



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108489901 B

(45)授权公告日 2020.02.18

(21)申请号 201810271601.4

G01N 21/39(2006.01)

(22)申请日 2018.03.29

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108489901 A

CN 107607218 A, 2018.01.19,
CN 103048270 A, 2013.04.17,

(43)申请公布日 2018.09.04

审查员 李新科

(73)专利权人 武汉理工大学
地址 430070 湖北省武汉市洪山区珞狮路
122号

(72)发明人 代吉祥 马亚强 王高鹏 向峰
秦玉寰

(74)专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限
公司 42102

代理人 王丹

(51)Int.Cl.

G01N 21/01(2006.01)

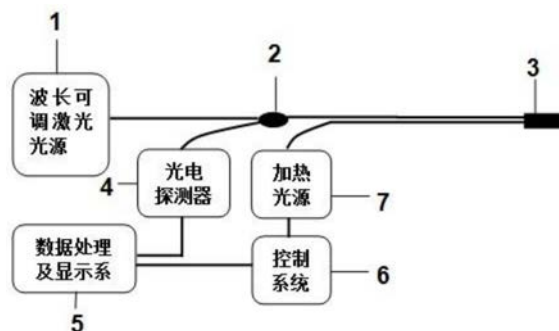
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

基于新型氢敏薄膜的光纤氢气检测系统

(57)摘要

本发明提供一种基于新型氢敏薄膜的光纤氢气检测系统,波长可调激光光源输出的光信号通过光纤分路器的两端中的一端输入,从光纤分路器的单端传输至传感探头,返回的光从光纤分路器两端中的另一端传输到光电探测器,在数据显示和处理系统中转换为氢气浓度和氢气敏感薄膜的工作温度进行显示,通过控制系统调控加热光源的输出功率用于给传感探头加热;传感探头包括多孔导热腔,多孔导热腔内设有2根单模光纤;与光纤分路器连接的一根单模光纤上设有参考光栅和测温光栅,端部沉积氢气敏感薄膜;另一根单模光纤与加热光源连接,多孔导热腔的端部通过环氧树脂密封。本发明采用氢气敏感薄膜、探头结构和信号处理方法,在保证高精度的前提下,节约成本。



1. 一种基于新型氢敏薄膜的光纤氢气检测系统,其特征在于:它由波长可调激光光源(1)、光纤分路器(2)、传感探头(3)、光电探测器(4)、数据显示及处理系统(5)、控制系统(6)和加热光源(7)组成;其中,

波长可调激光光源(1)输出的光信号通过光纤分路器(2)的两端中的一端输入,从光纤分路器(2)的单端传输至传感探头,返回的光从光纤分路器(2)两端中的另一端传输到光电探测器(4)转换为电信号,电信号在数据显示和处理系统(5)中转换为氢气浓度和氢气敏感薄膜的工作温度进行显示,并发出指令通过控制系统(6)调控加热光源(7)的输出功率用于给传感探头(3)加热;

所述的传感探头(3)包括多孔导热腔(3-5),多孔导热腔(3-5)内设有2根单模光纤(3-4);其中与光纤分路器(2)连接的一根单模光纤(3-4)上设有参考光栅(3-2)和测温光栅(3-3),且端部涂有氢气敏感薄膜(3-6);另一根没有刻写光栅的单模光纤(3-4)与所述的加热光源(7)连接,多孔导热腔(3-5)的端部通过环氧树脂(3-1)密封;

所述的波长可调激光光源(1)采用中心波长为850nm、1310nm和1550nm可调光源,波长可调步进在0.01~1nm之间,光源功率范围为0.1~15毫瓦;所述的多孔导热腔(3-5)的内径为250~300 μm ,外径为400~1000 μm 。

2. 根据权利要求1所述的基于新型氢敏薄膜的光纤氢气检测系统,其特征在于:多孔导热腔(3-5)的材质为不锈钢或铜。

3. 根据权利要求1所述的基于新型氢敏薄膜的光纤氢气检测系统,其特征在于:所述的参考光栅(3-2)为高反射光纤光栅,反射率在98%以上。

4. 根据权利要求1所述的基于新型氢敏薄膜的光纤氢气检测系统,其特征在于:所述的氢气敏感薄膜采用Pt-Pd-Mg/Hf、Pt-Pd-Mg/Fe、Pt-Pd-Hf/Pt或Pt-Pd-Hf/Pd复合薄膜,Mg/Hf、Mg/Fe、Hf/Pt和Hf/Pd复合薄膜中第一种元素与第二种元素的原子比在1~20之间。

5. 根据权利要求1或4所述的基于新型氢敏薄膜的光纤氢气检测系统,其特征在于:所述的氢气敏感薄膜包括三层薄膜,其中第一层薄膜厚度为20~100nm,第二层薄膜的厚度为1~20nm之间,第三层薄膜的厚度为1~20nm。

6. 根据权利要求1所述的基于新型氢敏薄膜的光纤氢气检测系统,其特征在于:所述的数据处理及显示系统(5)根据光电探测器(4)测试不同波长的电流强度,显示出光谱图,同时计算出光谱中最强峰值 I_1 和光谱中任意一处背底强度 I_2 ,进行比值法获得对应氢气浓度。

7. 根据权利要求1所述的基于新型氢敏薄膜的光纤氢气检测系统,其特征在于:所述的数据处理及显示系统(5)根据光电探测器(4)测试不同波长的电流强度,显示出光谱图,同时计算出测温光栅(3-3)的中心波长,从而获得氢气敏感薄膜(3-6)工作温度,通过控制系统(6)调整加热光源(7)的输出功率,进而控制氢气敏感薄膜(3-6)的工作温度。

8. 根据权利要求1所述的基于新型氢敏薄膜的光纤氢气检测系统,其特征在于:所述的光纤分路器(2)的两端的功率输入比在0.1~1之间;输入端能量较高的一端与波长可调激光光源(1)相连,输入端能量较低的一端与光电探测器(4)的输入端相连。

基于新型氢敏薄膜的光纤氢气检测系统

技术领域

[0001] 本发明属于光纤传感技术、材料科学以及光电子技术的交叉领域,具体涉及一种基于新型氢敏薄膜的光纤氢气检测系统。

背景技术

[0002] 资源和环境的可持续发展促进能源结构转型,发展新能源汽车是我国的一项重要战略。氢能源作为一种重要的清洁能源和化工原料,在航空航天、燃料电池、合成氨工业已经得到应用。由于氢气具有易燃易爆以及无色无味等特性,在泄漏后难以察觉。近年来,由于氢能源的研究热潮,氢气泄露所导致的爆炸事故屡见不鲜,因此安全检测氢气浓度并进行及时预警在这些领域显得尤为重要。

[0003] 传统的电化学传感器采用电缆和电信号作为传输媒介,因而仍然具有潜在爆炸的危险;另外传感探头工作温度过高,导致传感器对其他可燃性气体具有交叉敏感的可能性,因此传统的电化学传感器在这些领域或设施难以满足安全可靠监测氢气浓度的需求。光纤氢气传感器采用微弱的光信号作为传输媒介,具有安全性好、抗电磁干扰、耐腐蚀及体积小等优点,是实现氢气泄露安全预警的理想方案。目前高精度的光纤氢气传感器需要昂贵的解调设备,导致传感器系统成本过高,限制了传感器的推广应用。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是:提供一种基于新型氢敏薄膜的光纤氢气检测系统,在保证高精度的前提下,节约成本。

[0005] 本发明为解决上述技术问题所采取的技术方案为:一种基于新型氢敏薄膜的光纤氢气检测系统,其特征在于:它由波长可调激光光源、光纤分路器、传感探头、光电探测器、数据显示及处理系统、控制系统和加热光源组成;其中,

[0006] 波长可调激光光源输出的光信号通过光纤分路器的两端中的一端输入,从光纤分路器的单端传输至传感探头,返回的光从光纤分路器两端中的另一端传输到光电探测器转换为电信号,电信号在数据显示和处理系统中转换为氢气浓度和氢气敏感薄膜的工作温度进行显示,并发出指令通过控制系统调控加热光源的输出功率用于给传感探头加热;

[0007] 所述的传感探头包括多孔导热腔,多孔导热腔内设有2根单模光纤;其中与光纤分路器连接的一根单模光纤上设有参考光栅和测温光栅,且端部涂有氢气敏感薄膜;另一根没有刻写光栅的单模光纤与所述的加热光源连接,多孔导热腔的端部通过环氧树脂密封。

[0008] 按上述方案,所述的波长可调激光光源采用中心波长为850nm、1310nm和1550nm可调光源,波长可调步进在0.01~1nm之间,光源功率范围为0.1~15毫瓦。

[0009] 按上述方案,所述的多孔导热腔的内径为250~300 μm ,外径为400~1000 μm ;多孔导热腔的材质为不锈钢或铜。

[0010] 按上述方案,所述的参考光栅为高反射光纤光栅,反射率在98%以上。

[0011] 按上述方案,所述的氢气敏感薄膜采用Pt-Pd-Mg/Hf、Pt-Pd-Mg/Fe、Pt-Pd-Hf/Pt

或Pt-Pd-Hf/Pd复合薄膜,Mg/Hf、Mg/Fe、Hf/Pt和Hf/Pd复合薄膜中第一种元素与第二种元素的原子比在1~20之间。

[0012] 按上述方案,所述的氢气敏感薄膜包括三层薄膜,其中第一层薄膜厚度为20~100nm,第二层薄膜的厚度为1~20nm之间,第三层薄膜的厚度为1~20nm。

[0013] 按上述方案,所述的数据处理及显示系统根据光电探测器测试不同波长的电流强度,显示出光谱图,同时计算出光谱中最强峰值 I_1 和光谱中任意一处背底强度 I_2 ,进行比值法获得对应氢气浓度。

[0014] 按上述方案,所述的数据处理及显示系统根据光电探测器测试不同波长的电流强度,显示出光谱图,同时计算出测温光栅的中心波长,从而获得氢气敏感薄膜工作温度,通过控制系统调整加热光源的输出功率,进而控制氢气敏感薄膜的工作温度。

[0015] 按上述方案,所述的光纤分路器的两端的功率输入比在0.1~1之间;输入端能量较高的一端与波长可调激光光源相连,输入端能量较低的一端与光电探测器的输入端相连。

[0016] 本发明的有益效果为:采用氢气敏感薄膜、探头结构和信号处理方法,具有较好的可靠性和稳定性,能够实现氢气浓度的安全精确监测,同时光信号的发送和转换采用波长可调激光光源和一个光电探测器,相对于光纤光栅解调模块具有明显的成本优势,并且精度更高,具有成本低和安全可靠等优点,更适合应用于恶劣环境中低浓度氢气监测。

附图说明

[0017] 图1为本发明一实施例的结构示意图。

[0018] 图2为传感探头的结构细节图。

[0019] 图3为本发明一实施例的不同氢气浓度下的响应。

[0020] 图中:1.波长可调激光光源,2.光纤分路器,3.传感探头,4.光电探测器,5.数据处理及显示系统,6.控制系统,7.加热光源,3-1.环氧树脂,3-2.参考光栅,3-3.测温光栅,3-4.单模光纤,3-5.多孔导热腔,3-6.氢气敏感薄膜。

具体实施方式

[0021] 下面结合具体实例和附图对本发明做进一步说明。

[0022] 本发明提供一种基于新型氢敏薄膜的光纤氢气检测系统,如图1和图2所示,它由波长可调激光光源1、光纤分路器2、传感探头3、光电探测器4、数据显示及处理系统5、控制系统6和加热光源7组成;其中,波长可调激光光源1输出的光信号通过光纤分路器2的两端中的一端输入,从光纤分路器2的单端传输至传感探头,返回的光从光纤分路器2两端中的另一端传输到光电探测器4转换为电信号,电信号在数据显示和处理系统5中转换为氢气浓度和氢气敏感薄膜的工作温度进行显示,并发出指令通过控制系统6调控加热光源7的输出功率用于给传感探头3加热;所述的传感探头3包括多孔导热腔3-5,多孔导热腔3-5内设有2根单模光纤3-4;其中与光纤分路器2连接的一根单模光纤3-4上设有参考光栅3-2和测温光栅3-3,且端部涂有氢气敏感薄膜3-6;另一根没有刻写光栅的单模光纤3-4与所述的加热光源7连接,多孔导热腔3-5的端部通过环氧树脂3-1密封。

[0023] 所述的波长可调激光光源1采用中心波长为850nm、1310nm和1550nm可调光源,波长可调步进在0.01~1nm之间,光源功率范围为0.1~15毫瓦。

[0024] 所述的多孔导热腔3-5的内径为250~300 μm ,外径为400~1000 μm ;多孔导热腔3-5的材质为不锈钢或铜。

[0025] 所述的参考光栅3-2为高反射光纤光栅,反射率在98%以上。测温光栅3-3为短周期光栅。

[0026] 所述的氢气敏感薄膜采用Pt-Pd-Mg/Hf、Pt-Pd-Mg/Fe、Pt-Pd-Hf/Pt或Pt-Pd-Hf/Pd复合薄膜,Mg/Hf、Mg/Fe、Hf/Pt和Hf/Pd复合薄膜中第一种元素与第二种元素的原子比在1~20之间。采用磁控溅射方法在单模光纤端面沉积一层Mg/Hf、Mg/Fe、Hf/Pt和Hf/Pd薄膜,然后沉积Pd薄膜,最后溅射Pt薄膜作为表面保护层。采用新型氢气敏感薄膜,Pd-Mg/Hf、Pd-Mg/Fe、Pd-Hf/Pt或Pd-Hf/Pd复合薄膜具有较好的灵敏度和选择性、Pt具有抗氧化性保证了传感探头的可靠性,采用光加热技术可以保证传感探头的最优工作温度,进一步提高其稳定性;采用比值法计算氢气浓度,可以减小光源波动和光路振动的影响,从而提高传感系统的可靠性。

[0027] 所述的氢气敏感薄膜包括三层薄膜,其中第一层薄膜厚度为20~100nm,第二层薄膜的厚度为1~20nm之间,第三层薄膜的厚度为1~20nm。

[0028] 所述的数据处理及显示系统5根据光电探测器4测试不同波长的电流强度,显示出光谱图,同时计算出光谱中最强峰值 I_1 和光谱中任意一处背底强度 I_2 ,进行比值法获得对应氢气浓度。

[0029] 所述的数据处理及显示系统5根据光电探测器4测试不同波长的电流强度,显示出光谱图,同时计算出测温光栅3-3的中心波长,从而获得氢气敏感薄膜3-6工作温度,通过控制系统6调整加热光源7的输出功率,进而控制氢气敏感薄膜3-6的工作温度。

[0030] 所述的光纤分路器2的两端的功率输入比在0.1~1之间;输入端能量较高的一端与波长可调激光光源1相连,输入端能量较低的一端与光电探测器4的输入端相连。

[0031] 图3为本发明一实施例的不同氢气浓度下的响应,从图中可以看出,基于新型敏感薄膜的光纤氢气传感系统在100~180ppm的氢气范围内响应。在不同氢气浓度下,传感信号变化明显,并且响应时间不超过30s,证明该传感系统具有较好的氢气响应能力。

[0032] 本发明提供一种基于新型氢敏薄膜的光纤氢气检测系统,采用Pt-Pd-Mg/Hf、Pt-Pd-Mg/Fe、Pt-Pd-Hf/Pt或Pt-Pd-Hf/Pd复合薄膜作为氢气敏感材料,波长可调激光光源作为传感光源,1个InGaSn光电探测器作为感光元件,可以避免采用成本较高的光纤光栅解调模块;同时采用比值法作为测试氢气浓度,进而可以低成本实现氢气浓度的安全检测,在氢气储存设施、氢能源汽车、氢能源发电设施或地震监测站有着广泛的应用前景。

[0033] 以上实施例仅用于说明本发明的设计思想和特点,其目的在于使本领域内的技术人员能够了解本发明的内容并据以实施,本发明的保护范围不限于上述实施例。所以,凡依据本发明所揭示的原理、设计思路所作的等同变化或修饰,均在本发明的保护范围之内。

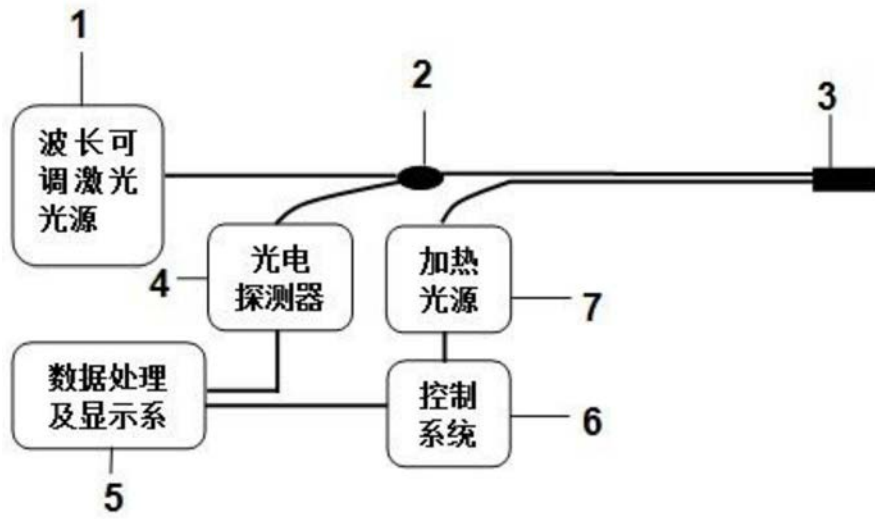


图1

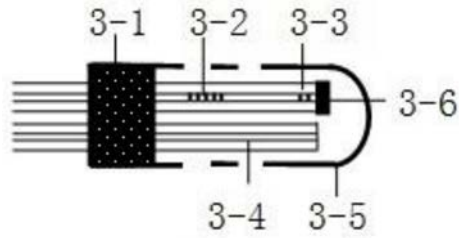


图2

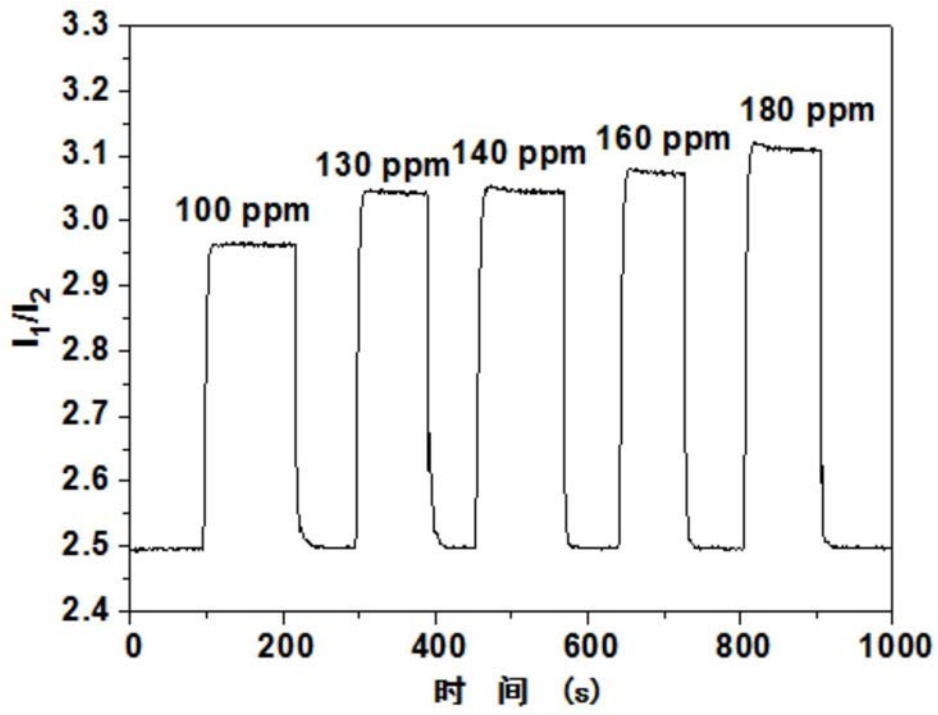


图3