



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115326757 B

(45) 授权公告日 2025. 10. 10

(21) 申请号 202210988814.5

(22) 申请日 2022.08.17

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 115326757 A

(43) 申请公布日 2022.11.11

(73) 专利权人 香港理工大学深圳研究院  
地址 518057 广东省深圳市南山区粤海街  
道高新技术产业园南区粤兴一道18号  
香港理工大学产学研大楼205室

(72) 发明人 靳伟 鲍海泓 郭林浩 姜寿林  
何海律

(74) 专利代理机构 深圳市君胜知识产权代理事  
务所(普通合伙) 44268  
专利代理师 谢松 吴志益

(51) Int.Cl.

G01N 21/45 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 101451959 A, 2009.06.10

汪超等. 空芯光纤光热干涉法用于痕量氨气  
传感研究. 航天器环境工程. 2019, 第36卷(第5  
期), 第1-3节, 图1-8.

Lin hao Guo等. Ultra-Compact Optical  
Fiber Gas Sensor With High Sensitivity,  
Fast Response and Large Dynamic  
Range. JOURNAL OF LIGHTWAVE  
TECHNOLOGY. 2024, 第42卷(第7期), 第2617-2624  
页.

审查员 胡巧梅

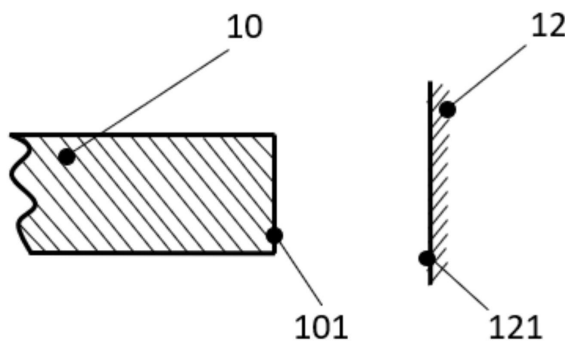
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

## (54) 发明名称

一种气体浓度传感器和气体浓度检测装置

## (57) 摘要

本发明适用于气体测量传感装置技术领域, 提供了一种气体浓度传感器和气体浓度检测装置, 气体浓度传感器包括入射波导和反射元件, 入射波导与反射元件对接形成光纤珐珀干涉仪, 入射波导和反射元件两相对端面的间隙不高于 500  $\mu\text{m}$ 。待测气体填充至光纤珐珀干涉仪后, 将探测光和泵浦光输入光纤珐珀干涉仪内, 扫描泵浦光的波长经过待测气体的吸收线, 产生光热相位调制, 通过解调探测光相位信息, 获得待测气体的浓度。本申请传感器体积小, 结构简单, 稳定性好, 气体检测响应速度快, 能够实现十亿分之一量级的气体浓度检测下限。



1. 一种气体浓度传感器,其特征在于,包括:入射波导和反射元件,所述入射波导的端面与所述反射元件的端面相对设置形成光纤珐珀干涉仪,所述入射波导的端面和所述反射元件的端面之间的间隙不高于 $500\mu\text{m}$ ;所述间隙内存在待测气体,泵浦光进入到所述间隙后,部分光能量被所述待测气体吸收,并从低能级态跃迁至激发态,激发态的待测气体以非辐射弛豫方式释放出所吸收的能量,并转换为热能,导致所述间隙内温度的变化以及所述待测气体的密度和压力变化,最后引起折射率的变化,从而导致对探测光的光热相位调制;所述入射波导的端面和所述反射元件的端面相互平行,所述泵浦光和所述探测光在所述入射波导的端面和所述反射元件的端面之间多次反射和多次透射,透射的探测光与前一次透射的探测光的距离恒定,并形成干涉。

2. 如权利要求1所述的气体浓度传感器,其特征在于,所述入射波导为单模光纤,光子晶体光纤,光学波导中的一种。

3. 如权利要求1所述的气体浓度传感器,其特征在于,所述入射波导的端面的反射率与所述反射元件的端面的反射率相匹配。

4. 如权利要求1所述的气体浓度传感器,其特征在于,所述入射波导的端面覆盖第一超材料,所述第一超材料用于调控所述入射波导的端面出射的检测光的光束准直度和/或将所述入射波导的端面出射的检测光调控为贝塞尔光束;和/或

所述反射元件的端面覆盖第二超材料,所述第一超材料用于调控所述反射元件的端面反射的检测光的光束准直度。

5. 如权利要求1所述的气体浓度传感器,其特征在于,所述入射波导和所述反射元件采用机械连接或者焊接,或所述光纤珐珀干涉仪通过在传输光纤或光学波导上加工微槽的方式形成;所述机械连接包括使用套管,毛细管,机械连接器连接和粘接中的至少一种;所述焊接包括激光焊接,电弧焊接中的至少一种;所述微槽加工包括紫外激光加工,飞秒激光加工,红外激光加工,离子束刻蚀,电子束刻蚀,3D打印中的至少一种。

6. 如权利要求1所述的气体浓度传感器,其特征在于,所述入射波导的端面和所述反射元件的端面之间的间隙为 $90\sim 200\mu\text{m}$ 。

7. 一种气体浓度检测方法,其特征在于,采用如权利要求1-6任一项所述的气体浓度传感器,所述气体浓度检测方法包括:

待测气体填充至光纤珐珀干涉仪的间隙内;

将探测光和泵浦光输入光纤珐珀干涉仪的入射波导内,扫描泵浦光的波长经过待测气体的吸收线,产生光热相位调制;

通过解调透射回的探测光的相位信息,获得待测气体的浓度。

8. 一种气体浓度检测装置,其特征在于,包括:

如权利要求1-6任一项所述的气体浓度传感器、用于产生泵浦光的泵浦光源、用于产生探测光的探测光源、光电探测器和用于对所述光纤珐珀干涉仪输出进行解调的信号检测组件;

所述泵浦光源以及所述探测光源均连接在所述入射波导的输入端,所述光电探测器接收从所述光纤珐珀干涉仪返回的探测光干涉信号,所述光电探测器的输出端与所述信号检测组件的输入端连接,所述信号检测组件解调返回的探测光相位信息,得到所述待测气体的浓度。

9. 如权利要求8所述的气体浓度检测装置,其特征在于,所述气体浓度检测装置还包括:波分复用器和光学环形器;

所述泵浦光源包括:泵浦光激光器,光学功率放大器以及用于对泵浦光进行调制的调制组件;

所述调制组件的输出端与所述泵浦光激光器的调制输入端连接,所述泵浦光激光器的输出端与所述光学功率放大器的输入端连接,所述光学功率放大器的输出端与所述波分复用器的一端连接,所述波分复用器的另一端与所述入射波导的输入端连接;所述光学环形器的1端口与所述探测光源的输出端连接;所述光学环形器的2端口与所述波分复用器的一端连接;所述光学环形器的3端口与所述光电探测器连接。

10. 一种气体浓度检测装置的控制方法,其特征在于,采用如权利要求8-9任一项所述的气体浓度检测装置,所述控制方法包括:

当待测气体填充至光纤珐珀干涉仪的间隙内时,控制探测光源和泵浦光源将探测光和泵浦光输入光纤珐珀干涉仪的入射波导内,并扫描泵浦光的波长经过待测气体的吸收线,产生光热相位调制;

通过光电探测器探测透射回的探测光,并通过信号检测组件解调透射回的探测光的相位信息,获得待测气体的浓度。

## 一种气体浓度传感器和气体浓度检测装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及气体测量传感装置技术领域,具体涉及一种气体浓度传感器和气体浓度检测装置。

### 背景技术

[0002] 高精度气体检测在疾病诊断、环境污染物监控和工业气体泄露报警等诸多领域起到非常重要的作用。基于气体吸收光谱的高精度气体检测技术,通过对准待测气体吸收线的激光和气体的相互作用,检测通过气体后透射激光性质的变化,确定待测气体的浓度。其中,可调二极管激光吸收光谱技术(TDLAS)基于入射光的强度检测进行气体浓度测量,但是背景噪声水平较高,气体检测的灵敏度不高。而基于激光光热效应的气体检测技术,通过对准待测气体吸收线的泵浦光和气体相互作用的同时,将另一波长的探测光通过气体,通过检测探测光的光热相位变化可以实现气体浓度的高灵敏度检测。早期的光热干涉法在自由空间光学系统中进行,系统庞大且复杂,气体检测灵敏度受到低效光热相位和大的低频噪声的限制。近年来,随着光纤技术的发展,基于光纤传感系统的气体检测得到广泛研究。其中,基于微纳结构光纤的气体检测技术,将待测气体填充到光纤中,通入泵浦光和探测光后,实现气体的高灵敏度检测。但该类方法的高灵敏度要求光纤的长度足够长,从几厘米到几米不等,以实现较高的累积光热相位,但长距离增加了系统的响应时间,同时长距离光纤的稳定性较差,使用过程中需要伺服控制系统稳定光热干涉的工作点。探头体积大、响应时间长和稳定性差,限制了这类光热干涉技术在特定场景下的应用。因此,急需一种能够实现高精度气体检测的同时,响应时间短、探头体积小和稳定性好的气体浓度传感器和气体浓度检测装置,能够用于痕量气体实时检测和小空间检测。

### 发明内容

[0003] 针对现有技术存在的问题,本发明的目的在于提供一种气体浓度传感器,旨在解决传统的高精度气体检测中探头体积大、响应时间长和稳定性差的技术问题。

[0004] 为了实现上述发明目的,本发明的技术方案为:

[0005] 一种气体浓度传感器,包括入射波导和反射元件,所述入射波导的端面与所述反射元件的端面相对设置形成光纤珐珀干涉仪,所述入射波导的端面和所述反射元件的端面之间的间隙不高于 $500\mu\text{m}$ 。

[0006] 所述入射波导内的泵浦光自所述入射波导的端面出射,并与所述间隙内的待测气体产生光热相位调制。可选地,所述入射波导内的检测光自所述入射波导的端面出射,在所述间隙内发生多次反射,并多次透射回所述入射波导,以根据透射回的探测光的相位信息得到所述待测气体的浓度。

[0007] 待测气体填充至光纤珐珀干涉仪的间隙(即微腔或光纤谐振腔)后,将探测光和泵浦光输入光纤珐珀干涉仪内,扫描泵浦光的波长经过待测气体的吸收线,产生光热相位调制,通过解调探测光的相位信息,获得待测气体的浓度。现有技术的端面间隙在几厘米和几

米之间,不利于泵浦光与气体作用后光热效率的提升。本发明形成光纤珉珀干涉仪并将端面的间隙降低至 $500\mu\text{m}$ 以内,能够有效提高光热效率,从而提高检测精度,同时缩小传感器的体积。

[0008] 可选地,所述入射波导为单模光纤,通过采用单模光纤,能够减少模式干涉,提高检测精度,同时单模光纤获取方便,价格便宜。所述入射波导还可以采用光子晶体光纤或光学波导。

[0009] 可选地,所述反射元件为端面具有一定反射率的物体,反射率位于1-100%,通过反射一部分的探测光到入射波导,与入射波导端面反射的探测光形成干涉。

[0010] 可选地,通过入射波导的端面出射的探测光照射到反射元件的端面时,反射一部分的探测光到入射波导的端面,到达入射波导的端面的探测光会反射一部分探测光并透射另一部分探测光,经过多次反射和多次透射时,由于每次透射的探测光与前一次透射的探测光的距离恒定,则可以形成干涉。

[0011] 可选地,所述入射波导端面的反射率位于1-100%,并与所述反射元件的端面反射率相匹配,能够提高所述光纤珉珀干涉仪的对比度,提高检测精度。

[0012] 可选地,所述入射波导端面覆盖第一超材料,调控出射光的光束准直度,能够增强光热效应,提高检测精度;或者将出射光调控为贝塞尔光束,能够增强光热效应,提高检测精度。

[0013] 可选地,所述反射元件端面覆盖第二超材料,调控反射光的光束准直度,能够提高所述光纤珉珀干涉仪的对比度,提高检测精度。

[0014] 进一步地,所述入射波导和所述反射元件采用机械连接或者焊接,或所述光纤珉珀干涉仪通过在传输光纤或光学波导上加工微槽的方式形成;所述机械连接包括使用套管,毛细管,机械连接器连接和粘接中的至少一种;所述焊接包括激光焊接,电弧焊接中的至少一种;所述微槽加工包括紫外激光加工,飞秒激光加工,红外激光加工,离子束刻蚀,电子束刻蚀,3D打印中的至少一种。

[0015] 所述入射波导和所述反射元件的对接采用套管连接,所述套管留有气孔或气缝。通过采用套管连接,能够较好对准入射波导和反射元件的端面,提高所述光纤珉珀干涉仪的对比度,提高检测精度,同时气孔和气缝用于待测气体进入。

[0016] 进一步地,所述入射波导的端面和所述反射元件的端面之间的间隙为 $90\sim 200\mu\text{m}$ 。通过进一步将间隙限制在该范围,能够同时保持高光热效率和所述光纤珉珀干涉仪的高对比度,提高检测精度。

[0017] 为了实现上述发明目的,本发明还提供了一种气体浓度检测装置,包括如上所述气体浓度传感器、用于产生泵浦光的泵浦光源、用于产生探测光的探测光源、光电探测器和用于对所述光纤珉珀干涉仪输出进行解调的信号检测组件,所述泵浦光源以及所述探测光源均连接在所述入射波导的输入端,所述光电探测器接收从所述光纤珉珀干涉仪返回的探测光干涉信号,所述光电探测器的输出端与所述信号检测组件的输入端连接,所述信号检测组件解调返回的探测光相位信息,得到所述待测气体的浓度。

[0018] 进一步地,所述气体浓度检测装置还包括:波分复用器;所述泵浦光源包括:泵浦光激光器,光学功率放大器以及用于对泵浦光进行调制的调制组件。所述调制组件的输出端与所述泵浦激光器的调制输入端连接,所述泵浦光激光器的输出端与所述光学功率放大

器的输入端连接,所述光学功率放大器的输出端与所述波分复用器的一端连接,所述波分复用器的另一端与所述入射波导的输入端连接。所述波分复用器用于泵浦光和探测光的合束,通过提高泵浦光功率,能够增强光热效应,提高检测精度。

[0019] 可选地,所述气体浓度检测装置还包括:光学环形器;光学环形器将反射回来的探测光输入光电探测器。所述光学环形器的1端口与所述探测光源的输出端连接;所述光学环形器的2端口与所述波分复用器的一端连接;所述光学环形器的3端口与所述光电探测器连接。

[0020] 本发明的有益效果为:本发明传感探头有效光热长度在500 $\mu\text{m}$ 内,光热效率高,且传感器体积小,结构简单,能用于小空间检测;本发明传感器响应时间低,气体检测响应速度快,能用于实时检测;本发明能够实现十亿分之一量级的气体浓度检测下限,且动态范围高达十的七次方,探测线性度涵盖至100%;本发明的传感器能够采用光纤传输,能够用于远程气体检测,同时抗电磁干扰,能够用于极端环境下的气体检测。

## 附图说明

[0021] 为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0022] 图1是本发明一实施例的气体浓度传感器的示意图;

[0023] 图2是本发明一实施例的气体浓度传感器封装的示意图;

[0024] 图3是本发明一实施例的气体浓度传感器的气体填充示意图;

[0025] 图4是本发明一实施例的气体浓度检测装置的示意图;

[0026] 图5是本发明一实施例的气体浓度检测装置的气体浓度检测结果的曲线图;

[0027] 图6是本发明一实施例的气体浓度检测装置的气体检测响应时间的曲线图;

[0028] 图7是本发明另一实施例的气体浓度传感器的原理示意图。

[0029] 上述附图所涉及的标号明细如下:

[0030] 1-气体浓度传感器;10-入射波导;12-反射元件;101-入射波导的端面;121-反射元件的端面;20-待测气体;64-套管;641-套管开口;801-泵浦光源;803-探测光源;804-光纤环形器;805-波分复用器;806-光电探测器;807-信号检测组件。

## 具体实施方式

[0031] 为了使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本申请进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本申请,并不用于限定本申请。

[0032] 需说明的是,当部件被称为“固定于”或“设置于”另一个部件,它可以直接或者间接位于该另一个部件上。当一个部件被称为“连接于”另一个部件,它可以是直接或者间接连接至该另一个部件上。术语“上”、“下”、“左”、“右”、“前”、“后”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置为基于附图所示的方位或位置,仅是为了便于描述,不能理解为对本技术方案的限制。术语“第一”、“第二”仅用于便于描述目的,而不能理解为

指示或暗示相对重要性或者隐含指明技术特征的数量。“多个”的含义是两个或两个以上，除非另有明确具体的限定。

[0033] 为了说明本申请所述的技术方案，以下结合具体附图及实施例进行详细说明。

[0034] 请参阅图1、图3和图7，本发明一实施例提供了一种气体浓度传感器1，包括入射波导10和反射元件12，所述入射波导10的端面101与所述反射元件12的端面121相对设置形成光纤珐珀干涉仪，入射波导10的端面101和反射元件12的端面121之间的间隙不高于 $500\mu\text{m}$ 。

[0035] 所述入射波导10内的泵浦光自所述入射波导10的端面101出射，并与所述间隙内的待测气体20产生光热相位调制。可选地，所述入射波导10内的检测光自所述入射波导10的端面101出射，在所述间隙内发生反射，并透射回所述入射波导10，以根据透射回的探测光的相位信息得到所述待测气体20的浓度。可以理解的是，间隙内的检测光可以经过一次反射和一次透射即可回到入射波导10中，当然经过多次反射和多次透射，则有多束回到入射波导10的检测光。

[0036] 入射波导10的端面101为入射波导10的输出端，入射波导10内传播的泵浦光和探测光均自入射波导10的端面101出射，泵浦光进入到间隙后，部分光能量被待测气体20吸收，并从低能级态跃迁至激发态，受激态待测气体20以非辐射弛豫方式释放出所吸收的能量，并将其全部或部分转换为热能，导致间隙内温度的变化以及待测气体20的密度和压力变化，最后引起折射率的变化，从而导致对探测光的光热相位调制。

[0037] 可选地，入射波导10的端面101和反射元件12的端面121相互平行，探测光进入到间隙后，会在入射波导10的端面101和反射元件12的端面121之间不断反射，有部分探测光从入射波导10的端面101透射回入射波导10，由于折射率的变化造成光热相位调制，透射回的探测光的相位会发生改变，通过相位信息可以得到待测气体20的浓度。

[0038] 所述气体浓度传感器1能够检测任意种类的气体，包括但不限于乙炔、氢气、氧气、甲烷等气体。待测气体20填充至光纤珐珀干涉仪的间隙内后，将探测光和泵浦光输入光纤珐珀干涉仪的入射波导10，扫描泵浦光的波长经过待测气体20的吸收线，产生光热相位调制，通过解调探测光的相位信息，获得待测气体20的浓度。

[0039] 例如，用于检测乙炔时，泵浦光的波长扫描经过接近 $1530.37\text{nm}$ 的乙炔的P(9)吸收线，能够产生光热相位调制，检测探测光通过后的相位变化，解调出乙炔的浓度。探测光波长为不在气体吸收线上的任意光波长。

[0040] 优选地，所述入射波导10的端面101和所述反射元件12的端面121之间的间隙为 $90\sim 200\mu\text{m}$ 。通过进一步将间隙限制在该范围，能够同时保持高光热相位调制和所述光纤珐珀干涉仪的高对比度，提高检测精度。

[0041] 可选地，所述入射波导10为单模光纤，通过采用单模光纤，能够减少模式干涉，提高检测精度，同时单模光纤获取方便，价格便宜。所述入射波导10还可以采用光子晶体光纤或光学波导。

[0042] 可选地，所述反射元件12为端面具有一定反射率的物体，反射率位于1-100%，通过反射一部分探测光进入入射波导，与入射波导端面反射的探测光形成干涉。

[0043] 可选地，通过入射波导10的端面101出射的探测光照射到反射元件12的端面121时，反射一部分的探测光到入射波导10的端面101，到达入射波导10的端面101的探测光会反射一部分探测光并透射另一部分探测光，经过多次反射和多次透射时，由于每次透射的

探测光与前一次透射的探测光的距离恒定,则可以形成干涉。

[0044] 优选地,所述反射元件12在探测光波长与泵浦光波长具有50%以上的反射率,反射的探测光波长的光强度的提高能够提高所述光纤珐珀干涉仪的高对比度,对泵浦光的高反射能够提高光热效果,进而提高检测精度。

[0045] 可选地,所述反射元件12在探测光波长具有90%以上的反射率,探测光波长对应所述光纤珐珀干涉仪的光纤谐振腔谐振波长上,通过所述光纤珐珀干涉仪的谐振提高检测精度。

[0046] 可选地,所述入射波导10的端面101的反射率位于1-100%,并与所述反射元件12的端面121反射率相匹配,能够提高所述光纤珐珀干涉仪的对比度,提高检测精度。

[0047] 可选地,所述入射波导10的端面101覆盖第一超材料,调控出射光的光束准直度,能够增强光热效应,提高检测精度;或者将出射光调控为贝塞尔光束,能够增强光热效应,提高检测精度。超材料可以采用亚微米尺寸的单元排列组成的平面或三维结构,通过调控入射光在空间中各处的相位,从而提高入射光的光束准直度或者调控为贝塞尔光束。亚微米尺寸的单元的形状和尺寸可以根据需要设置。

[0048] 可选地,所述反射元件12的端面121覆盖第二超材料,调控反射光的光束准直度,能够提高所述光纤珐珀干涉仪的对比度,提高检测精度。

[0049] 进一步地,所述入射波导10和所述反射元件12采用机械连接或者焊接,或所述光纤珐珀干涉仪通过在传输光纤或光学波导上加工微槽的方式形成;所述机械连接包括使用套管64,毛细管,机械连接器连接和粘接中的至少一种;所述焊接包括激光焊接,电弧焊接中的至少一种;所述微槽加工包括紫外激光加工,飞秒激光加工,红外激光加工,离子束刻蚀,电子束刻蚀,3D打印中的至少一种。

[0050] 请参阅图2,本发明一实施例的一种气体浓度传感器1的封装示意图,所述入射波导10和所述反射元件12通过套管64连接,所述套管64留有套管开口641。可选地,所述套管开口641为气孔或气缝。

[0051] 请查阅图3,本发明一实施例的一种气体浓度传感器1的气体填充示意图,待测气体20通过所述套管开口641进入所述入射波导10和所述反射元件12中间的腔室。

[0052] 基于上述任意一实施例的气体浓度传感器,本发明还提供了一种气体浓度检测方法。气体浓度检测方法包括:

[0053] S100、待测气体填充至光纤珐珀干涉仪的间隙内。

[0054] S200、将探测光和泵浦光输入光纤珐珀干涉仪的入射波导,扫描泵浦光的波长经过待测气体的吸收线,产生光热相位调制。

[0055] S300、通过解调透射回的探测光的相位信息,获得待测气体的浓度。

[0056] 具体地,将待测气体填充至间隙内后,入射波导内探测光在间隙中多次反射和多次透射后,回到入射波导内,可以得到探测光的原始相位信息。可选地,使得泵浦光在间隙内多次反射,提高泵浦光的利用率,能够提高光热相位调制效率,提高检测精度。

[0057] 通过扫描泵浦光的波长的方式,可以找到足以使探测光产生光热相位调制的泵浦光的波长,也就是说,待测气体吸收该波长的泵浦光时,待测气体吸收泵浦光的部分光能量,并导致气体的折射率变化,发生光热相位调制。通过探测光的相位信息以及原始相位信息可以得到待测气体的浓度。待测气体的浓度越大,吸收的光能量越多,折射率变化越大,

相位信息的改变也就越大。通过建立待测气体的浓度与相位信息的关系,可以实现待测气体的浓度的检测。

[0058] 请查阅图4,本发明一实施例还提供了一种气体浓度检测装置,包括:如上任意一实施例所述气体浓度传感器1、泵浦光源801、探测光源803、光电探测器806和信号检测组件807。所述泵浦光源801提供泵浦光,探测光源803提供探测光,所述泵浦光源801以及所述探测光源803均连接在所述入射波导的输入端,所述光电探测器806接收从所述光纤珐珀干涉仪返回的探测光干涉信号,所述光电探测器806的输出端与所述信号检测组件807的输入端连接,所述信号检测组件解调返回的探测光相位信息,得到所述待测气体20的浓度。

[0059] 所述气体浓度检测装置还包括:光纤环形器804和波分复用器805。

[0060] 所述探测光源803提供探测光,并进入所述光纤环形器804。从所述光纤环形器804出来的探测光和从所述泵浦光源801出来的泵浦光进入所述波分复用器805,经所述波分复用器805复合后的激光进入所述气体浓度传感器1的入射波导的输入端,泵浦光与所述气体浓度传感器1内的待测气体20产生光热相位调制。探测光经所述气体浓度传感器1的光纤珐珀干涉仪,从所述入射波导10的端面101和所述反射元件12的端面121反射的探测光产生干涉,并通过所述波分复用器805和所述光纤环形器804进入所述光电探测器806,所述光电探测器806将电信号输入信号检测组件807,解调探测光的相位,得到待测气体20的浓度信息。进一步地,所述信号检测组件807通过解调一次谐波信号或二次谐波信号,得到待测气体20的浓度信息。在本发明的另一实施例中,检测过程中采用波长稳定装置,通过稳定波长变化,提高检测精度。可选地,所述泵浦光和探测光为脉冲光或连续光。

[0061] 所述信号检测组件807输入电调制信号到所述泵浦光源801,信号检测组件807可以采用锁相放大器。通过信号检测组件807的电调制信号可以改变泵浦光源801的泵浦光的波长。

[0062] 图5展示了以上实施例的气体浓度检测结果的曲线图,对实验结果的线性拟合表明探测线性度涵盖至100%,跟噪声水平比较,动态范围高达十的七次方,能够达到十亿分之一量级的气体浓度检测下限。

[0063] 图6展示了以上实施例的气体浓度检测装置的气体检测响应时间的曲线图,达到待测气体浓度90%所需时间为1s,响应时间非常短,能够用于痕量气体浓度实时检测。

[0064] 基于上述任意一实施例的气体浓度检测装置,本发明还提供了一种气体浓度检测装置的控制方法,包括:

[0065] A100、当待测气体填充至光纤珐珀干涉仪的间隙内时,控制探测光源和泵浦光源将探测光和泵浦光输入光纤珐珀干涉仪的入射波导内,并扫描泵浦光的波长经过待测气体的吸收线,产生光热相位调制。

[0066] A200、通过光电探测器探测透射回的探测光,并通过信号检测组件解调透射回的探测光的相位信息,获得待测气体的浓度。

[0067] 可选地,当待测气体填充至光纤珐珀干涉仪的间隙内时,可以先控制探测光源提供探测光并进入到间隙内,探测光在间隙内经过多次反射和多次透射后,回到入射波导内,可以得到探测光的原始相位信息。然后扫描泵浦光的波长经过待测气体的吸收线,产生光热相位调制,则得到探测光的相位信息,即探测光光热相位调制后的相位信息。通过光电探测器采集透射回的探测光,解调到透射回的探测光的相位信息,从而得到待测气体的浓度。

[0068] 具体地,步骤A100包括:

[0069] 通过信号检测组件扫描泵浦光的波长经过待测气体的吸收线,产生光热相位调制。

[0070] 具体地,通过信号检测组件可以判断透射回的探测光是否出现光热相位调制,以便改变泵浦光的波长。

[0071] 以上所述仅为本申请的可选实施例而已,并不用以限制本申请,凡在本申请的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本申请的保护范围之内。

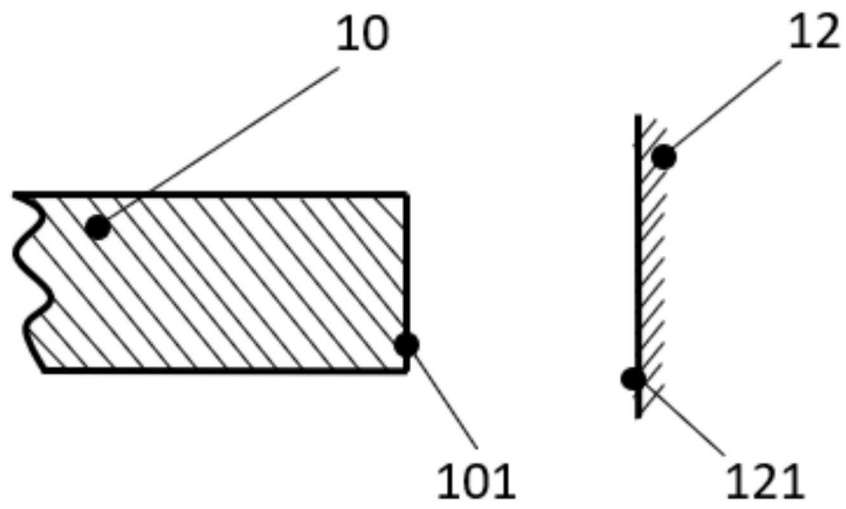


图1

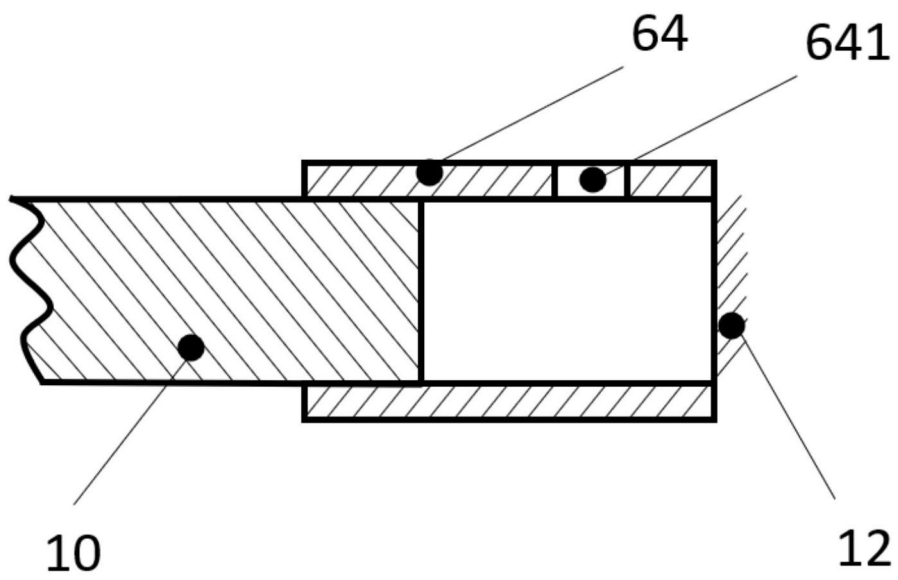


图2

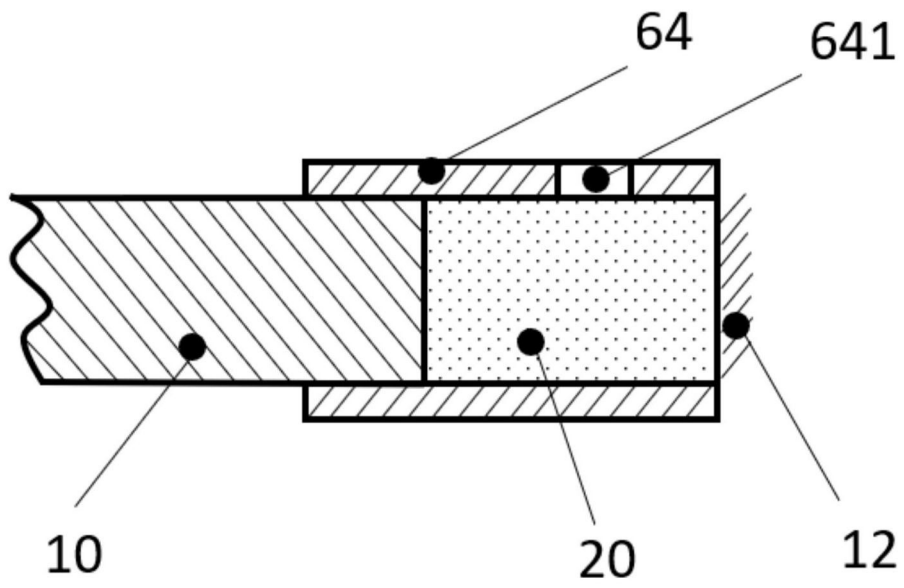


图3

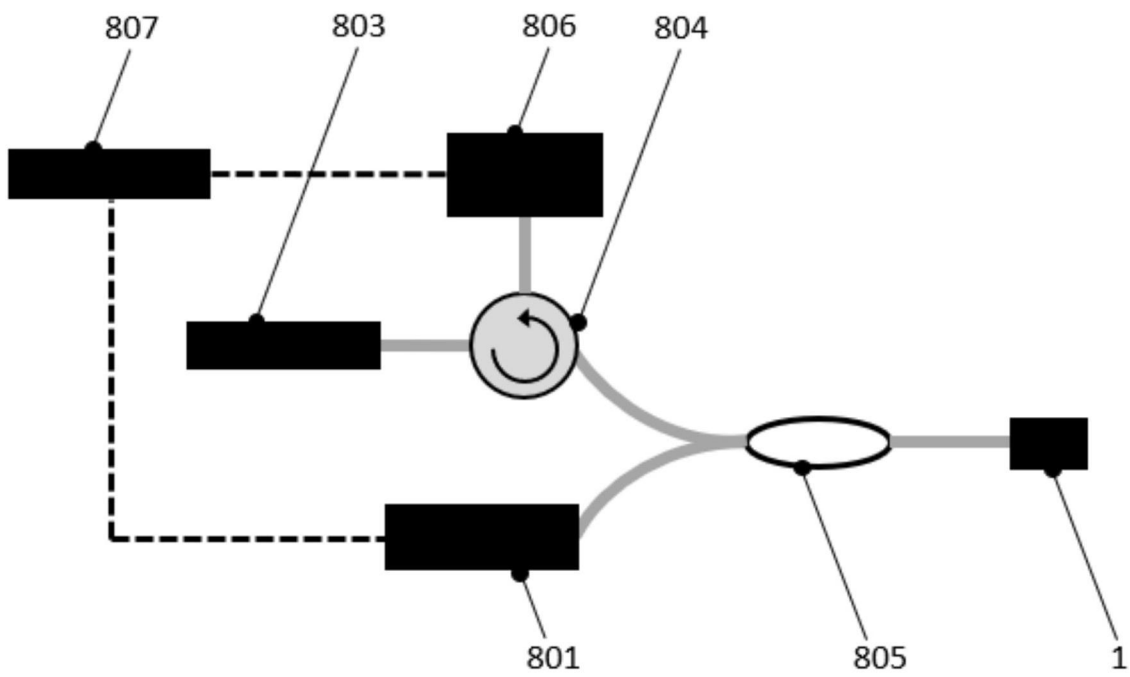


图4

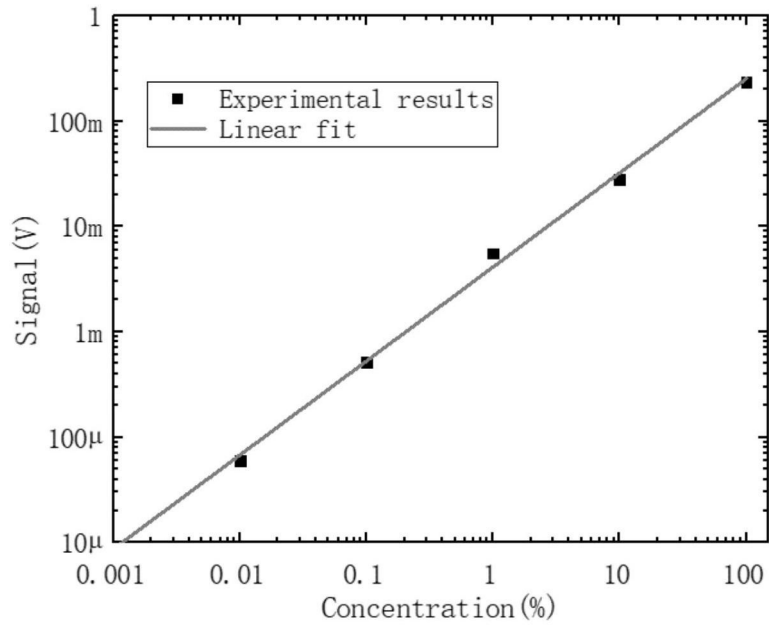


图5

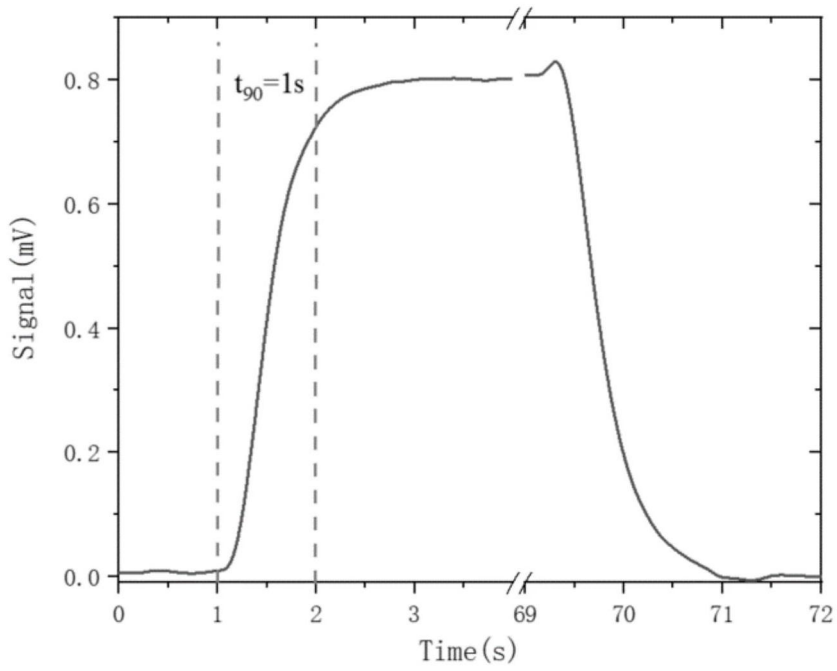


图6

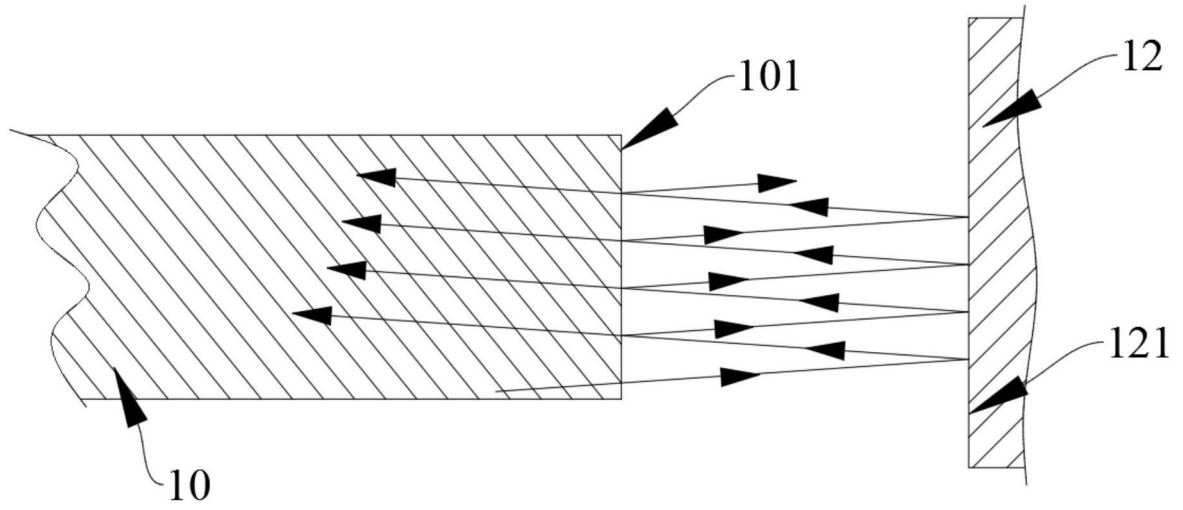


图7