



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105698831 B

(45)授权公告日 2017. 11. 28

(21)申请号 201610050857.3

G01D 5/38(2006.01)

(22)申请日 2016.01.26

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105698831 A

CN 1975342 A, 2007.06.06,

CN 102322888 A, 2012.01.18,

CN 103398801 A, 2013.11.20,

CN 1851414 A, 2006.10.25,

CN 101929879 A, 2010.12.29,

US 2010284646 A1, 2010.11.11,

US 6788418 B1, 2004.09.07,

(43)申请公布日 2016.06.22

(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

王宏亮等.压力与温度双参量传感优化系统的研制.《光学学报》.2005,第25卷(第7期),第875-880页.

(72)发明人 李政颖 周爱 王洪海 余海湖

桂鑫 郭会勇 赵救稷

李志全等.分布式光纤光栅传感网络的复用解调技术.《光电子技术与信息》.2005,第53-58页.

(74)专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限公司

42104

代理人 潘杰 李满

审查员 李亚萍

(51)Int.Cl.

G01D 5/353(2006.01)

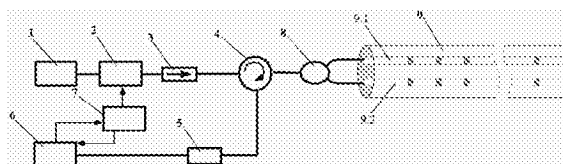
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

双芯光纤光栅阵列传感网络及分布式传感信息获取方法

(57)摘要

本发明公开了一种双芯光纤光栅阵列传感网络,它的扫描激光器的输出端连接半导体光放大器,半导体光放大器的输出端连接光环行器,光连接器连接光环行器,光连接器连接双芯光纤光栅阵列中的第一光纤光栅阵列和第二光纤光栅阵列,光环行器连接光电探测器的输入端,光电探测器的输出端连接解调仪的光栅波长探测电信号输入端,脉冲函数发生器的半导体光放大器驱动信号输出端连接半导体光放大器的驱动信号输入端,脉冲函数发生器的解调控制信号输出端连接解调仪的解调控制信号输入端,解调仪的脉冲函数发生器驱动信号输出端连接脉冲函数发生器的驱动信号输入端。本发明具有稳定性高、损耗低、无温度干扰等优点。



1. 一种双芯光纤光栅阵列传感网络,其特征在于:它包括扫描激光器(1)、半导体光放大器(2)、光环形器(4)、光电探测器(5)、解调仪(6)、脉冲函数发生器(7)、光连接器(8)和双芯光纤光栅阵列(9),其中,扫描激光器(1)的输出端连接半导体光放大器(2)的输入端,半导体光放大器(2)的输出端连接光环形器(4)的第一接口,光连接器(8)的第一接口连接光环形器(4)的第二接口,光连接器(8)的第二接口连接双芯光纤光栅阵列(9)中的第一光纤光栅阵列(9.1),光连接器(8)的第三接口连接双芯光纤光栅阵列(9)中的第二光纤光栅阵列(9.2),光环形器(4)的第三接口连接光电探测器(5)的输入端,光电探测器(5)的光栅波长探测电信号输出端连接解调仪(6)的光栅波长探测电信号输入端,脉冲函数发生器(7)的半导体光放大驱动信号输出端连接半导体光放大器(2)的驱动信号输入端,脉冲函数发生器(7)的解调控制信号输出端连接解调仪(6)的解调控制信号输入端,解调仪(6)的脉冲函数发生器驱动信号输出端连接脉冲函数发生器(7)的驱动信号输入端,所述第一光纤光栅阵列(9.1)的中心波长和第二光纤光栅阵列(9.2)的中心波长随双芯光纤光栅阵列(9)所受温度和/或应变的改变而变化,且在每个时刻第一光纤光栅阵列(9.1)和第二光纤光栅阵列(9.2)中的两个中心波长不相等。

2. 根据权利要求1所述的双芯光纤光栅阵列传感网络,其特征在于:它还包括光隔离器(3),所述半导体光放大器(2)的输出端通过光隔离器(3)连接光环形器(4)的第一接口。

3. 根据权利要求1所述的双芯光纤光栅阵列传感网络,其特征在于:所述扫描激光器(1)输出激光的波长范围为1510~1590nm。

4. 根据权利要求1所述的双芯光纤光栅阵列传感网络,其特征在于:所述半导体光放大器(2)能将扫描激光器(1)输出的激光的光强值提高15~25dB。

5. 根据权利要求1所述的双芯光纤光栅阵列传感网络,其特征在于:所述第一光纤光栅阵列(9.1)的光反射率范围为0.1~0.5%,所述第二光纤光栅阵列(9.2)的光反射率范围为0.1~0.5%。

6. 根据权利要求5所述的双芯光纤光栅阵列传感网络,其特征在于:所述第一光纤光栅阵列(9.1)与第二光纤光栅阵列(9.2)之间的光反射率相等,所述第一光纤光栅阵列(9.1)对应的纤芯和第二光纤光栅阵列(9.2)对应的纤芯具有不同的折射率。

7. 根据权利要求1所述的双芯光纤光栅阵列传感网络,其特征在于:所述双芯光纤光栅阵列(9)中第一光纤光栅阵列(9.1)和第二光纤光栅阵列(9.2)由相位掩膜版法在拉丝塔进行光纤制作的同时在线刻写光栅制作而成。

8. 根据权利要求2所述的双芯光纤光栅阵列传感网络,其特征在于:所述光隔离器(3)用于防止双芯光纤光栅阵列(9)的反射光回流入半导体光放大器(2)。

9. 一种利用权利要求1所述双芯光纤光栅阵列传感网络获取分布式传感信息的方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤1:扫描激光器(1)输出窄带直流激光;

步骤2:半导体光放大器(2)在脉冲函数发生器(7)的驱动下将窄带直流激光在时域上进行强度调制形成脉冲光信号;

步骤3:脉冲光信号通过光环形器(4)和光连接器(8)进入作为传感载体的双芯光纤光栅阵列(9)的第一光纤光栅阵列(9.1)和第二光纤光栅阵列(9.2)中;

步骤4:由双芯光纤光栅阵列(9)的第一光纤光栅阵列(9.1)和第二光纤光栅阵列(9.2)

反射的脉冲光信号经过光环形器(4)进入光电探测器(5)；

步骤5:光电探测器(5)将反射的脉冲光信号转换为对应的光栅波长探测电信号输送给解调仪(6),同时,脉冲函数发生器(7)将解调控制信号输送给解调仪(6)；

步骤6:解调仪(6)在解调控制信号的控制下将光栅波长探测电信号解调为空间场内的分布式传感信息。

10.根据权利要求9所述的获取分布式传感信息的方法,其特征在于:所述步骤2中,脉冲函数发生器(7)在解调仪(6)的控制下驱动半导体光放大器(2)将窄带直流激光在时域上进行强度调制形成脉冲光信号。

## 双芯光纤光栅阵列传感网络及分布式传感信息获取方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光纤传感检测技术领域,具体地指一种双芯光纤光栅阵列传感网络及分布式传感信息获取方法。

### 背景技术

[0002] 光纤光栅传感器具有灵敏度高、抗电磁干扰、耐腐蚀、动态测量范围宽、体积小、易于复用等优点,因此得到了广泛的研究和利用。光纤光栅是光纤芯区折射率受永久性、周期性调制的一种特殊光纤。其发射谱线的中心波长是一个与光纤折射率和折射率扰动周期有关的物理量。当外界物理量改变时,就改变了光栅的折射率和周期,进而改变反射谱线的中心波长。所以通过检测中心波长的变化可感知外界物理量的变化。单模光纤光栅由于其折射率的同向同行,所以反射谱只有一个中心波长,作为传感时只能感知一个外界物理量。而双芯光纤光栅的中心波长由于纤芯存在较大的折射率差异,所以其反射谱将出现两个中心波长。

[0003] 光纤光栅的谐振波长与温度和应变都有关系,即温度和应变会同时引起光纤光栅的谐振波峰的变化,而单个光纤光栅的峰值波长检测变化无法区分波长的漂移量是由温度变化引起的还是由应变引起的,或者由两者共同引起的,这就是温度和应力的交叉影响。大部分的方案是利用多个光纤光栅来实现温度和应力的分离传感。

[0004] 目前解决光纤光栅应力温度交叉的问题的方法主要有以下几种:

[0005] 1、参考文献1:(马晓川,等.高灵敏度稳定光纤光栅温度传感器的研究[J].光电子激光,2013,07期.),介绍了一种光纤温度传感器,利用压力去敏。当只要光栅处于恒压条件,便可消除交叉敏感,该方案需要恒压才能去掉应变的交叉干扰。

[0006] 2、参考文献2:(何少灵等,温度实时补偿的高精度光纤光栅压力传感器,中国激光,2015,,4(6);),介绍了一种光纤光栅压力传感器,利用温度补偿去敏。温补光栅与弹性膜片分离,使其对温度响应基本相同,从而使应变测量不受环境温度的影响。该方案中,温度补偿封装法只是消除了光纤光栅热敏的热膨胀部分,并没有消除光敏部分,因此在温度封装金属中,对封装材料的膨胀系数、封装结构的稳定性方面要求较高。

[0007] 3、参考文献3:(禹大宽等.新颖的光纤光栅温度压力同时区分测量传感器[J].光电子激光,2007(10):1146-1149.),介绍了一种分段封装的光纤布拉格光栅(FBG,Fiber Bragg Grating),使其产生两个光栅的效果,一个光纤布拉格光栅同时测量应变和温度,另一个光纤布拉格光栅只对温度做检测,测得的波长漂移量相减即可求得温度和压力的变化以解决交叉敏感问题。该方法的不足之处在于封装手段容易产生反射光谱的啁啾问题。

[0008] 目前,光纤光栅阵列的传感网络是当前研究的热门方向,它也存在不足和缺点,如光纤光栅对温度和应力的交叉影响,复用能力低等缺点。而传统的波分复用(WDM)技术由于受到光源谱宽的限制,复用容量只能达到数十个。时分复用(TDM)技术可以在时域上大大增加系统的复用容量,但是传输的衰减和光源强度有限,复用的光栅数量也仅为数十个。另外频分复用(FDM)技术、码分多址复用(CDMA)技术,也均在一定程度上受到带宽和传输损耗的

限制。如何提高传感网络的复用能力,光纤光栅温度应变的分离传感,是其重点和难点,上述几种方法难以满足要求。

### 发明内容

[0009] 本发明的目的就是要提供一种稳定性好的双芯光纤光栅阵列传感网络及分布式传感信息获取方法。

[0010] 为实现此目的,本发明所设计的一种双芯光纤光栅阵列传感网络,其特征在于:它包括扫描激光器、半导体光放大器(SOA, Semiconductor Optical Amplifier)、光环形器、光电探测器、解调仪、脉冲函数发生器、光连接器和双芯光纤光栅阵列,其中,扫描激光器的输出端连接半导体光放大器的输入端,半导体光放大器的输出端连接光环形器的第一接口,光连接器的第一接口连接光环形器的第二接口,光连接器的第二接口连接双芯光纤光栅阵列中的第一光纤光栅阵列,光连接器的第三接口连接双芯光纤光栅阵列中的第二光纤光栅阵列,光环形器的第三接口连接光电探测器的输入端,光电探测器的光栅波长探测电信号输出端连接解调仪的光栅波长探测电信号输入端,脉冲函数发生器的半导体光放大驱动信号输出端连接半导体光放大器的驱动信号输入端,脉冲函数发生器的解调控制信号输出端连接解调仪的解调控制信号输入端,解调仪的脉冲函数发生器驱动信号输出端连接脉冲函数发生器的驱动信号输入端,所述第一光纤光栅阵列的中心波长和第二光纤光栅阵列的中心波长随双芯光纤光栅阵列所受温度和/或应变的改变而变化,且在每个时刻第一光纤光栅阵列和第二光纤光栅阵列中的两个中心波长不相等。

[0011] 一种利用上述双芯光纤光栅阵列传感网络获取分布式传感信息的方法,包括如下步骤:

[0012] 步骤1:扫描激光器输出窄带直流激光;

[0013] 步骤2:半导体光放大器在脉冲函数发生器的驱动下将窄带直流激光在时域上进行强度调制形成脉冲光信号;

[0014] 步骤3:脉冲光信号通过光环形器和光连接器进入作为传感载体的双芯光纤光栅阵列的第一光纤光栅阵列和第二光纤光栅阵列中;

[0015] 步骤4:由双芯光纤光栅阵列的第一光纤光栅阵列和第二光纤光栅阵列反射的脉冲光信号经过光环形器进入光电探测器;

[0016] 步骤5:光电探测器将反射的脉冲光信号转换为对应的光栅波长探测电信号输送给解调仪,同时,脉冲函数发生器将解调控制信号输送给解调仪;

[0017] 步骤6:解调仪在解调控制信号的控制下将光栅波长探测电信号解调为空间场内的分布式传感信息。

[0018] 本发明的原理为:双芯光纤光栅在制作时,纤芯折射率的差异会带来两个中心波长的光纤光栅,双光纤光栅对温度、应力等存在固有的敏感特性,即不同的敏感系数(波长/应力;波长/温度等),通过两组不同的敏感系数,双芯光纤光栅的反射谱将出现两个中心波长,能记录两个参量的变化,通过对其敏感系数的标定,能将温度与应力的交叉敏感问题解决。

[0019] 本发明提出的双芯光纤光栅阵列传感网络及分布式传感信息获取方法,一方面,双芯光纤中折射率的差异,在刻写光栅过程中会带来成栅中心波长的不同,相当于在一个

光纤上同时刻写了两个光栅,固有特性能够将温度与应力的交叉影响分离解调;另外一方面,在拉制光纤的过程中直接将光栅进行在线刻写,单芯光纤光栅的反射率、中心波长和带宽等光学参数均相同,该双芯光纤光栅的阵列,由于其窄带宽、弱反射的特点,光源谱宽与传输损耗的限制大大减少,复用容量与传感距离能得到大幅提高。

[0020] 另外,传统的分布式光栅,是多个光栅焊接(焊接会带来熔接损耗),本发明采用的在线刻写方式避免了熔接损耗,同时,在传统焊接的过程中会有虚焊或者焊点,虚焊或者焊点会带来新的反射信号,影响解调的稳定性;本发明还具有无温度干扰等优点。

## 附图说明

[0021] 图1为本发明中双芯光纤光栅阵列的结构示意图;

[0022] 图2为本发明的结构示意图;

[0023] 图3为本发明中单个双芯光纤光栅受温度变化的光谱图;

[0024] 图4为本发明中单个双芯光纤光栅受应力变化的光谱图;

[0025] 图5为本发明中双芯光纤光栅的温度/应力敏感特性曲线。

[0026] 其中,1—扫描激光器、2—半导体光放大器、3—光隔离器、4—光环形器、5—光电探测器、6—解调仪、7—脉冲函数发生器、8—光连接器、9—双芯光纤光栅阵列、9.1—第一光纤光栅阵列、9.2—第二光纤光栅阵列。

## 具体实施方式

[0027] 以下结合附图和具体实施例对本发明作进一步的详细说明:

[0028] 如图1和2所示的双芯光纤光栅阵列传感网络,它包括扫描激光器1、半导体光放大器2、光环形器4、光电探测器5、解调仪6、脉冲函数发生器7、光连接器8和双芯光纤光栅阵列9,其中,扫描激光器1的输出端连接半导体光放大器2的输入端,半导体光放大器2的输出端连接光环形器4的第一接口,光连接器8的第一接口连接光环形器4的第二接口,光连接器8的第二接口连接双芯光纤光栅阵列9中的第一光纤光栅阵列9.1,光连接器8的第三接口连接双芯光纤光栅阵列9中的第二光纤光栅阵列9.2,光环形器4的第三接口连接光电探测器5的输入端,光电探测器5的光栅波长探测电信号输出端连接解调仪6的光栅波长探测电信号输入端,脉冲函数发生器7的半导体光放大驱动信号输出端连接半导体光放大器2的驱动信号输入端,脉冲函数发生器7的解调控制信号输出端连接解调仪6的解调控制信号输入端,解调仪6的脉冲函数发生器驱动信号输出端连接脉冲函数发生器7的驱动信号输入端,所述第一光纤光栅阵列9.1的中心波长和第二光纤光栅阵列9.2的中心波长随双芯光纤光栅阵列9所受温度和/或应变的改变而变化,且在每个时刻第一光纤光栅阵列9.1和第二光纤光栅阵列9.2中的两个中心波长不相等。双光栅的中心波长由于双芯折射率的差异会有不同,它能检测物理多参量的变化值(温度,应力,弯曲等),根据两组光纤光栅对温度、应力的不同固有敏感特性,通过数据处理能解决温度应力交叉敏感。上述的双芯光纤光栅阵列9一方面通过反射光强与激光波长的关系可由中心波长漂移量推算被测量大小;另一方面,通过反射光强与时间之间的关系,由反射光脉冲与输入光脉冲的时间延迟推算出被测量的空间位置。该发明能有效解决光纤光栅应力交叉敏感的问题,并能进行多参量的测量,有效的提高光纤光栅的复用能力,以弥补现有光纤传感技术的不足,为光纤传感网络提出新的方法。

[0029] 上述技术方案中,它还包括光隔离器3,所述半导体光放大器2的输出端通过光隔离器3连接光环形器4的第一接口。

[0030] 上述技术方案中,所述扫描激光器1输出激光的波长范围为1510~1590nm。这个波长的波段范围适合大多数传感器系统所使用的光学器件,满足了网络适应性的要求。

[0031] 上述技术方案中,所述半导体光放大器2能将扫描激光器1输出的激光的光强值提高15~25dB。上述光强值提高值与解调中分布式个数以及精度相匹配。

[0032] 上述技术方案中,所述第一光纤光栅阵列9.1的光反射率范围为0.1~0.5%,所述第二光纤光栅阵列9.2的光反射率范围为0.1~0.5%。该反射率为弱反射率。反射率的范围与分布式传感中传感长度与精度有关。反射率太强限制长度;反射率太弱,解调不出信号。

[0033] 上述技术方案中,所述第一光纤光栅阵列9.1与第二光纤光栅阵列9.2之间的光反射率相等,所述第一光纤光栅阵列9.1对应的纤芯和第二光纤光栅阵列9.2对应的纤芯具有不同的折射率。

[0034] 上述技术方案中,所述双芯光纤光栅阵列9中第一光纤光栅阵列9.1和第二光纤光栅阵列9.2由相位掩膜版法在拉丝塔进行光纤制作的同时在线刻写光栅制作而成。拉制光纤的时候,在涂覆层涂覆之前刻写光栅,然后再进行涂覆。该方法能精确可靠的控制光纤布拉格光栅的中心波长,并能得到稳定、可靠、重复性好的弱反射率双芯全同光纤光栅阵列。

[0035] 上述技术方案中,第一光纤光栅阵列9.1和第二光纤光栅阵列9.2均包括多个分布式相同波长的光纤光栅。

[0036] 上述技术方案中,所述光隔离器3用于防止双芯光纤光栅阵列9的反射光回流入半导体光放大器2。

[0037] 一种利用上述双芯光纤光栅阵列传感网络获取分布式传感信息的方法,包括如下步骤:

[0038] 步骤1:扫描激光器1输出窄带直流激光;

[0039] 步骤2:半导体光放大器2在脉冲函数发生器7的驱动下将窄带直流激光在时域上进行强度调制形成脉冲光信号;

[0040] 步骤3:脉冲光信号通过光环形器4和光连接器8进入作为传感载体的双芯光纤光栅阵列9的第一光纤光栅阵列9.1和第二光纤光栅阵列9.2中;

[0041] 步骤4:由双芯光纤光栅阵列9的第一光纤光栅阵列9.1和第二光纤光栅阵列9.2反射的脉冲光信号经过光环形器4进入光电探测器5;

[0042] 步骤5:光电探测器5将反射的脉冲光信号转换为对应的光栅波长探测电信号输送给解调仪6,同时,脉冲函数发生器7将解调控制信号输送给解调仪6;

[0043] 步骤6:解调仪6在解调控制信号的控制下将光栅波长探测电信号解调为空间场内的分布式传感信息。

[0044] 所述的双芯光纤光栅阵列9应用在光纤的应力与温度传感上,光纤双芯的不同折射率能带来两个不同中心波长的光纤光栅,通过对物理参量的感知,获取由应力以及温度变化带来的光纤光栅的中心波长的变化,能记录物理多参量的变化值(温度、应力、弯曲等),双光纤光栅对温度、应力等存在固有的敏感特性,即不同的敏感系数(波长/应力;波长/温度等),根据两组不同的敏感系数,双芯光纤光栅的反射谱将出现两个中心波长,能记录两个参量的变化,通过对其敏感系数的标定,能将温度与应力的交叉敏感问题解决。

[0045] 上述技术方案中,所述双芯光纤光栅阵列9应用在分布式的光纤传感测量,其在线拉制方法能精确控制光纤光栅的光学参数,当信号光入射到达弱反射光纤光栅时,与光纤光栅的中心波长一致的光被光纤光栅反射回来,剩余的大部分激光继续向前传输直到下一个弱反射的光纤光栅,继续发生同样的作用,直到阵列中的最后一个光栅。分析中心波长的变化情况,就可以实现阵列中每个光栅的传感功能,能够实现长距离、无遗漏的分布式传感检测,并能有效提高传感精度。

[0046] 上述技术方案的步骤2中,脉冲函数发生器7在解调仪6的控制下驱动半导体光放大器2将窄带直流激光在时域上进行强度调制形成脉冲光信号。

[0047] 图3为本发明中单个双芯光纤光栅受温度变化的光谱图,图4为本发明中单个双芯光纤光栅受应力变化的光谱图。温度变化引起的FBG波长漂移主要取决于光纤的热光效应和热膨胀效应,应力影响主要是由弹光效应和光纤光栅周期变化引起。而由于光纤的双芯的折射率不同,存在两个光轴,在两个光轴分别产生光栅反射。两光栅存在相异的温度敏感变化(温度从 $T_0$ 变成 $T_1$ 的波长变化量),以及相异的应力敏感变化(应力从 $\varepsilon_0$ 变成 $\varepsilon_1$ 的波长变化量),可通过标定得到两子谱的中心波长间距的温度、应力敏感系数。图3中, $\lambda_1$ 表示 $T_0$ 温度时第一光纤光栅阵列9.1的波长, $\lambda_2$ 表示 $T_0$ 温度时第二光纤光栅阵列9.2的波长, $\lambda_{11}$ 表示 $T_1$ 温度时第一光纤光栅阵列9.1的波长, $\lambda_{21}$ 表示 $T_1$ 温度时第二光纤光栅阵列9.2的波长;图4中, $\lambda_1$ 表示 $\varepsilon_0$ 应力时第一光纤光栅阵列9.1的波长, $\lambda_2$ 表示 $\varepsilon_0$ 应力时第二光纤光栅阵列9.2的波长, $\lambda_{12}$ 表示 $\varepsilon_1$ 应力时第一光纤光栅阵列9.1的波长, $\lambda_{22}$ 表示 $\varepsilon_1$ 应力时第二光纤光栅阵列9.2的波长;

[0048] 如图5为双芯光纤光栅的温度/应力敏感特性曲线,可通过标定得到两子谱的中心波长间距的温度、应力敏感系数。 $T$ 对应的曲线为中心波长间距温度敏感特性曲线, $\varepsilon$ 对应的曲线为中心波长间距应力敏感特性曲线。通过相应的特性敏感系数,经过相应的数据处理,能有效的解决光纤光栅应变与温度带来的交叉敏感的问题。

[0049] 本说明书未作详细描述的内容属于本领域专业技术人员公知的现有技术。



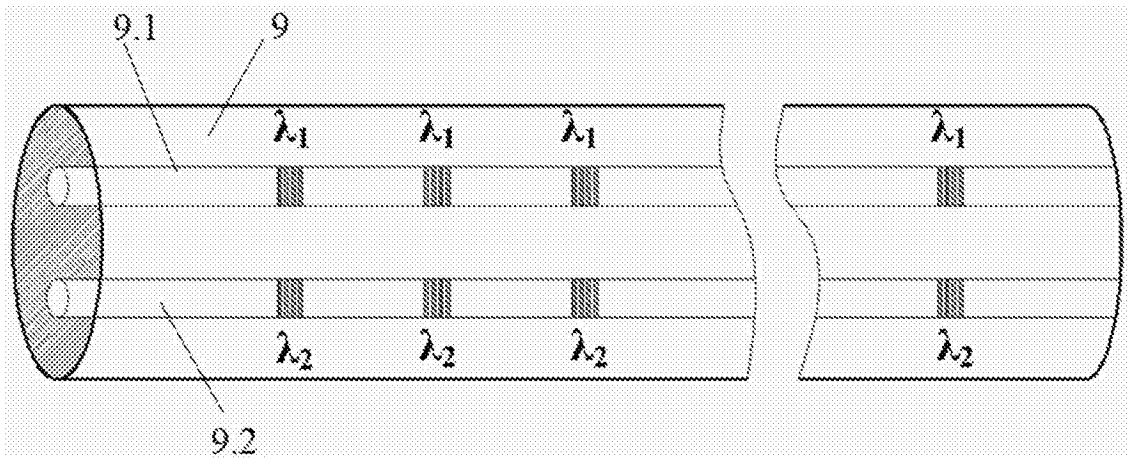


图1

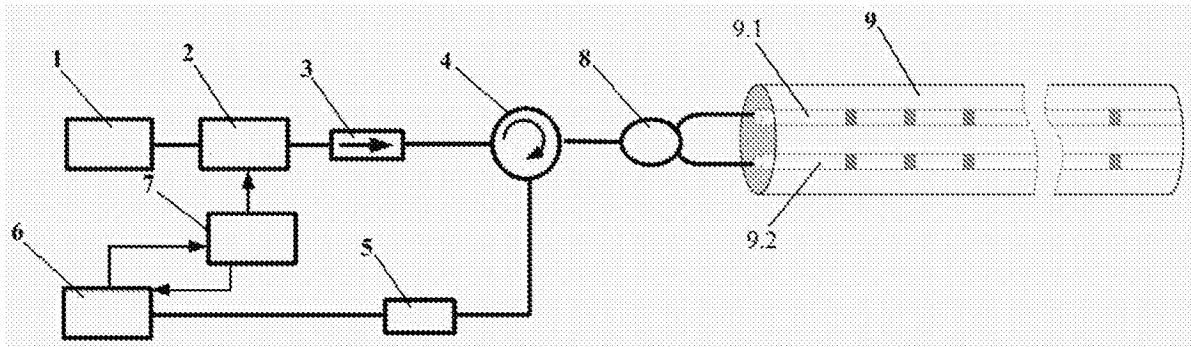


图2

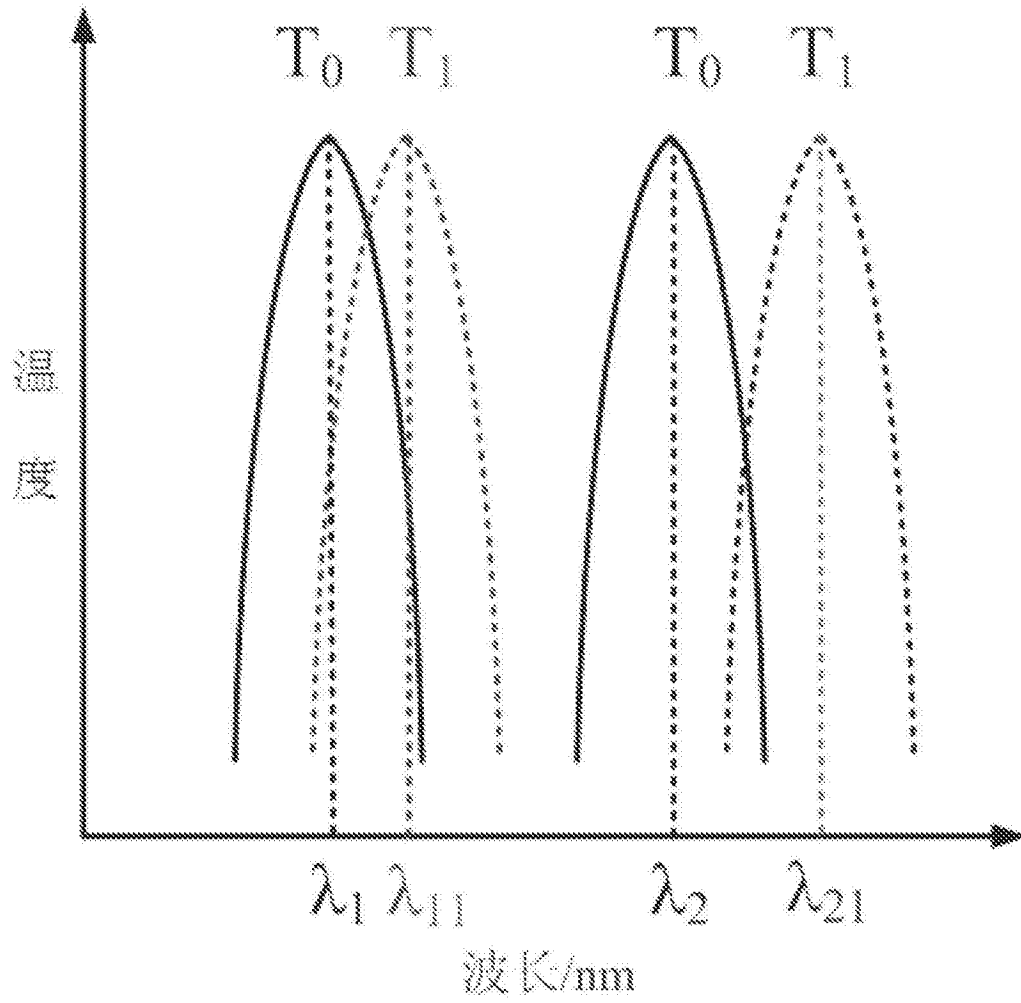


图3

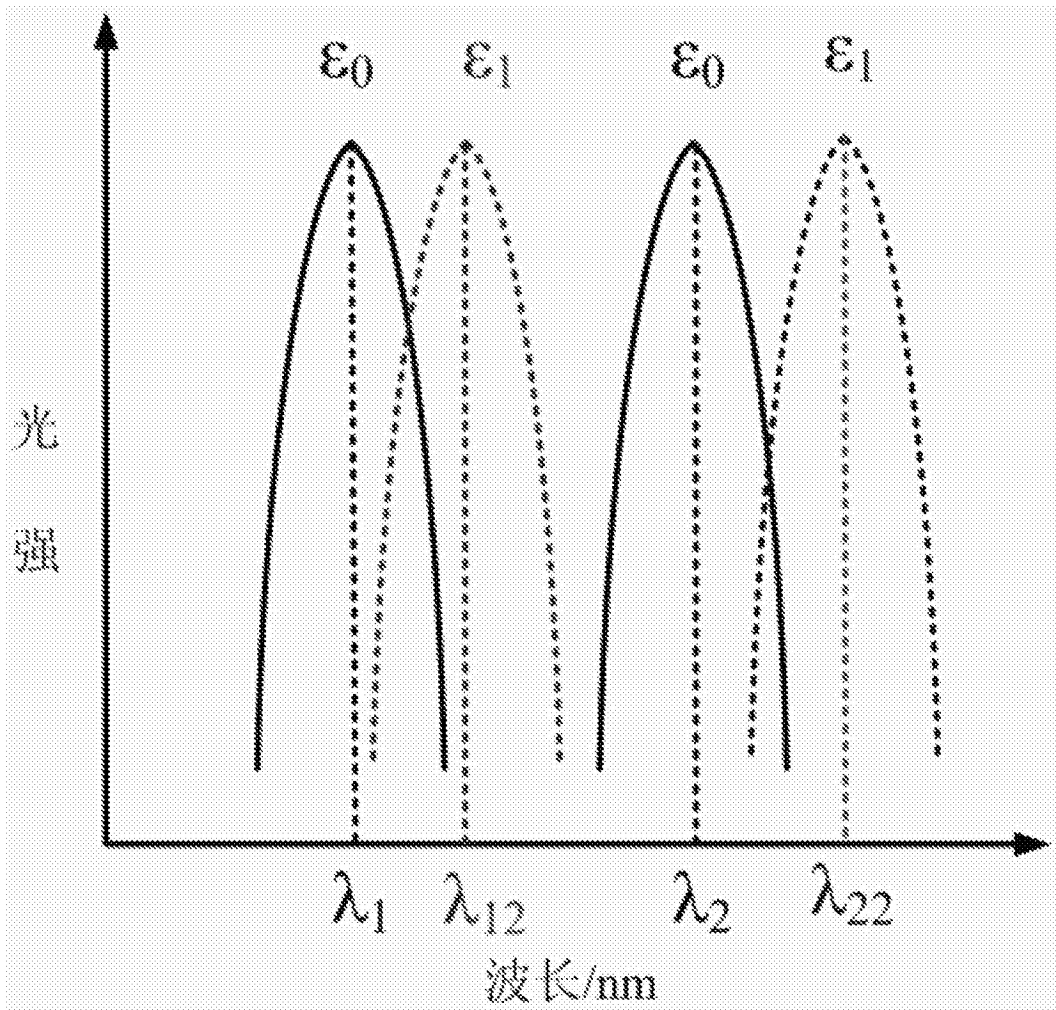


图4

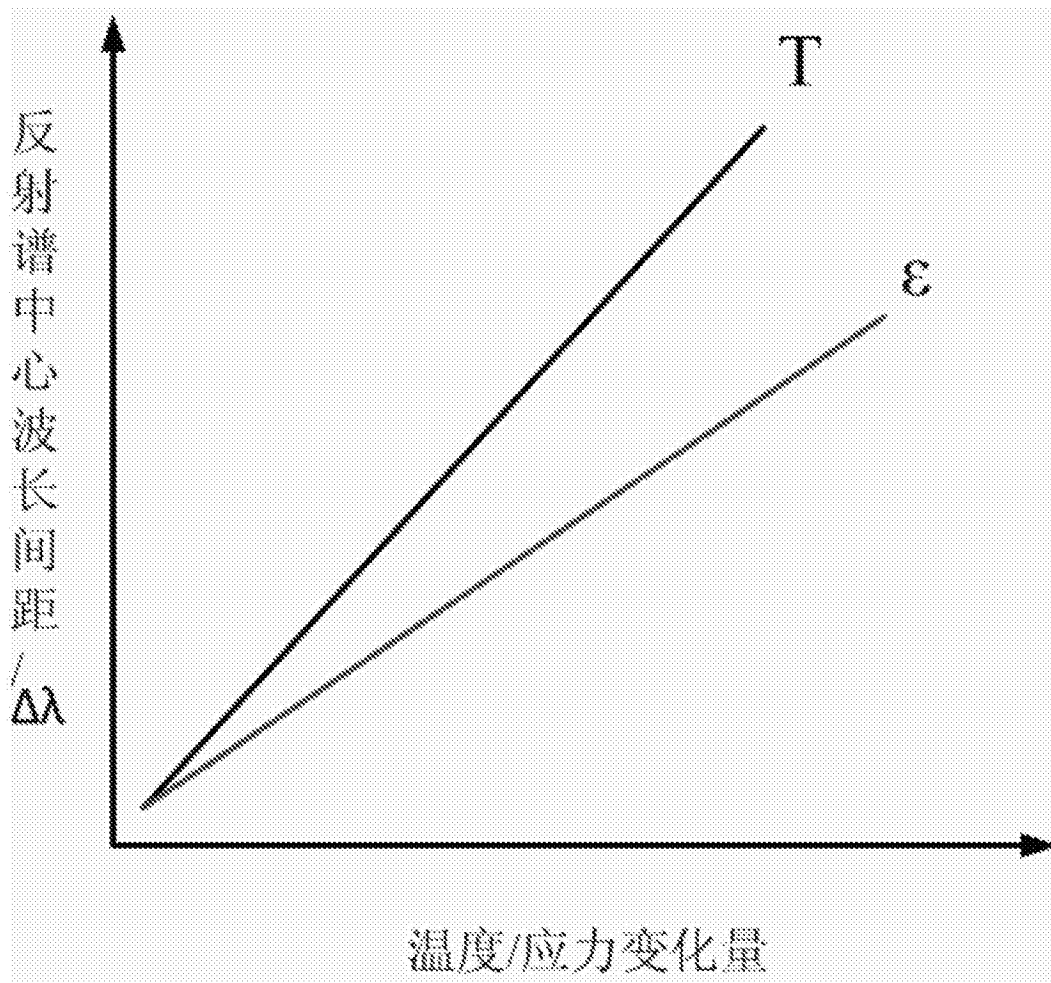


图5