模块以及数据采集处理模块，所述驱动模块与所述光源模块相连，所述测量模块与所述数据采集处理模块相连；所述驱动模块用于驱动所述光源模块产生固定频率的强度调制光；所述测量模块包括设置于待测气体环境中的石英晶振，所述光源模块发出的所述强度调制光用于激励所述石英晶振形成机械振动，所述机械振动经由压电效应产生电信号，所述电信号含有所述石英晶振在所述固定频率下产生的与待测气体种类和浓度对应的信号响应幅值信息；所述数据采集处理模块用于采集所述电信号，根据所述信号响应幅值确定所述待测气体的浓度信息。

在本发明的一些实施例中，所述数据采集处理模块包括锁相放大器、数据采集卡和数据处理装置，所述测量模块连接所述锁相放大器，所述数据采集卡连接在所述锁相放大器和所述数据处理装置之间，所述锁相放大器用于以所述固定频率为参考，对所述电信号进行一次谐波分量解调，输出一次谐波信号幅值传输至所述数据采集卡，所述数据采集卡将采集的数据传输至所述数据处理装置进行处理。

在本发明的一些实施例中，所述驱动模块包括函数发生器和电源驱动器，所述函数发生器连接所述电源驱动器和所述锁相放大器，所述电源驱动器连接所述光源模块，所述电源驱动器接收所述函数发生器的光源强度调制信号以产生同频率的驱动电流，由所述驱动电流对所述光源模块实现光源强度调制。

在本发明的一些实施例中，所述固定频率通过如下方式获得：所述函数发生器输出固定幅值而频率变化的扫频信号，控制所述光源模块输出频率变化的强度调制光，所述锁相放大器利用与所述函数发生器的扫频信号频率一致的参考信号，通过相关解调获得所述石英晶振在所述待测气体环境中的频率响应特性及其谐振频率，其中，所述谐振频率为所述石英晶振的频率响应幅值的特性曲线的最大值对应的频率；其中，所述数据采集处理模块根据所述石英晶振频率响应特性确定待测气体的种类。

在本发明的一些实施例中，所述光源模块包括光源和准直透镜，所述光源经由所述驱动模块驱动而输出所述强度调制光，所述准直透镜用于将所述强度调制光准直后输出；其中，所述光源为 LED 光源或相干光源。

在本发明的一些实施例中，所述测量模块还包括聚焦透镜，所述聚焦透镜用于对所述光源模块输出的光束进行汇聚，并使汇聚光束的焦点作用于所述石英晶振的悬臂梁结合点的中心位置。

在本发明的一些实施例中，所述测量模块还包括跨阻抗放大器，所述跨阻抗放大器连接在所述石英晶振与所述锁相放大器之间，用于将所述石英晶振吸收光能转化的电信号进行放大并以电压信号的形式输出，所述电压信号传输至所述锁相放大器中进行解调。

在本发明的一些实施例中，包括分别设置在不同探测点的多组所述光源模块和所述测量模块；其中，所述测量模块还包括匹配电容，所述石英晶振的一个引脚与所述匹配电容的一个引脚串联，所述跨阻抗放大器连接所述石英晶振的另一个引脚和匹配电容的剩余引脚，所述匹配电容用于多个所述石英晶振的谐振频率的统一校准从而实现多点探测端的频率值的匹配；所述锁相放大器为多通道输入，所述锁相放大器输出的电压信号与所述函数发生器的通道信息、时序信息集成为数组形成各通道传感信息，以实现多探测点气体浓度的探测。

在本发明的一些实施例中，包括分别设置在不同探测点的多组所述光源模块和所述测量模块；通过微型共振腔能量耦合、微加工、表面涂敷或温度调制的方式实现多个所述石英晶振的谐振频率的统一校准，其中，所述微型共振能量耦合是在所述石英晶振的附近添加共振腔，所述微加工是通过打磨或腐蚀调节所述石英晶振的尺寸，所述表面涂敷是通过化学沉积在所述石英晶振表面添加涂层，所述温度调制是调节所述石英晶振的工作温度；所述锁相放大器为多通道输入，所述锁相放大器输出的电压信号与所述函数发生器的通道信息、时序信息集成为数组形成各通道传感信息，以实现多探测点气体浓度的探测。

在本发明的一些实施例中，其特征在于，所述驱动模块为实现光调制所用的调制信号为方波信号、脉冲信号、三角波信号或正弦波信号。

本发明具有如下有益效果：

本发明提出的气体传感装置通过使用光源激励石英晶振，机械振动经由压电

效应产生电信号,电信号含有石英晶振在固定频率下产生的与待测气体种类和浓度对应的信号响应幅值信息等技术特征的设置,能够实现根据信号响应幅值确定所述待测气体的浓度信息。现有技术中,LED 光源都是用作气体吸收,需要对应所探测气体的特征吸收谱线来选取 LED 输出的中心波长。本发明气体检测的基本原理不同,本发明通过光源激励石英晶振产生振动,利用不同气体分子数与背景气体如空气、氮气环境下针对石英晶振存在不同粘滞效应的原理,实现气体的种类鉴别与浓度反演,由于本发明实现气体传感与气体吸收光谱无关,避免了使用吸收光谱法中普遍存在光源波长漂移的缺点,避免了使用单色性较好的激光器存在波长漂移导致气体吸收峰失配的局限,从而解决了现有技术气体检测中因光源波长漂移造成的检测结果偏差的技术问题,并且因此针对气体种类的探测而言有着广泛的适应性。而且,由于本发明的气体传感装置所测量的是石英晶振固定频率下的信号响应幅值,相比传统光谱式测量技术可实现更高的灵敏度和更快的响应速度。此外,本发明的气体传感装置所使用的核心器件如石英晶振等具有巨大的成本优势,相比传统光谱式测量技术而言,省去了激光器、光电探测器等价格高昂的设备,并可实现多点分布测量,在远距离天然气运输管道的泄漏检测中具有更高的实用价值。本发明弱化了光源本身的限制因素,针对易燃易爆等高危险性气体实现更加安全、快速、可靠的检测需求。

本发明实施例中的其他有益效果将在下文中进一步述及。

附图说明

图 1 是本发明实施例中气体传感装置的结构示意图;

图 2 是本发明实施例中不同气体浓度下石英晶振的频率响应特性;

图 3 是本发明实施例中不同气体浓度下固定激励石英晶振频率所测量得到的信号响应幅值。

附图标记如下:

1 为函数发生器、2 为电源驱动器、3 为探测气室、4 为 LED 光源、5 为沉浸式准直透镜、6 为聚焦透镜、7 为石英晶振、8 为匹配电容、9 为阻抗放大器、10 为锁相放大器、11 为数据采集卡、12 为计算机。

具体实施方式

下面对照附图并结合优选的实施方式对本发明作进一步说明。需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

需要说明的是，本实施例中的左、右、上、下、顶、底等方位用语，仅是互为相对概念，或是以产品的正常使用状态为参考的，而不应该认为是具有限制性的。

本发明下述实施例提出了一种气体传感装置，包括驱动模块、光源模块、测量模块以及数据采集处理模块，所述驱动模块与所述光源模块相连，所述测量模块与所述数据采集处理模块相连；所述驱动模块用于驱动所述光源模块产生固定频率的强度调制光；所述测量模块包括设置于待测气体环境中的石英晶振 7，所述光源模块发出的所述强度调制光用于激励所述石英晶振 7 形成机械振动，所述机械振动经由压电效应产生电信号，所述电信号含有所述石英晶振 7 在所述固定频率下产生的与待测气体种类和浓度对应的信号响应幅值信息；所述数据采集处理模块用于采集所述电信号，根据所述信号响应幅值确定所述待测气体的浓度信息。

针对以特征峰为测量核心的光谱式气体传感技术中光源波长漂移问题以及多种气体探测的改进需求，本发明实施例提供一种基于固定频率激励石英晶振的气体传感装置。其中优选采用 LED 光源 4 作为石英晶振 7 的激励源，避免探测气体的吸收效应，利用固定频率激励、测量石英晶振 7 的信号响应幅值代替通过扫频以获得频率变化量的测量，提高了气体传感装置的灵敏度与检测速度，这是因为，频率变化量的测量需要通过扫频、拟合获得，而响应幅值是直接测量的结果，因此本发明实施例利用幅值响应可以提高检测速度；频率变化量的测量依赖于扫频精度和速度，因此用幅值响应的变化来做传感的灵敏度更高。本发明实施例可以较低成本实现气体泄漏检测的多点布局，采用多点布局方案，实现大区域、长路径系统的气体泄漏检测。

本发明实施例中所述的气体传感装置包括驱动模块、光源模块、测量模块、数据采集处理模块，其中：

本发明实施例中所述的驱动模块包括函数发生器 1、电源驱动器 2，所述函数发生器 1 输出方波扫描驱动后续光源实现光探测器件的频率预扫描；所述方波

信号驱动电源驱动器 2 实现恒定频率 f_0 的强度调制。

本发明实施例中所述的光源模块包括 LED 光源 4、金属封装及其沉浸式准直透镜 5（沉浸式指封装透镜与发光芯片集成为一个整体，透镜外表面低于 LED 圆周外围的金属封装，对于透镜而言起到一定的保护作用，是一种已商用的透镜封装形式），所述 LED 光源 4 为自然冷却的波长 400-760 nm 可见光二极管；所述金属封装与沉浸式准直透镜 5 以及 LED 发光芯片集成为一体，使得该 LED 光源能够在自然散热的工况下稳定输出固定调制频率 f_0 的激励光。

本发明实施例中所述的测量模块包括聚焦透镜 6、石英晶振 7、匹配电容 8 和跨阻抗放大器 9，所述聚焦透镜 6 为可见光波段具有高透过率（ $T>90\%$ ）的球面透镜，该聚焦透镜将 LED 光源 4 输出的光束聚焦于后续石英晶振表面，用以激励石英晶振形成稳定的机械振荡；所述石英晶振 7 为弯曲振动模式的商用 25 kHz 晶振，该石英晶振 7 的谐振频率在剥开其自身金属外壳后均能保持 Hz 数量级的微小差异；所述匹配电容 8（1-100 pF，根据晶振频率的差异数值，匹配电容 8 的大小从几到几十 pF）与石英晶振 7 直接串联，实现石英晶振 7 谐振频率的统一校准。所述跨阻抗放大器 9 的等效阻值为 1-50 M Ω 如 10 M Ω ，该跨阻抗放大器 9 连接石英晶振 7 其中一个引脚和匹配电容 8 的剩余引脚，用以将石英晶振 7 产生的微弱压电电流信号进行放大并转换为电压信号。

本发明实施例中所述的数据采集处理模块包括锁相放大器 10、数据采集卡 11，计算机 12 及其处理程序；所述锁相放大器 10 为多通道输入、前端数模转换以及数字锁相解调的锁相放大器，该锁相放大器 10 连接跨阻抗放大器 9 的放大输出端以解调石英晶振 7 固定频率下的信号响应幅值；所述数据采集卡 11 用于接收锁相放大器 10 解调石英晶振 7 的信号响应幅值，并将锁相放大器 10 各通道的测量结果传输至计算机 12 的数据处理程序；所述数据处理程序经多通道数据算法校准、浓度校正得到多点探测位置处的气体浓度信息。

所述驱动模块中函数发生器 1 产生的频率 f_0 高频信号包括且不限于短脉冲信号、方波信号、三角波信号等。

所述 LED 光源 4 包括且不限于紫外、可见光、红外波段的 LED 光源（LED 光源为非相干光源）、相干光源即各种波长的激光、黑体辐射源、各种波段的宽带光源等，所述金属封装与沉浸式准直透镜 5 包括且不限于其他形式（纯石英、

硅窗口封装)的LED封装方案、光束准直方案(常见的封装方式为平面窗口片封装,窗口片外准直形式),所述LED光源4经聚焦后作用于石英晶振7的表面位置可根据锁相放大器10解调石英晶振7固定频率 f_0 的信号幅值强度而改变优化(可以通过改变光束聚焦点在石英晶振上的位置,根据锁相放大器测量到的信号响应幅值大小来进行优化),其激励石英晶振7形成机械振荡包括且不限于其他形式的激励方式,如光声激励模式。

所述石英晶振7可根据LED光源4等不同激励形式而改动,同样的,所述石英晶振7包括且不限于低频弯曲振动模式、高频切变模式等工作方式、不同谐振频率的石英晶振,所述匹配电容8是为校准石英晶振的频率差异,可采用其他形式的校准方案,包括且不限于微型共振腔能量耦合、微加工、表面涂敷、温度调制等方案(其他形式的校准方案不用匹配电容。微型共振能量耦合是在石英晶振附近添加共振腔,微加工是采用打磨、腐蚀方法改变石英晶振的尺寸,表面涂敷是通过化学沉积的方法给石英晶振表面添加一定后的涂层,温度调制是改变石英晶振的工作温度)。

激励信号为LED光源4作用于石英晶振7上的光强度调制信号;函数发生器1产生的频率 f_0 的方波信号为输入到电源驱动器2上的调制信号;电源驱动器2产生的直流方波信号为驱动LED光源4的信号。三者信号的频率相同,波形相同。

所述驱动模块产生的激励信号为石英晶振7在设定气体浓度下的谐振频率,同时,函数发生器1产生频率 f_0 的方波信号传输至锁相放大器10中用以解调设定频率下石英晶振7的信号响应幅值;此外,锁相放大器10的参考解调模式包括且不限于直接的频率输入参考、同频率的模值解调等。

所述驱动模块以及信号采集处理模块可集成为板卡、单片机等硬件电路中,可进行数据、程序的移植与修改。

实施例1

如图1所示,本实施例的气体传感装置包括驱动模块、光源模块、测量模块、数据采集处理模块。

驱动模块包括函数发生器1和电源驱动器2,根据所选定的石英晶振7的固定频率 f_0 ,将函数发生器1设置为产生频率 f_0 的方波信号,该方波信号的占空比

为 50%，低电平为零值，高电平为 LED 光源 4 最大加载电压；函数发生器 1 输出的方波信号输入至电源驱动器 2 的调制端口，电源驱动器 2 将输出与函数发生器 1 产生的方波信号一致的直流方波信号，该直流方波信号连接至后续 LED 光源 4 实现固定频率 f_0 的强度调制。

光源模块包括 LED 光源 4、沉浸式准直透镜 5，LED 光源 4 为连续最大输出功率 20 mW 的 650 nm 红光 LED，其输出光首先由沉浸式准直透镜 5 进行光束准直输出，LED 光源 4 的外壳为金属封装，自然冷却的散热方式，与沉浸式准直透镜 5 封装为一体，在电源驱动器 2 固定频率 f_0 的驱动下，输出频率为 f_0 的强度调制光束。

测量模块包括聚焦透镜 6、石英晶振 7、匹配电容 8 和跨阻抗放大器 9，石英晶振 7 的一个引脚与匹配电容 8 的一个引脚串联，聚焦透镜 6 将 LED 光源 4 经沉浸式准直透镜 5 输出的准直光束进行汇聚，该汇聚光束的焦点作用于石英晶振 7 悬臂梁结合点的中心位置，石英晶振 7 受到频率为 f_0 的强度调制光激励，由其自身的谐振工作原理吸收光能转化为机械振动，该机械振动经由压电效应最终产生电信号，石英晶振 7 与匹配电容 8 连接，匹配电容 8 可实现石英晶振 7 谐振频率的统一校准从而实现多点探测端的匹配（多点探测端的石英晶振频率进行统一，测量所得信号强度幅值归一化即可实现多点匹配）。跨阻抗放大器 9 的等效阻值为 1-50 M Ω ，该跨阻抗放大器连接石英晶振 7 另一个引脚和匹配电容 8 的剩余引脚（石英晶振有两个引脚，匹配电容与其串联即可），跨阻抗放大器 9 将石英晶振 7 经过吸收光能转化的电信号（其为微弱压电电流信号）进行放大至 mV 量级并以电压信号的形式输出。

数据采集处理模块包括锁相放大器 10、数据采集卡 11 和计算机 12。跨阻抗放大器 9 输出的电压信号传输至锁相放大器 10 中进行解调，即锁相放大器 10 以函数发生器 1 设定方波信号的 f_0 频率为参考，对跨阻抗放大器 9 输出的电压信号进行一次谐波分量解调，解调输出的一次谐波信号幅值传输至数据采集卡 11，函数发生器 1 将其通道信息、时序信息传输至数据采集卡 11，数据采集卡 11 将锁相放大器 10 输出的电压信号与函数发生器 1 的通道信息、时序信息即成为数组形成各通道传感信息。数据采集卡 11 收集上述信号传输至计算机 12 上的上位机数据处理程序，计算机 12 上的上位机软件将数据采集卡 11 收集的数据，包括

函数发生器 1 的通道信息、时序信息以及锁相放大器 10 的电压信号集成成数组，最终形成各通道的传感信息，继而实现多点气体浓度的探测。

在实际测量过程中，首先可用频率变化的扫频信号去获取获得石英晶振 7 的固定频率 f_0 。利用函数发生器 1 输出一个固定幅值的扫频信号控制 LED 光源 4 输出一个频率变化的强度调制光强，LED 光源 4 的输出光束激励石英晶振 7 形成机械振动，石英晶振 7 产生的电信号通过跨阻抗放大器 9 放大后输入至锁相放大器 10 中。锁相放大器 10 的参考信号始终与函数发生器 1 的输出扫描频率保持一致，通过相关解调获得石英晶振 7 在不同频率下一次谐波信号的响应幅值。至此，便可获得石英晶振 7 的频率响应特性及其谐振频率即固定频率 f_0 。相同浓度、不同种类的气体对石英晶振频率的影响因子不同，根据这一原理可鉴别其种类。在固定 LED 激励频率下，同一种气体不同浓度将直接影响石英晶振的信号响应幅值。为了实现探测气体浓度的标定，首先将光源模块以及测量模块所在的探测气室 3 分别注入不同浓度的 CH_4 气体（通入的是包含 CH_4 气体和背景气体的混合气体），测量不同浓度下石英晶振 7 的频率响应特性及其谐振频率。如图 2 所示：探测气室 3 分别通入体积浓度为 10%、20%、30%、40%、50% 的 CH_4 气体，函数发生器 1 输出扫频信号（一个频率变化的方波信号），通过锁相放大器 10 解调石英晶振 7 的频率响应幅值即可得到其形如洛伦兹线型的特性曲线其中，横坐标为赫兹（Hz），纵坐标为信号幅值（mV）。其中，在某一个浓度下测量所获得的曲线最大值对应的频率即为石英晶振 7 在该浓度下的谐振频率。可以清晰的看出，随着气体浓度增大，石英晶振 7 的谐振频率逐渐增大。这是由于气体分子数与背景气体（空气、氮气）的分子数存在差异，致使石英晶振 7 在气体环境中的粘滞力以及谐振阻尼发生改变。因此，石英晶振 7 的谐振频率将发生改变，而气体的粘滞效应与气体分子数有直接的关联，利用这一原理便可通过测量石英晶振 7 的频率响应特性来鉴别气体种类。相同浓度的不同种类气体对石英晶振的粘滞力不同，利用这一原理即可实现种类的鉴别，具体可测量石英晶振在相同浓度、不同种类气体下的频率漂移量、纯背景气体以及纯目标气体下频率漂移量以及 f_0 频率下的信号响应幅值来做种类的标记（在实际应用中，可先针对各种气体做一个标定工作）。在本实施例中，为了提高检测速度、探测灵敏度，如图 2 所示，将函数发生器 1 输出的方波信号频率固定为 f_0 ，当气体浓度发生改变时，测量石

英晶振 7 在 f_0 频率下的信号响应幅值将会发生变化,其变化值大小的测量是迅速的、直接的。为此,如图 3 所示:其中,横坐标为时间 (s),纵坐标为信号幅值 (μV),将函数发生器 1 输出的方波信号的频率固定为 f_0 ,仅为示例,向探测气室 3 内分时通入体积浓度为 5%、10%、15%、20%、25%、30%、35%、40% 的 CH_4 、 N_2 混合气体,验证本发明实施例气体传感装置的测量速度与探测灵敏度,通过锁相放大器 10 解调石英晶振 7 在 f_0 频率下的响应幅值。在整个过程中,测量是连续的,浓度的变化是通过更改质量流量配气系统中的混合流速实现,因此可以观察到浓度变化以及变化过程中的过充和波动。图 3 结果表明,石英晶振 7 在固定 LED 调制频率 f_0 的激励、通入不同浓度 CH_4 气体时,石英晶振 7 的信号响应幅值将发生改变。即证明,本实施例采用固定频率激励石英晶振 7 可实现目标检测气体的浓度测量。图 3 所述示例受测试所使用的气管路长度局限,只作为一种现象展示。在实际应用中,本实施例的气体传感装置响应时间小于秒量级并有着更加优异的检测性能。

为了实现多点分布式测量,探测气室 3 所包含的光源模块、测量模块将以探测单元 (3、4、5、6、7、8、9 构成一个探测单元) 的形式连接在整个系统中,其具体连接形式如图 1 中的 3'、3'' (3'、3''中都含有 4、5、6、7、8、9 这些元件)。图 1 中的箭头表示气体的通入和流出。通过装配测量模块中的匹配电容 8 便可校准多个探测单元中石英晶振 7 的谐振频率,从而实现整个传感系统同频率驱动、多点探测的同时解调。图 1 中列出了三个探测单元仅作为一个示例,具体所需的探测单元数根据实际应用需求而定。

本发明实施例公开了一种气体传感装置,基于石英晶振 7 所处环境气体的粘滞效应实现气体浓度的检测;其包括驱动模块、光源模块、测量模块、数据采集处理模块;驱动模块用于产生驱动 LED 光源 4 的强度调制信号;光源模块用于激励石英晶振 7 形成机械振动,在固定频率、强度的激励条件下使得石英晶振 7 能够对气体粘滞效应做出响应;测量模块用于检测石英晶振 7 所处环境中气体粘滞效应的变化,获得在不同浓度气体对应的石英晶振 7 信号响应幅值;数据采集处理模块将采集石英晶振 7 产生的信号以及同步驱动模块中的相关信号,获得多点探测信号并对其进行计算后处理,以得到不同探测点的气体浓度及浓度变化信息。相比可调谐激光二极管吸收光谱、腔衰荡光谱、法拉第磁旋转光谱、光声光

谱等利用相干光源气体的指纹特征探测检测手段而言,本发明实施例有效提高了检测气体种类的适应性,并且显著降低了核心元器件的成本,实现多点分布式测量,弱化了光源本身的限制因素,针对易燃易爆等高风险性气体实现更加安全、快速、可靠的检测需求。

实施例 2:

本实施例提供一种气体传感装置,包括驱动模块、光源模块、测量模块、数据采集处理模块。

本实施例的驱动模块包括函数发生器 1、电源驱动器 2;所述函数发生器 1 首先产生一个方波形式的扫频信号输入至电源驱动器 2,所述电源驱动器 2 接收函数发生器 1 的方波信号产生同频率的方波直流驱动电流,并对后续光源实现强度调制;在确定选取调制频率 f_0 后,函数发生器 1 的输出方波频率将固定为 f_0 并输出至电源驱动器 2。

进一步地,所述函数发生器 1 产生固定频率的方波驱动信号作为光源强度调制信号实现石英晶振的有效激励,包括但不限于三角波信号激励源、正弦波激励源,也不限于连续光后端的强度调制方式如斩波器、声光调制、电光调制等方式。当采用三角波、正弦波激励源时,只是对上述示例中的方波信号进行替换。连续光后端的强度调制均添加相应的调制器,此时电源驱动器 2 仅需要一个恒定的电流输出。

本实施例的光源模块包括 LED 光源 4、沉浸式准直透镜 5;所述 LED 光源 4 为输出波长为 400-760 nm、功率 20 mW 的 LED 光源,其封装形式为金属封装且作自然冷却的方式散热;所述沉浸式准直透镜 5 与 LED 光源 4 的金属封装形成一个整体结构,在器件尺寸上可做高度集成;所述 LED 光源 4 经由电源驱动器 2 输出的直流方波电流信号驱动输出稳定频率的强度调制光束,此光束再由沉浸式准直透镜 5 准直输出。

进一步地,所述 LED 光源 4 可以为输出波长为 400-760 nm,功率为 20 mW,金属外壳封装形式,所述沉浸式准直透镜 5 与 LED 光源 4 的金属外壳封装形成为一体。

进一步地,所述 LED 光源 4 作为激励石英晶振产生机械振动的驱动源包括但不限于紫外、可见光、红外波段 LED 光源以及相干光源(各种波长的激光、黑体辐射源、各种波段的宽带光源等);所述沉浸式准直透镜 5 用作准直激励光

源包括但不限于多透镜组光学系统、折射率渐变聚合物、抛物面反射镜等光学元件。

本实施例的测量模块包括聚焦透镜 6、石英晶振 7、匹配电容 8、跨阻抗放大器 9；所述聚焦透镜 6 将 LED 光源 4 以及沉浸式准直透镜 5 输出的准直光束进行聚焦，其聚焦光斑入射至石英晶振 7 悬臂梁结合点的中心位置，所述石英晶振 7 为商用的谐振频率为 25 kHz 的音叉式晶振，其引脚一端连接至匹配电容 8，所述匹配电容 8 用于校准调谐多个探测单元中石英晶振 7 的谐振频率，以匹配出相等的频率值，将多个探测单元的每个石英晶振频率校准为相等。所述跨阻抗放大器 9 的等效阻值为 1-50 M Ω ，其将石英晶振 7 产生的压电电流信号放大输出为电压信号。进一步地，测量模块中的石英晶振 7 作为核心气体检测器件，利用气体粘滞效应原理作为测量依据包括但不限于不同谐振频率的石英晶振，如常见的 32.768 kHz, 30.72 kHz, 38 kHz 等，同时也不限于非音叉式的石英晶振，如面切变形式的高频 MHz 量级频率器件等。

进一步地，所述匹配电容 8 作为石英晶振 7 频率校准匹配元件（如果只有一个探测单元，则不需要匹配电容 8），实现同频调制、解调下的多点分布检测，包括但不限于其他形式的频率校准补偿手段如温度调制、压强调制、晶振研磨等。

本实施例的数据采集处理模块包括锁相放大器 10、数据采集卡 11、计算机 12；所述锁相放大器 10 为多通道解调，以函数发生器 1 输出的方波信号频率为参考，解调石英晶振 7 经跨阻抗放大器 9 放大输出电信号的一次谐波分量幅值；所述数据采集卡 11 接收锁相放大器 10 解调的信号以及函数发生器 1 输出的通道信息、时序信息、同步信号，最终传输至计算机 12 的上位机数据处理程序中。

进一步地，所述传感装置在本实施例中以 CH₄ 作为目标检测气体，其广泛适应性包括但不限于气体与背景气体（氮气、空气）分子数相差较大的气体如 H₂、He、CO₂、NO₂、C₆H₆ 以及聚合物气体等种类。

总体而言，与现有光谱式气体传感测量器相比，本发明上述实施例主要具备以下有益效果：

（1）本发明实施例的气体传感装置通过使用 LED 光源激励石英晶振，测量固定频率下的信号响应幅值，避免了使用单色性较好的激光器存在波长漂移导致气体吸收峰失配的局限；本发明实施例与现有技术如 CN 113218901 A、CN 104280340 A 等专利的基本原理不同，上述现有技术中，LED 光源都是用作气体

吸收，需要对应所探测气体的特征吸收谱线来选取 LED 输出的中心波长。本发明实施例中的 LED 是用来激励石英晶振产生振动，与所要探测的气体种类无关，因此针对气体种类的探测而言有着广泛的适应性。上述现有技术利用了吸收光谱技术原理，本发明实施例与气体吸收光谱无关，因此可视为免光谱标定的新方法，避免使用吸收光谱法中普遍存在光源波长漂移的缺点。

(2) 本发明实施例的气体传感装置基于不同气体分子数与背景气体如空气、氮气环境下针对石英晶振存在不同粘滞效应的原理，从而实现气体的种类鉴别与浓度反演，因此拥有广泛的适应性；

(3) 本发明实施例的气体传感装置所测量的是石英晶振固定频率下的信号响应幅值，相比测量其频率漂移原理可实现更快的响应速度；

(4) 本发明实施例的气体传感装置所使用的核心器件 LED 光源、石英晶振均具有巨大的成本优势，相比传统光谱式测量技术而言，省去了激光器、光电探测器等价格高昂的设备，可实现多点分布测量，在远距离天然气运输管道的泄漏检测中具有更高的实用价值。

以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明，不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下，还可以做出若干等同替代或明显变型，而且性能或用途相同，都应当视为属于本发明的保护范围。

1、一种气体传感装置，其特征在于，包括驱动模块、光源模块、测量模块以及数据采集处理模块，所述驱动模块与所述光源模块相连，所述测量模块与所述数据采集处理模块相连；所述驱动模块用于驱动所述光源模块产生固定频率的强度调制光；所述测量模块包括设置于待测气体环境中的石英晶振，所述光源模块发出的所述强度调制光用于激励所述石英晶振形成机械振动，所述机械振动经由压电效应产生电信号，所述电信号含有所述石英晶振在所述固定频率下产生的与待测气体种类和浓度对应的信号响应幅值信息；所述数据采集处理模块用于采集所述电信号，根据所述信号响应幅值确定所述待测气体的浓度信息。

2、如权利要求 1 所述的气体传感装置，其特征在于，所述数据采集处理模块包括锁相放大器、数据采集卡和数据处理装置，所述测量模块连接所述锁相放大器，所述数据采集卡连接在所述锁相放大器和所述数据处理装置之间，所述锁相放大器用于以所述固定频率为参考，对所述电信号进行一次谐波分量解调，输出一谐波信号幅值传输至所述数据采集卡，所述数据采集卡将采集的数据传输至所述数据处理装置进行处理。

3、如权利要求 2 所述的气体传感装置，其特征在于，所述驱动模块包括函数发生器和电源驱动器，所述函数发生器连接所述电源驱动器和所述锁相放大器，所述电源驱动器连接所述光源模块，所述电源驱动器接收所述函数发生器的光源强度调制信号以产生同频率的驱动电流，由所述驱动电流对所述光源模块实现光源强度调制。

4、如权利要求 3 所述的气体传感装置，其特征在于，所述固定频率通过如下方式获得：所述函数发生器输出固定幅值而频率变化的扫频信号，控制所述光源模块输出频率变化的强度调制光，所述锁相放大器利用与所述函数发生器的扫频信号频率一致的参考信号，通过相关解调获得所述石英晶振在所述待测气体环境中的频率响应特性及其谐振频率，其中，所述谐振频率为所述石英晶振的频率响应幅值的特性曲线的最大值对应的频率；其中，所述数据采集处理模块根据所述石英晶振的频率响应特性确定待测气体的种类。

5、如权利要求 1 至 4 任一项所述的气体传感装置，其特征在于，所述光源模块包括光源和准直透镜，所述光源经由所述驱动模块驱动而输出所述强度调制光，所述准直透镜用于将所述强度调制光准直后输出；其中，所述光源为 LED

光源或相干光源。

6、如权利要求 1 至 4 任一项所述的气体传感装置，其特征在于，所述测量模块还包括聚焦透镜，所述聚焦透镜用于对所述光源模块输出的光束进行汇聚，并使汇聚光束的焦点作用于所述石英晶振的悬臂梁结合点的中心位置。

7、如权利要求 2 至 4 任一项所述的气体传感装置，其特征在于，所述测量模块还包括跨阻抗放大器，所述跨阻抗放大器连接在所述石英晶振与所述锁相放大器之间，用于将所述石英晶振吸收光能转化的电信号进行放大并以电压信号的形式输出，所述电压信号传输至所述锁相放大器中进行解调。

8、如权利要求 7 所述的气体传感装置，其特征在于，包括分别设置在不同探测点的多组所述光源模块和所述测量模块；其中，所述测量模块还包括匹配电容，所述石英晶振的一个引脚与所述匹配电容的一个引脚串联，所述跨阻抗放大器连接所述石英晶振的另一个引脚和匹配电容的剩余引脚，所述匹配电容用于多个所述石英晶振的谐振频率的统一校准从而实现多点探测端的频率值的匹配；所述锁相放大器为多通道输入，所述锁相放大器输出的电压信号与所述函数发生器的通道信息、时序信息集成为数组形成各通道传感信息，以实现多探测点气体浓度的探测。

9、如权利要求 2 至 4 任一项所述的气体传感装置，其特征在于，包括分别设置在不同探测点的多组所述光源模块和所述测量模块；通过微型共振腔能量耦合、微加工、表面涂敷或温度调制的方式实现多个所述石英晶振的谐振频率的统一校准，其中，所述微型共振能量耦合是在所述石英晶振的附近添加共振腔，所述微加工是通过打磨或腐蚀调节所述石英晶振的尺寸，所述表面涂敷是通过化学沉积在所述石英晶振表面添加涂层，所述温度调制是调节所述石英晶振的工作温度；所述锁相放大器为多通道输入，所述锁相放大器输出的电压信号与所述函数发生器的通道信息、时序信息集成为数组形成各通道传感信息，以实现多探测点气体浓度的探测。

10、如权利要求 1 至 4 任一项所述的气体传感装置，其特征在于，所述驱动模块为实现光调制所用的调制信号为方波信号、脉冲信号、三角波信号或正弦波信号。

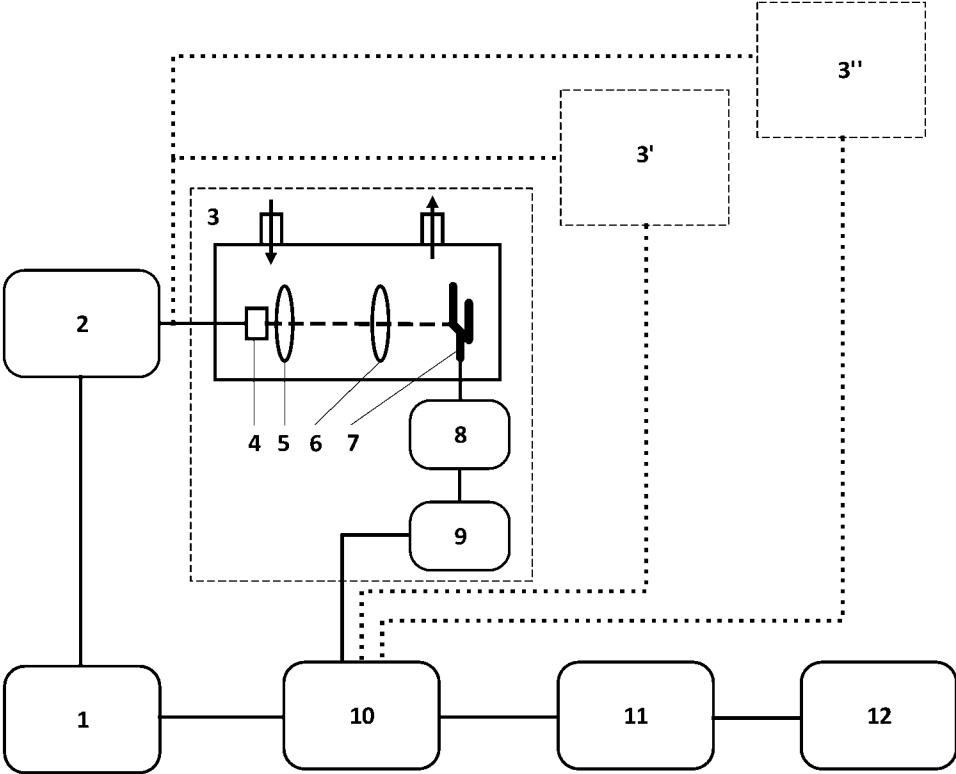


图 1

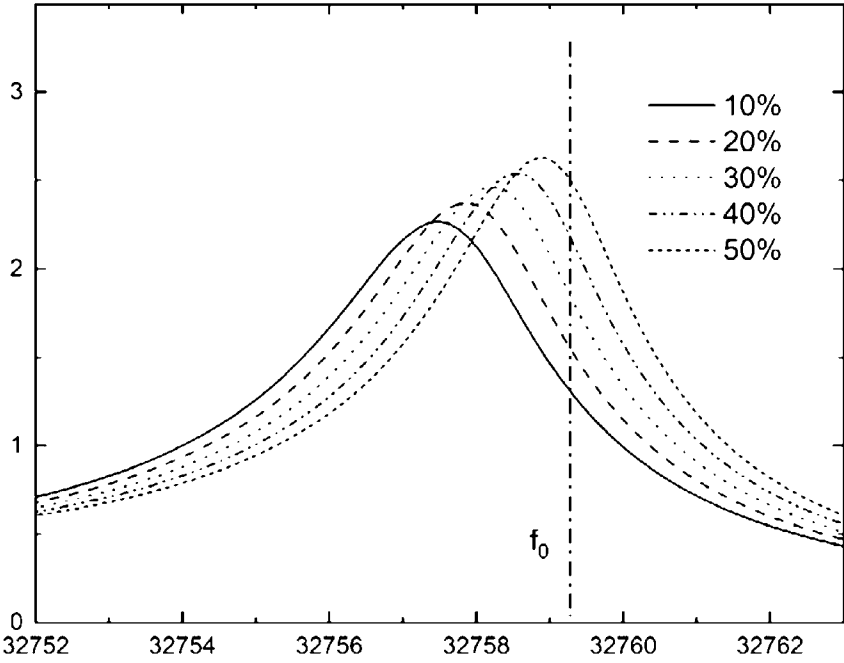


图 2

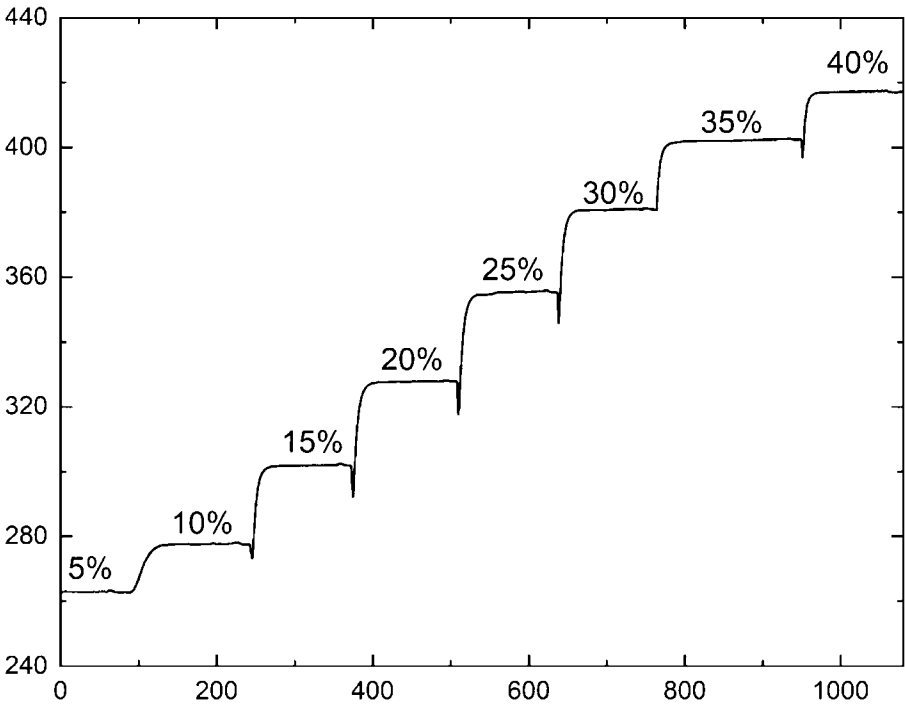


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/076640

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 21/01(2006.01)i; G01N 21/17(2006.01)i; G01N 21/25(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: G01N 21/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI, CNABS, CNTXT, ENTXTC, VEN: 气体, 浓度, 含量, 检测, 探测, 传感, 石英晶振, 音叉, 光声, gas, concentration, content, detect+, sens+, quartz crystal oscillator, photoacoustic

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 104280340 A (SHANXI UNIVERSITY) 14 January 2015 (2015-01-14) description, paragraphs 29-33, and figures 1-5	1-10
X	CN 107064012 A (SHANXI UNIVERSITY) 18 August 2017 (2017-08-18) description, paragraphs 37-48, and figures 3-8	1-10
A	CN 111272663 A (SHANXI UNIVERSITY) 12 June 2020 (2020-06-12) entire document	1-10
A	CN 103175791 A (SHANXI UNIVERSITY) 26 June 2013 (2013-06-26) entire document	1-10
A	CN 103884419 A (SHANXI UNIVERSITY) 25 June 2014 (2014-06-25) entire document	1-10
A	CN 104237135 A (NORTHEAST FORESTRY UNIVERSITY) 24 December 2014 (2014-12-24) entire document	1-10
A	CN 104316466 A (SHANDONG UNIVERSITY) 28 January 2015 (2015-01-28) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 July 2023

Date of mailing of the international search report

28 July 2023

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/076640

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2019017924 A1 (CYMER LLC) 17 January 2019 (2019-01-17) entire document	1-10
A	WO 2016117796 A2 (KOREA RESEARCH INSTITUTE OF STANDARDS AND SCIENCE) 28 July 2016 (2016-07-28) entire document	1-10
A	WO 2022121457 A1 (STATE GRID ANHUI ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE et al.) 16 June 2022 (2022-06-16) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/076640

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	104280340	A	14 January 2015	None			
CN	107064012	A	18 August 2017	WO	2018188429	A1	18 October 2018
				US	2020232906	A1	23 July 2020
				US	11073469	B2	27 July 2021
CN	111272663	A	12 June 2020	None			
CN	103175791	A	26 June 2013	None			
CN	103884419	A	25 June 2014	None			
CN	104237135	A	24 December 2014	None			
CN	104316466	A	28 January 2015	None			
US	2019017924	A1	17 January 2019	US	2019170635	A1	06 June 2019
				US	10852227	B2	01 December 2020
				WO	2019014276	A1	17 January 2019
				KR	20200015755	A	12 February 2020
				KR	102294664	B1	26 August 2021
				TW	201917374	A	01 May 2019
				TWI	680290	B	21 December 2019
				US	10228322	B2	12 March 2019
				JP	2020526738	A	31 August 2020
				JP	7085571	B2	16 June 2022
WO	2016117796	A2	28 July 2016	WO	2016117796	A3	18 May 2017
				KR	101632269	B1	21 June 2016
WO	2022121457	A1	16 June 2022	None			

A. 主题的分类 G01N 21/01(2006.01)i; G01N 21/17(2006.01)i; G01N 21/25(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) IPC: G01N 21/- 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNKI, CNABS, CNTXT, ENTXTC, VEN, 气体, 浓度, 含量, 检测, 探测, 传感, 石英晶振, 音叉, 光声, gas, concentration, content, detect+, sens+, quartz crystal oscillator, photoacoustic		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 104280340 A (山西大学) 2015年1月14日 (2015 - 01 - 14) 说明书第29-33段和图1-5	1-10
X	CN 107064012 A (山西大学) 2017年8月18日 (2017 - 08 - 18) 说明书第37-48段和图3-8	1-10
A	CN 111272663 A (山西大学) 2020年6月12日 (2020 - 06 - 12) 全文	1-10
A	CN 103175791 A (山西大学) 2013年6月26日 (2013 - 06 - 26) 全文	1-10
A	CN 103884419 A (山西大学) 2014年6月25日 (2014 - 06 - 25) 全文	1-10
A	CN 104237135 A (东北林业大学) 2014年12月24日 (2014 - 12 - 24) 全文	1-10
A	CN 104316466 A (山东大学) 2015年1月28日 (2015 - 01 - 28) 全文	1-10
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “D” 申请人在国际申请中引证的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2023年7月26日		国际检索报告邮寄日期 2023年7月28日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088		授权官员 王树玲 电话号码 (+86) 62085649

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	US 2019017924 A1 (CYMER LLC) 2019年1月17日 (2019 - 01 - 17) 全文	1-10
A	W0 2016117796 A2 (KOREA RES INST OF STANDARDS) 2016年7月28日 (2016 - 07 - 28) 全文	1-10
A	W0 2022121457 A1 (STATE GRID ANHUI ELECTRIC POWER RES INSTITUTE 等) 2022年6月16日 (2022 - 06 - 16) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/076640

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	104280340	A	2015年1月14日	无			
CN	107064012	A	2017年8月18日	WO	2018188429	A1	2018年10月18日
				US	2020232906	A1	2020年7月23日
				US	11073469	B2	2021年7月27日
CN	111272663	A	2020年6月12日	无			
CN	103175791	A	2013年6月26日	无			
CN	103884419	A	2014年6月25日	无			
CN	104237135	A	2014年12月24日	无			
CN	104316466	A	2015年1月28日	无			
US	2019017924	A1	2019年1月17日	US	2019170635	A1	2019年6月6日
				US	10852227	B2	2020年12月1日
				WO	2019014276	A1	2019年1月17日
				KR	20200015755	A	2020年2月12日
				KR	102294664	B1	2021年8月26日
				TW	201917374	A	2019年5月1日
				TWI	680290	B	2019年12月21日
				US	10228322	B2	2019年3月12日
				JP	2020526738	A	2020年8月31日
				JP	7085571	B2	2022年6月16日
WO	2016117796	A2	2016年7月28日	WO	2016117796	A3	2017年5月18日
				KR	101632269	B1	2016年6月21日
WO	2022121457	A1	2022年6月16日	无			