



[12] 实用新型专利说明书

[21] ZL 专利号 01209000. X

[45] 授权公告日 2003 年 7 月 2 日

[11] 授权公告号 CN 2558960Y

[22] 申请日 2001.04.12 [21] 申请号 01209000. X

[73] 专利权人 香港理工大学

地址 香港九龙

[72] 设计人 靳伟 陈志超 何海律

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

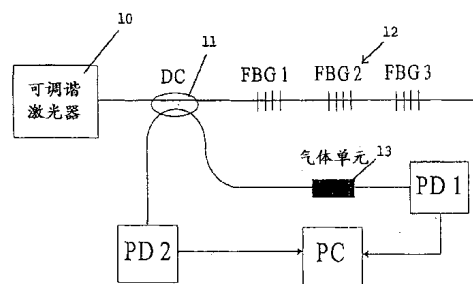
代理人 吴增勇 张志醒

权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

[54] 实用新型名称 光纤布喇格光栅传感器

[57] 摘要

一种高精度光纤布喇格光栅传感器，其中气体吸收谱线用作动态波长频率基准以便连续校准激光光源的波长。所述光纤布喇格传感器包括：将来自激光器的光分为两束的光纤定向耦合器；让所述光线的一部分通过的气体单元；用于监控通过所述气体单元的光线以便确定气体吸收谱线(并因此确定光的波长)的第一光探测器；用于监控从布喇格光栅反射回来的另一部分光线并确定波长的第二光探测器；和用于同时接收来自两个光探测器的信号的计算机。



ISSN 1008-4274

1. 一种光纤布拉格光栅传感器，它包括：可调谐激光器；光纤定向耦合器；第一光探测器；第二光探测器；以及计算机，其特征在
5 于包括气体单元。

2. 按照权利要求 1 的光纤布拉格光栅传感器，其特征在于：使用乙炔气体吸收谱线。

3. 按照权利要求 1 的光纤布拉格光栅传感器，其特征在于：使用氰化氢气体吸收谱线。

10 4. 按照权利要求 1 的光纤布拉格光栅传感器，其特征在于：使用碘化氢气体吸收谱线。

5. 按照权利要求 1 的光纤布拉格光栅传感器，其特征在于：使用氨气吸收谱线。

光纤布喇格光栅传感器

5 本发明涉及光纤布喇格光栅(FBG)。

10 本发明具体涉及提高FBG传感器的测量精度。FBG传感器是过去至少10年间迅猛发展的一个主题。在FBG传感器的制造、询问和网络化(多路复用)方面已经取得了巨大的发展。许多询问方案已经证明了优于1pm的波长探测分辨率。FBG传感器的几十至几百、或更多的多路化已经利用波分复用(WDM)、时分复用(TDM)或它们的组合得以实现。要实现一个实用的FBG传感器系统,另一个重要问题是要提高传感器阵列中每一个传感器的总测量精度。FBG传感器阵列可以被例如宽带源和法布里-珀罗可调谐滤光器询问。尽管已经用这种方法获得了优于1pm的波长探测分辨率,但是,由调谐装置的压电效应引起的滤光器的不可重复性和波长响应的非线性、以及滤光器和其它部件的热系数的漂移和不稳定性可以产生几个纳米的总测量不准确度。使用可调谐激光器的询问方案具有类似的问题。可以通过在具有相似的中心波长的检测FBG和基准FBG之间进行差动测量来将上述问题的一部分减至最小。更完善的方法是使用基于固定的法布里-珀罗干涉仪与基准FBG的组合的多波长基准系统。采用后一种方法,用波分复用(WDM)的FBG传感器阵列,已经获得了 $\pm 5 \mu \text{m}$ ($\sim \pm 6 \text{pm}$)总测量精度。然而为了达到好的波长测量精度,上述两种方法要求基准光栅和法布里-珀罗可调谐滤光器有精确的波长控制。

25 本发明的目的在于克服或至少是减小这些问题。

按照本发明提供了一种把气体吸收谱线用作动态多波长基准以校准激光源的瞬时波长的光纤布喇格光栅传感器。

所述光纤布喇格传感器可包括:将来自激光器的光分为两束的

5 光纤定向耦合器；让所述光线的一部分通过的气体单元；用于监控通过所述气体单元的光线以便确定气体吸收谱线(并因此确定光的波长)的第一光探测器；用于监控从布喇格光栅反射回来的另一部分光线并确定波长的第二光探测器；和用于同时接收来自两个探测器的信号的计算机。

可以使用乙炔气体吸收谱线、氰化氢气体吸收谱线、碘化氢气体吸收谱线、氨气吸收谱线。也可以使用在可调谐光源的光谱范围内有吸收谱线的其它合适气体的组合。

10 现在以参照附图举例的方式描述按照本发明的 FBG 传感器阵列，其中：

图 1 是传感器的示意图；

图 2(a)和 2(b)分别示出来自光探测器 PD1 和 PD2 的三次连续扫描的信号的光谱。

图 3 是波长与可调谐光源的调谐步长的关系。

15 参照附图，在图 1 中，使用一个新焦点(型号 6262)外腔可调谐二极管激光器 10 作为光源。可以采用其它的可调谐光源如光纤激光器、外腔激光器或耦合到可调谐滤光器组合的宽带光源。来自可调谐激光器的光被 50/50 类型的光纤定向耦合器(DC)11 分为两束。一半光被导向一个 3-FBG 传感器阵列 12，同时另一半光被导向充有高浓度
20 (~70%体积)乙炔的气体单元 13。三个 FBG 分别具有标称布喇格波长 1529、1530 和 1531 纳米。在 1515 到 1540 纳米的波长范围内乙炔气体有大约 40 条间隔近似相等的吸收谱线。从三个 FBG 反射的光通过耦合器 11 由新焦点(型号 1611)光探测器 PD2 探测，而来自气体单元的光由另一个同类型的光探测器 PD1 探测。来自两个探测器的信号
25 供个人计算机 PC 用作数据记录和信号处理。

当以仪器限制的步长 10pm 从 1528nm 到 1532nm 对激光波长进行 400 个步长的扫描时，来自两个探测器的信号被同时记录。该波长范围覆盖了三个光栅的布喇格波长和六条乙炔吸收谱线范围。

图 2 显示关于以三分钟的时间间隔作三次连续扫描的吸收和反射信号。图 2 中所示的信号是来自光探测器的用意在使不希望有的干涉信号降至最小的数字式低通滤光器平滑后的信号形式。可以看出因为可调谐激光器的不可重复性问题, 相同吸收谱线的激光波长
5 读数(关于调谐步数)在各次扫描中各不相同。波长偏离可以达到 25 个步长或 250pm。如果将激光读数直接作为对布喇格波长的度量, 则测量误差可能对绝大多数应用来说都太大而不能接受。然而, 当记录在图 2(a)中的吸收谱线和图 2(b)中的反射光谱向同方向漂移大约
10 相同数量时, 可利用气体吸收谱线作为校准基准来补偿由激光的不可重复性引起的误差。吸收谱线的中心波长事实上与环境温度无关(例如, 对乙炔的 1531.59 吸收谱线 $<100\text{KHz}/^\circ\text{C}$)。这样, 可利用气体吸收谱线作为绝对波长基准而精确地确定 FBG 的布喇格波长。

图 3 显示激光器的波长与调谐步数的关系。激光波长由在调谐范围内的六条气体吸收谱线(图中的菱形)校正。这种线性曲线拟合用于小的波长调谐范围。图 3 中所示的线性关系在各次扫描中水平地
15 向左或右漂移多达 25 个步长或 250pm。然而尽管可调谐激光器有不可重复性, 三个 FBG 的布喇格波长仍被精确地确定。三个 FBG 的布喇格波长的标准偏移分别是 2.1pm, 1.9pm 和 2pm。如果进行直接测量(不使用波长基准)是不可能达到这个结果的。对于较宽的调谐范
20 围, 激光器调谐的非线性可能会大, 因此为了保持测量精度可能需要较高次的而不是线性的曲线拟合。

本发明的实施例包括使用图 1 所示 FBG 传感器的高精度应变(温度)测量系统, 其中使用气体吸收谱线作为多波长基准。

所述 FBG 光学系统可以串联(如图 1 所示)、或并联或串/并联组合(没有示出)连接。可用选定的高浓度气体如乙炔或氰化氢气体填充
25 密封的气体单元。也可使用氰化氢、碘化氢和氨气、或这些气体的组合或其它在可调谐光源的光谱内有吸收谱线的气体。

所述 FBG 具有不同的标称布喇格波长 $\lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \dots \lambda_N$, 并在整个

操作范围内彼此互不重叠。该条件允许使用波分复用(WDM)。在波长范围 λ_1 至 λ_N 内,所述气体或气体混合物有许多密集的吸收谱线。来自两个光探测器 PD1 和 PD2 的信号被连接到用于数据记录和信号处理的个人计算机 PC。当扫描激光波长时来自两个光探测器的信号被同时记录。

在每次扫描中,有对应于与不同 FBG 的布喇格波长对准的激光波长的 N 个 PD2 的输出峰值。于是通过记录对应于这些峰值的激光波长可以得到所述各 FBG 的布喇格波长。加到特定 FBG 上的应变从该 FBG 的布喇格波长的变化中推断出。

实际上因为可调谐激光器的不可重复性问题,相同布喇格波长或吸收谱线的激光波长读数随各次扫描而变化。然而,当同时记录各次扫描的吸收谱线和反射光谱时,由激光器的不可重复性引起的误差通过将激光器的波长与气体吸收谱线比较而得到补偿。由于在一个扫描范围内有许多吸收谱线,并且精确地知道这些吸收谱线的中心波长,因而可以通过非线性曲线拟合将可调谐光源的非线性问题降至最小。

由于吸收谱线的中心波长实质上与环境温度无关,所以,利用气体吸收谱线作为绝对波长基准可以极为精确地确定所述 FBG 的布喇格波长。

本发明的实施例应用包括对土木结构、机械结构和航天构件的应变/温度的测量,包括对土木结构诸如隧道、桥梁、高速公路和建筑物的监视。可以监视航天构件诸如航天飞机和飞机、复合材料在凝固过程中的动力应变和温度监控、复合材料测试、医疗应用中的超声检测、以及蒸气管道和力传输线都可以被监控。

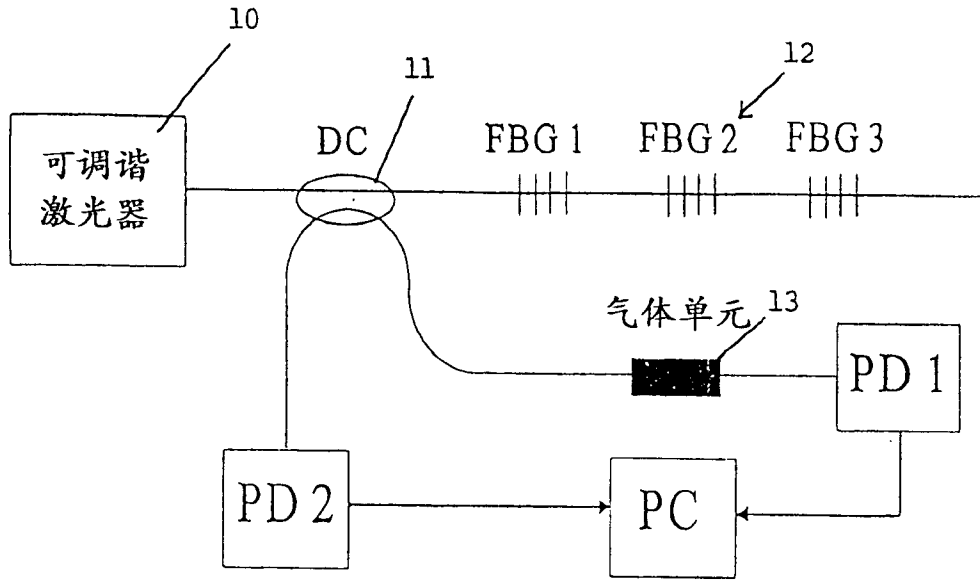


图 1

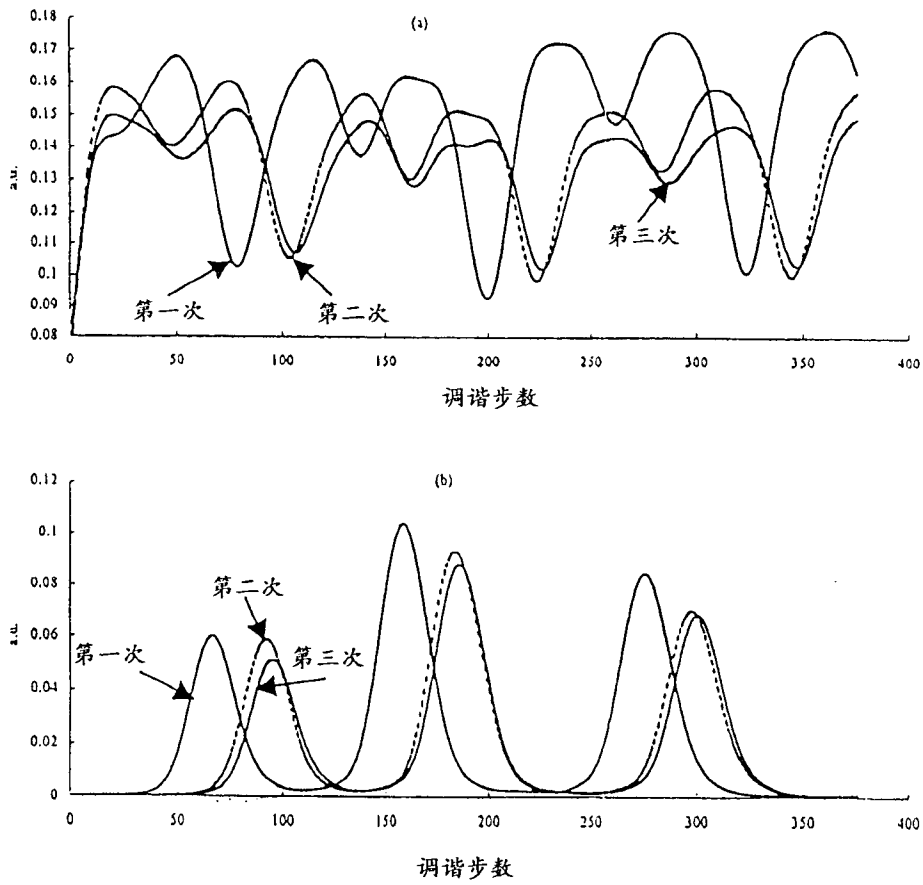


图 2

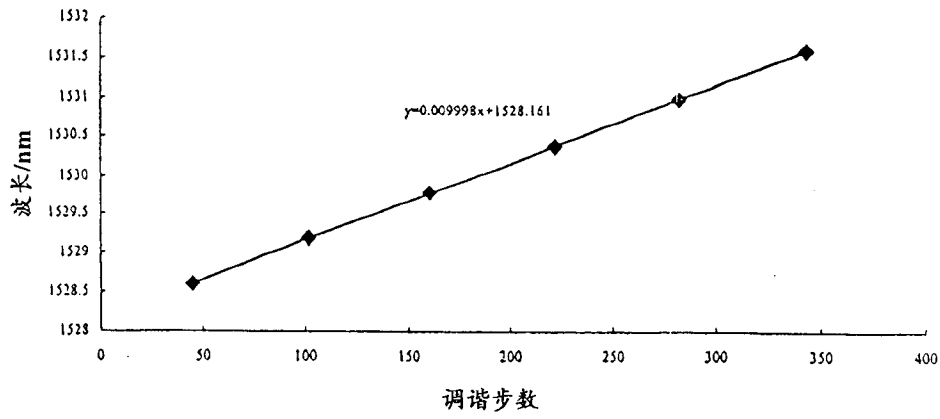


图 3