



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113670372 A

(43) 申请公布日 2021.11.19

(21) 申请号 202110826294.3

(22) 申请日 2021.07.21

(71) 申请人 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 余海湖 高文静 郑羽 刘芳
郭会勇 江昕

(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.

G01D 21/02 (2006.01)

G01D 5/26 (2006.01)

G01D 5/353 (2006.01)

G01D 5/38 (2006.01)

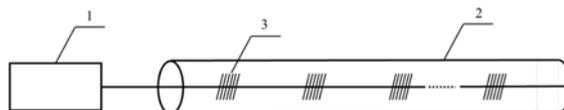
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种大容量光栅阵列的双参量准分布式传感方法和装置

(57) 摘要

本发明提供了一种大容量光栅阵列的双参量准分布式传感方法和装置,包括光纤光栅解调仪、具有两种传输模式的光敏光纤以及刻写在纤芯中具有小角度倾斜的布喇格光栅阵列。双模光纤由拉丝塔拉制,倾斜布喇格光栅由单脉冲紫外激光经由相位掩模板在线刻写到双模光纤中,形成光栅阵列。本发明利用小角度的倾斜布喇格光栅对双模光纤中两个传输模式进行自耦合得到对应模式的反射峰;温度影响光栅的栅距从而改变这两个反射峰的中心波长,另一方面微弯状态改变 LP_{11} 模式在光栅处的自耦合效率,使自身的反射峰强度发生变化。利用两个自耦合反射峰的中心波长和相对强度的变化实现对温度、微弯双参量的准分布式传感,扩大了光栅传感网络的应用范围。



1. 一种大容量光栅阵列的双参量准分布式传感方法,其特征在于:包括以下步骤:

S1: 制作大容量光栅阵列的双参量准分布式传感装置,包括光栅传感解调仪,双模光纤、倾斜布喇格光栅阵列;倾斜布喇格光栅阵列刻写在双模光纤的纤芯中;倾斜布喇格光栅阵列包括若干均匀排列并与双模光纤保持小角度倾斜的倾斜布喇格光栅,每个倾斜布喇格光栅的长度相等,相邻两个倾斜布喇格光栅的间隔相等,每个倾斜布喇格光栅的包括反射光谱、反射率的特征参数一致;光栅传感解调仪的光学信号输出端连接双模光纤的一端,双模光纤的另一端连接光纤终结器;

S2: 将双模光纤平铺至待测区域,在保证双模光纤水平且不弯曲的情况下与待测区域紧密接触,使倾斜布喇格光栅阵列中的倾斜布喇格光栅位于一条直线上;

S3: 倾斜布喇格光栅由于受到待测区域中温度和形貌的影响使自身的温度和微弯状态发生相应的改变,导致反射峰的中心波长和强度发生变化;光栅传感解调仪对每个倾斜布喇格光栅的反射谱信息进行实时测量,根据反射峰的中心波长和相对强度变化实现对待测区域的温度和微弯的双参量准分布式传感。

2. 根据权利要求1所述的一种大容量光栅阵列的双参量准分布式传感方法,其特征在于:所述的步骤S3中测量的任意一个倾斜布喇格光栅包含第一反射峰和第二反射峰;第一反射峰是由双模光纤的二阶模 LP_{11} 模式在倾斜布喇格光栅处自耦合形成的反射峰,第一反射峰的中心波长受温度影响,第一反射峰的强度受微弯状态的影响;

第二反射峰是由双模光纤的基模 LP_{01} 模式在倾斜布喇格光栅处自耦合形成的反射峰,第二反射峰的中心波长受温度影响,第二反射峰的强度不受微弯状态影响;第一反射峰和第二反射峰的中心波长用于测量温度的变化值,第一反射峰和第二反射峰的相对强度变化用于测量光纤光栅处的微弯程度。

3. 根据权利要求2所述的一种大容量光栅阵列的双参量准分布式传感方法,其特征在于:所述的步骤S3中,具体步骤为:

S31: 光栅解调仪测量每个倾斜布喇格光栅的第一反射峰和第二反射峰的中心波长和强度信息;

S32: 第一反射峰和第二反射峰的中心波长受温度影响发生漂移,设中心波长的变化量为 $d\lambda$,温度的变化量为 dT ,倾斜布喇格光栅的温度灵敏度为 K ;则波长变化量与温度变化呈线性关系,满足如下公式:

$$d\lambda = KdT;$$

根据上述变化规律还原外界的温度;

S33: 设自耦合系数为 σ ,初始中心波长为 λ ,平均折射率调制深度为 $\overline{\delta n_{eff}}$;归一化系数 $v(\theta)$ 由倾斜角度决定,还随着光纤微弯程度的增大而减小,导致反射峰强度降低;第一反射峰的强度受到光纤微弯状态的影响,反射峰强度由二阶模 LP_{11} 模式在光栅区域处的自耦合系数决定,满足如下公式:

$$\sigma = \frac{2\pi}{\lambda} \overline{\delta n_{eff}} v(\theta);$$

根据上述变化规律还原外界的微弯变化。

4. 根据权利要求3所述的一种大容量光栅阵列的双参量准分布式传感方法,其特征在

于:所述的步骤S32中,倾斜布喇格光栅的温度灵敏度K在中心波长1550nm下对应为0.0109nm/°C。

5.根据权利要求3所述的一种大容量光栅阵列的双参量准分布式传感方法,其特征在于:所述的步骤S33中,初始中心波长 $\lambda=1550\text{nm}$;

弱布喇格光栅的平均折射率调制深度 $\overline{\delta n_{eff}}=10^{-6}$;

倾斜角度为0度时,归一化系数 $v(\theta)=1$ 。

6.一种用于权利要求1至5中任意一项所述的大容量光栅阵列的双参量准分布式传感方法的传感装置,其特征在于:包括光栅传感解调仪,双模光纤、倾斜布喇格光栅阵列;

倾斜布喇格光栅阵列由单脉冲紫外激光通过相位掩模板刻写到双模光纤的纤芯中;倾斜布喇格光栅阵列包括若干均匀排列并与双模光纤保持小角度倾斜的倾斜布喇格光栅,每个倾斜布喇格光栅的长度相等,相邻两个倾斜布喇格光栅的间隔相等,每个倾斜布喇格光栅的包括反射光谱、反射率的特征参数一致;

光栅传感解调仪的光学信号输出端连接双模光纤的一端,用于依次测量每个倾斜布喇格光栅的谱形信息,双模光纤的另一端连接光纤终结器。

7.根据权利要求6所述的传感装置,其特征在于:

光栅传感解调仪包括可调谐扫描激光光源,用于周期性输出具有合适带宽的脉冲信号;

光栅传感解调仪用于通过波分复用WDM和时分复用TDM混合复用技术对每个倾斜布喇格光栅进行独立解调得到反射谱信息,再通过倾斜布喇格光栅的谱形变化还原得到待测区域的温度和微弯状态。

8.根据权利要求6所述的传感装置,其特征在于:

双模光纤为经由拉丝塔在线拉制得到的低损耗传输光纤;

双模光纤的纤芯直径为 $13\mu\text{m}\sim 15\mu\text{m}$,包层直径为 $125\mu\text{m}$;双模光纤的纤芯用于同时支持 LP_{01} 和 LP_{11} 两种低损耗线偏振模式的传输,模式传输损耗 $\leq 0.4\text{dB/km}$ 。

9.根据权利要求6所述的传感装置,其特征在于:倾斜布喇格光栅的有效反射率 $\leq -40\text{dB}$;倾斜布喇格光栅与双模光纤的裸纤的倾斜角度的范围为 $1^\circ\sim 7^\circ$ 。

一种大容量光栅阵列的双参量准分布式传感方法和装置

技术领域

[0001] 本发明属于光纤光栅传感技术领域,具体涉及一种大容量光栅阵列的双参量准分布式传感方法和装置。

背景技术

[0002] 物联网的快速发展极大的促进了传感网络向规模化、密集化和精度化的方向发展,其中以光纤传感器为主的光纤传感网络具有抗干扰能力强,集成化程度高,测量范围广以及规模化成本低等特点,在传感网络的构建中扮演了重要的角色。发展新型的长距离大容量光纤传感网络已经成为了新一轮信息化浪潮的重要研究方向。

[0003] 基于拉曼或布里渊散射的分布式光纤传感技术和光纤光栅准分布式传感技术是目前应用最为广泛的光纤传感技术。分布式光纤传感技术通过检测光纤中的散射信号实现传感,具有对光纤要求低、易于并入通信网络的特点。但是分布式光纤传感技术中所需要检测的散射光信号相比入射光信号强度明显降低,检测到较强的光信号需要对一定范围内光纤传感信号进行累积,不利于实现快速响应和高精度测量,使得其应用存在一定的限制。

[0004] 采用光纤光栅(Fiber Bragg Grating,FBG)阵列的准分布式传感技术是目前十分热门的传感技术。该技术将每一个光栅作为一个传感单元,通过波分复用(WDM)和时分复用(TDM)技术对每一个光栅的反射信号进行定位和识别,实现对整个光纤光栅传感网络的实时监测和安全预警。基于WDM/TDM技术的光纤光栅传感网络可以实现大范围测量同时对传感点进行快速测量。这种技术需要光栅阵列具有较低的传输损耗和较高的一致性,以便系统能够准确识别读取每一个光栅的谱形信息。现有一种在线光纤光栅制备系统,实现在线连续制备具有较好一致性的光栅阵列。该发明提出的光栅阵列具有传输损耗低、力学性能好以及谱形一致性强等特点,可以实现较大容量的光纤传感网络的检测要求。但该方法制备的光栅阵列通常为单模光纤光栅阵列,其每一个光栅只有一个反射峰,同时只能对一个传感变量进行测量,限制了光纤传感网络双参量传感的能力。

[0005] 现有技术采用少模光纤作为传感光纤直接感应被测对象的曲面形变。一方面少模光纤中纤芯的高阶模式对微弯的响应远高于基模,具有良好的传感能力,另一方面少模光纤模式容量小,模式耦合并不容易,一定程度上提升了测量精度。但该方法仍然采用的是基于布里渊散射的分布式光纤传感技术,其在传输距离和传感点数量上存在较大限制,无法满足大规模光纤传感网络的要求。

[0006] 现有技术利用多芯光纤在弯曲条件下不同纤芯中布喇格光栅中心波长漂移量计算得到光纤实际的曲率。但由于多芯光纤难以实现在线刻写光栅阵列,该方法同样无法适用于大规模的光纤传感网络。

[0007] 因此现有的光纤光栅阵列无法实现温度、弯曲的双参量传感,而在光纤弯曲传感上分布式光纤传感技术和多芯光纤解调技术又难以实现规模化的传感网络。基于以上问题,需要寻找一种可以大容量、远距离、多点可实现温度、弯曲双参量传感的光纤传感技术。

发明内容

[0008] 本发明要解决的技术问题是：提供一种大容量光栅阵列的双参量准分布式传感方法和装置，用于实现大容量的温度、弯曲双参量准分布式传感功能。

[0009] 本发明为解决上述技术问题所采取的技术方案为：一种大容量光栅阵列的双参量准分布式传感方法，包括以下步骤：

[0010] S1：制作大容量光栅阵列的双参量准分布式传感装置，包括光栅传感解调仪，双模光纤、倾斜布喇格光栅阵列；倾斜布喇格光栅阵列刻写在双模光纤的纤芯中；倾斜布喇格光栅阵列包括若干均匀排列并与双模光纤保持小角度倾斜的倾斜布喇格光栅，每个倾斜布喇格光栅的长度相等，相邻两个倾斜布喇格光栅的间隔相等，每个倾斜布喇格光栅的包括反射光谱、反射率的特征参数一致；光栅传感解调仪的光学信号输出端连接双模光纤的一端，双模光纤的另一端连接光纤终结器；

[0011] S2：将双模光纤平铺至待测区域，在保证双模光纤水平且不弯曲的情况下与待测区域紧密接触，使倾斜布喇格光栅阵列中的倾斜布喇格光栅位于一条直线上；

[0012] S3：倾斜布喇格光栅由于受到待测区域中温度和形貌的影响使自身的温度和微弯状态发生相应的改变，导致反射峰的中心波长和强度发生变化；光栅传感解调仪对每个倾斜布喇格光栅的反射谱信息进行实时测量，根据反射峰的中心波长和相对强度变化实现对待测区域的温度和微弯的双参量准分布式传感。

[0013] 按上述方案，所述的步骤S3中测量的任意一个倾斜布喇格光栅包含第一反射峰和第二反射峰；第一反射峰是由双模光纤的二阶模 LP_{11} 模式在倾斜布喇格光栅处自耦合形成的反射峰，第一反射峰的中心波长受温度影响，第一反射峰的强度受微弯状态的影响；第二反射峰是由双模光纤的基模 LP_{01} 模式在倾斜布喇格光栅处自耦合形成的反射峰，第二反射峰的中心波长受温度影响，第二反射峰的强度不受微弯状态影响；第一反射峰和第二反射峰的中心波长用于测量温度的变化值，第一反射峰和第二反射峰的相对强度变化用于测量光纤光栅处的微弯程度。

[0014] 进一步的，所述的步骤S3中，具体步骤为：

[0015] S31：光栅解调仪测量每个倾斜布喇格光栅的第一反射峰和第二反射峰的中心波长和强度信息；

[0016] S32：第一反射峰和第二反射峰的中心波长受温度影响发生漂移，设中心波长的变化量为 $d\lambda$ ，温度的变化量为 dT ，倾斜布喇格光栅的温度灵敏度为 K ；则波长变化量与温度变化呈线性关系，满足如下公式：

$$[0017] \quad d\lambda = KdT;$$

[0018] 根据上述变化规律还原外界的温度；

[0019] S33：设自耦合系数为 σ ，初始中心波长为 λ ，平均折射率调制深度为 $\overline{\delta n_{eff}}$ ；归一化系数 $\nu(\theta)$ 由倾斜角度决定，还随着光纤微弯程度的增大而减小，导致反射峰强度降低；第一反射峰的强度受到光纤微弯状态的影响，反射峰强度由二阶模 LP_{11} 模式在光栅区域处的自耦合系数决定，满足如下公式：

$$[0020] \quad \sigma = \frac{2\pi}{\lambda} \overline{\delta n_{eff}} \nu(\theta);$$

[0021] 根据上述变化规律还原外界的微弯变化。

[0022] 进一步的,所述的步骤S32中,倾斜布喇格光栅的温度灵敏度K在中心波长1550nm下对应为0.0109nm/°C。

[0023] 进一步的,所述的步骤S33中,初始中心波长 $\lambda=1550\text{nm}$;弱布喇格光栅的平均折射率调制深度 $\overline{\delta n_{\text{eff}}}=10^{-6}$;倾斜角度为0度时,归一化系数 $v(\theta)=1$ 。

[0024] 一种大容量光栅阵列的双参量准分布式传感装置,包括光栅传感解调仪,双模光纤、倾斜布喇格光栅阵列;倾斜布喇格光栅阵列由单脉冲紫外激光通过相位掩模板刻写到双模光纤的纤芯中;倾斜布喇格光栅阵列包括若干均匀排列并与双模光纤保持小角度倾斜的倾斜布喇格光栅,每个倾斜布喇格光栅的长度相等,相邻两个倾斜布喇格光栅的间隔相等,每个倾斜布喇格光栅的包括反射光谱、反射率的特征参数一致;光栅传感解调仪的光学信号输出端连接双模光纤的一端,用于依次测量每个倾斜布喇格光栅的谱形信息,双模光纤的另一端连接光纤终结器。

[0025] 进一步的,光栅传感解调仪包括可调谐扫描激光光源,用于周期性输出具有合适带宽的脉冲信号;光栅传感解调仪用于通过波分复用WDM和时分复用TDM混合复用技术对每个倾斜布喇格光栅进行独立解调得到反射谱信息,再通过倾斜布喇格光栅的谱形变化还原得到待测区域的温度和微弯状态。

[0026] 进一步的,双模光纤为经由拉丝塔在线拉制得到的低损耗传输光纤;双模光纤的纤芯直径为 $13\mu\text{m}\sim 15\mu\text{m}$,包层直径为 $125\mu\text{m}$;双模光纤的纤芯用于同时支持 LP_{01} 和 LP_{11} 两种低损耗线偏振模式的传输,模式传输损耗 $\leq 0.4\text{dB/km}$ 。

[0027] 进一步的,倾斜布喇格光栅的有效反射率 $\leq -40\text{dB}$;倾斜布喇格光栅与双模光纤的裸纤的倾斜角度的范围为 $1^\circ\sim 7^\circ$ 。

[0028] 本发明的有益效果为:

[0029] 1.本发明的一种大容量光栅阵列的双参量准分布式传感方法和装置,通过在双模光纤上刻写小角度的倾斜布喇格光栅,获得具有两个模式自耦合反射峰的光栅谱形;通过波分、时分混合复用解调技术实时读取光栅的谱形信息;实现了大容量的温度、弯曲双参量准分布式传感功能,满足了更多的光纤传感应用场景。

[0030] 2.本发明通过反射型弱布拉格光纤光栅满足了长距离的准分布式传感要求,由于双模光纤传输损耗较低且模式稳定,得到的光栅谱形具有较好的一致性。

[0031] 3.本发明采用小角度倾斜布喇格光栅作为传感单元,一方面保留了布喇格光栅阵列在温度准分布式测量的能力,另一方面由于倾斜的布喇格光栅会对微弯所带来的光耦合效率造成影响,其峰强随弯曲程度的变化十分明显,且微弯几乎不对光栅中心波长造成影响,实现了光栅传感网络的双参量准分布式测量。

[0032] 4.本发明中微弯环境下仅有 LP_{11} 模式的自耦合峰强度会受到影响, LP_{01} 模式的自耦合峰强度几乎不变,通过测量两个反射峰强度的相对变化可以避免解调仪光源强度以及光栅自身反射率的差异性带来的测量误差,实现系统对微弯的准确测量。

[0033] 5.本发明采用的双模光纤和倾斜光栅的刻写均可以通过拉丝塔在线制备系统实现,其刻写光栅的中心波长、反射率、带宽等参数均可以根据使用要求灵活控制,所使用的装置系统与普通光栅阵列温度准分布式传感类似,具有很高的可靠性。

附图说明

[0034] 图1是本发明实施例的装置示意图。

[0035] 图2是本发明实施例的单个光栅的谱形示意图。

[0036] 图3是本发明实施例的单个光栅的谱形变化过程图。

[0037] 图中:1.光栅传感解调仪;2.双模光纤;3.倾斜布喇格光栅阵列;4.LP₁₁模式自耦合形成的反射峰;5.LP₀₁模式自耦合形成的反射峰。

具体实施方式

[0038] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0039] 参见图1,本发明的实施例包括光栅传感解调仪1,双模光纤2、倾斜布喇格光栅阵列3。采用光波长时域反射解调技术的光栅传感解调仪1通过波时分混合复用技术测量光栅的谱形信息;双模光纤2具有LP₀₁和LP₁₁两种低损耗传输模式;倾斜布喇格光栅阵列3由单脉冲紫外激光经由相位掩模板在线刻写到双模光纤2的纤芯中,并与光纤中有小角度倾斜;将每一个倾斜布喇格光栅视为一个光栅传感单元,通过在双模光纤2中均匀大量地排列形成光纤传感网络;光栅传感解调仪1的光学信号输出端连接双模光纤2的一端,依次测量倾斜布喇格光栅阵列3的每个光栅的谱形信息,双模光纤2的另一端连接光纤终结器。

[0040] 光栅传感解调仪1使用可调谐扫描激光光源,周期性输出具有合适带宽的脉冲信号,通过波分复用(WDM)和时分复用(TDM)混合复用技术对倾斜布喇格光栅阵列3上的每一个光栅进行独立解调,得到每个光栅的反射谱信息,再通过光栅的谱形变化还原得到每个光栅传感点的温度和微弯状态。

[0041] 双模光纤2为经由拉丝塔在线拉制得到的低损耗传输光纤,其纤芯直径为13-15 μ m,包层直径为125 μ m,其纤芯可同时支持LP₀₁和LP₁₁两种线偏振模式的传输,其模式传输损耗 ≤ 0.4 dB/km。

[0042] 倾斜布喇格光栅阵列3是由大量的全同布喇格光栅构成,每个全同布喇格光栅的长度均相等,相邻两个全同布喇格的光栅间隔均相等,其反射光谱、反射率等特征参数均一致,单个光栅有效反射率 ≤ -40 dB。

[0043] 全同布喇格光栅经由相位掩模板单脉冲紫外激光刻写到双模光纤2的纤芯中,通过调整相位掩模板与裸纤的夹角,使刻写到纤芯的布喇格光栅发生一定角度的倾斜,其倾斜角度的范围在1~7°。

[0044] 本发明的原理为:在线刻写布喇格光栅阵列的过程中,通过调整相位掩模板与裸纤的角度,使刻写的光栅不再严格垂直于光纤轴向,而是与光纤轴向的垂直线呈一定的夹角,形成倾斜布喇格光栅阵列。对于刻写在双模光纤中的倾斜布喇格,其基模LP₀₁和二阶模LP₁₁在光栅处由于模式自耦合形成两个反射峰,其中基模LP₀₁自耦合形成的反射峰仅对温度响应,二阶模LP₁₁自耦合形成的反射峰对温度和微弯均有响应。采用光栅解调仪测量每一个光栅的谱形信息,再通过中心波长变化和两个峰相对强度的变化还原得到每一个光栅栅区的温度和微弯状态。

[0045] 本发明实施例的一种大容量光栅阵列的双参量准分布式传感方法,包括以下步骤:

[0046] 步骤1:将刻写了倾斜布喇格光栅阵列3的双模光纤2的一端连接光栅传感解调仪1

的光学信号输出端,双模光纤2的另一端连接光纤终结器;

[0047] 步骤2:将双模光纤2平铺至待测区域,保证光纤水平且不弯曲的情况下与待测区域紧密接触,且倾斜布喇格光栅阵列3中的所有光栅位于同一直线上;

[0048] 步骤3:所述的斜布喇格光栅阵列3中的光栅会受到待测区域中温度和形貌的影响,自身温度和微弯状态会发生一定的改变,其反射峰的中心波长和强度发生变化,通过光栅传感解调仪1对每个光栅的反射谱信息进行实时测量,通过反射峰中心波长和相对强度变化实现温度、微弯的双参量准分布式传感。

[0049] 步骤3中测量的任意一个倾斜布喇格光栅包含两个反射峰4和5,其中反射峰4和5的中心波长用于测量温度的变化值,反射峰4和反射峰5的相对强度变化用于测量光纤光栅处的微弯程度,具体方法为:

[0050] 所述特征峰4是由双模光纤2中的二阶模 LP_{11} 模式在光栅处自耦合形成的反射峰,其中心波长受温度影响,其峰强度受微弯状态的影响,反射峰5是由双模光纤2中的基模 LP_{01} 模式在光栅处自耦合形成的反射峰,其中心波长受温度影响,其峰强度不受微弯状态影响。利用光栅解调仪1得到每个光栅的反射峰4、5的中心波长和强度信息,再通过变化规律还原外界的温度和微弯变化。

[0051] 所述反射峰4和5的中心波长受温度影响发生漂移,其波长变化量与温度变化呈线性关系,满足如下公式:

$$[0052] \quad d\lambda = KdT$$

[0053] 式中 $d\lambda$ 为中心波长的变化量, dT 为温度的变化量, K 为光栅的温度灵敏度,在中心波长为1550nm下对应为0.0109nm/°C。

[0054] 所述反射峰4的反射峰强度受到光纤微弯状态的影响,其反射峰强度由自身 LP_{11} 模式在光栅区域处的自耦合系数决定,满足如下公式:

$$[0055] \quad \sigma = \frac{2\pi}{\lambda} \overline{\delta n_{eff}} v(\theta)$$

[0056] 式中 σ 为自耦合系数, λ 为初始中心波长一般为1550nm, $\overline{\delta n_{eff}}$ 为平均折射率调制深度,对于弱布喇格光栅通常为 10^{-6} , $v(\theta)$ 为归一化系数,其数值由倾斜角度决定,0度下该值为1。同时光纤弯曲状态同样也会影响到 $v(\theta)$,具体表现为随着微弯程度的增大,其 $v(\theta)$ 会明显减小,导致反射峰强度降低。

[0057] 本发明基于刻写于双模光纤中的小角度倾斜布喇格光栅阵列,采用光栅解调仪对阵列的每一个光栅谱形进行测量,实现了温度、弯曲的双参量准分布式传感。本实施例采用上述的装置及方法,对一段区域中的光纤的温度和微弯状态进行了测量,其中一个光栅的反射谱形变化结果如图3所示。结果表明,温度同时对两个反射峰的中心波长造成影响,微弯仅影响第一个反射峰的强度,对后一个反射峰的强度几乎没有影响。因此,利用两个反射峰中心波长的变化和相对强度的变化,可以准确地将温度和弯曲变化进行区分并测量,具有良好的可靠性和抗干扰性。

[0058] 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。

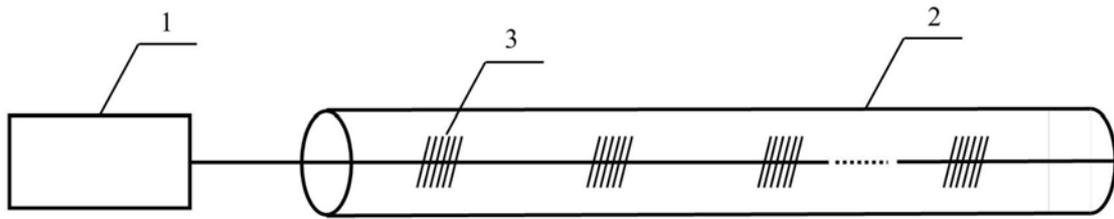


图1

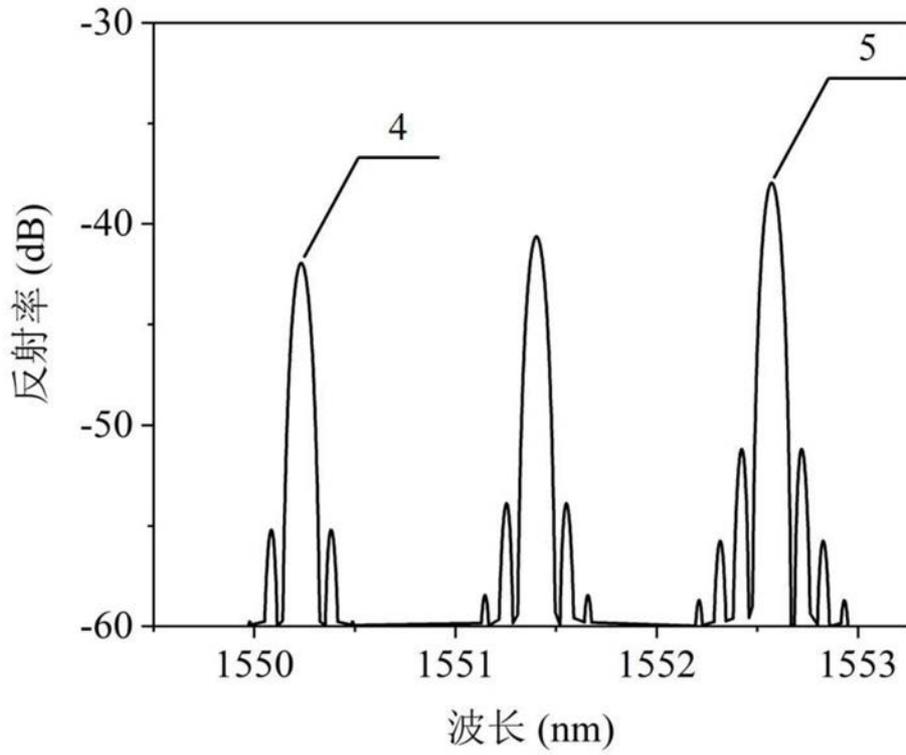


图2

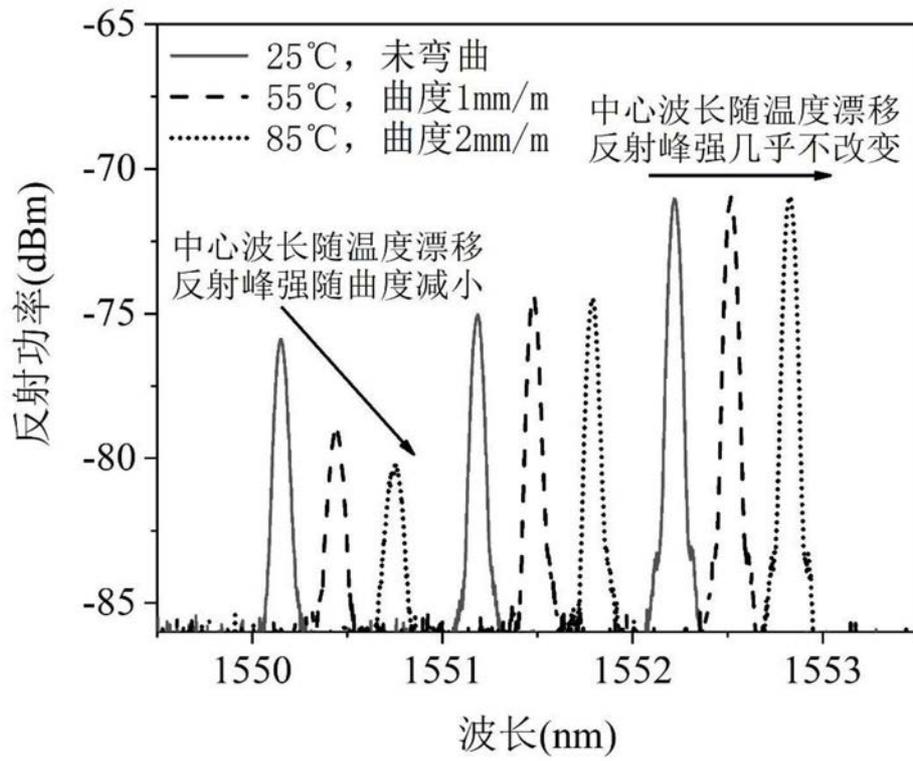


图3