



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105974521 B

(45)授权公告日 2018. 11. 27

(21)申请号 201610274688.1

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2016.04.28

G02B 6/293(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

(56)对比文件

申请公布号 CN 105974521 A

CN 103956640 A, 2014.07.30,

CN 105261921 A, 2016.01.20,

(43)申请公布日 2016.09.28

US 2003141440 A1, 2003.07.31,

(73)专利权人 北京信息科技大学

审查员 黄金龙

地址 100085 北京市海淀区清河小营东路

12号北京信息科技大学光电学院

(72)发明人 祝连庆 辛璟焘 董明利 姜小平

刘锋 庄炜 何巍

(74)专利代理机构 北京律恒立业知识产权代理

事务所(特殊普通合伙)

11416

代理人 顾珊 庞立岩

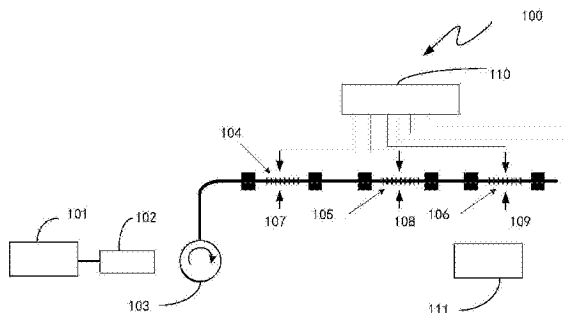
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种基于电极放电和石墨烯涂覆光纤光栅的波长开关装置

(57)摘要

本发明提供了一种基于电极放电和石墨烯涂覆光纤光栅的波长开关装置,包括宽带光源或多波段输出光源、光纤隔离器、光纤环形器、光纤光栅传感器、电极驱动器和光谱分析仪,宽带光源或多波段输出光源、光纤隔离器、光纤环形器依次连接,光纤环形器的一端连接光纤隔离器,另一端连接光纤光栅传感器和光谱分析仪,宽带光源或多波段输出光源发出的光通过光纤隔离器和光纤环形器后进入光纤光栅传感器,光纤光栅传感器上布置有至少两个不同波长的布拉格光纤光栅,布拉格光纤光栅通过光纤光栅夹具固定。电极驱动器控制电极对布拉格光纤光栅的栅区进行放电。



1. 一种基于电极放电和石墨烯涂覆光纤光栅的波长开关装置,包括宽带光源或多波段输出光源、光纤隔离器、光纤环形器、光纤光栅传感器、电极驱动器和光谱分析仪,

宽带光源或多波段输出光源、光纤隔离器、光纤环形器依次连接,光纤环形器的一端连接光纤隔离器,另一端连接光纤光栅传感器和光谱分析仪,宽带光源或多波段输出光源发出的光通过光纤隔离器和光纤环形器后进入光纤光栅传感器,

光纤光栅传感器上布置有至少两个不同波长的布拉格光纤光栅,布拉格光纤光栅通过光纤光栅夹具固定,

电极驱动器控制电极对布拉格光纤光栅的栅区进行放电。

2. 如权利要求1所述的波长开关装置,其中所述宽带光源或多波段输出光源为ASE光源。

3. 如权利要求2所述的波长开关装置,其中所述ASE光源输出功率大于13dBm,C+L波段带宽区域为1525nm-1610nm。

4. 如权利要求1所述的波长开关装置,其中所述布拉格光纤光栅的栅区表面涂覆10层石墨烯。

5. 如权利要求4所述的波长开关装置,其中所述布拉格光纤光栅的栅区长度为10mm,强度10dB。

6. 如权利要求1所述的波长开关装置,其中所述电极驱动器采用光纤涂层自动剥除机。

7. 如权利要求1所述的波长开关装置,其中所述光纤光栅夹具由导热性良好的紫铜制成,与光纤布拉格光栅的接触区域涂有导热硅胶。

8. 如权利要求1所述的波长开关装置,其中所述电极放电功率为固定值110mw。

9. 如权利要求1所述的波长开关装置,其中所述电极对布拉格光纤光栅的栅区放电的频率为10Hz。

10. 如权利要求1所述的波长开关装置,其中所述电极对布拉格光纤光栅的栅区放电的时间为5~10s。

一种基于电极放电和石墨烯涂覆光纤光栅的波长开关装置

技术领域

[0001] 本发明涉及涉及光纤通信技术领域,具体涉及一种基于电极放电和石墨烯涂覆光纤光栅的波长开关装置。

背景技术

[0002] FBG传感器由于具有灵敏度高,体积小,易于光纤耦合,不受电磁干扰等优点,广泛应用于航空航天、石油化工、船舶航运、民用工业、电力以及医学等领域。

[0003] 自从K.O.Hill等人采用驻波干涉法制成了世界上第一只光纤光栅以来,光纤光栅的刻写技术的研究取得了迅速发展,例如相位掩模法、全息干涉法、分波前干涉法、在线成栅法、聚焦离子束写入和直接写入法等刻写方法。目前最成熟且应用最广泛的光纤光栅刻写方法是基于相位掩膜法的紫外曝光刻写,采用传统紫外曝光法刻写的光纤光栅,折射率改变仅仅发生在具有光敏性的光纤纤芯内,且折射率沿着轴向成周期性分布。

[0004] 在FBG制作过程中,首先将普通掺锗光纤进行载氢处理以提高光纤的光敏性,然后用光纤涂层自动剥除机对载氢光纤进行去涂覆层处理,以便光栅的刻写。将普通光纤置于高压(107Pa)氢气中一段时间后,氢分子逐渐扩散到光纤的包层和纤芯中,当特定波长的紫外光(一般是248nm或193nm)照射载氢光纤时,纤芯被照部分中的氢分子立即与锗发生反应形成Ge-OH和Ge-H键,从而使该部分的折射率发生永久性增大。刻写过程结束后,光栅中残存的氢分子有扩散运动,且反应后存在不稳定的Ge-OH键,温度升高会使得这些键退化还原,进而导致光栅的反射率降低。

[0005] 因此,需要一种能够在输出端输出不同中心波长的光的系统和方法。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种基于电极放电和石墨烯涂覆光纤光栅的波长开关装置,包括宽带光源或多波段输出光源、光纤隔离器、光纤环形器、光纤光栅传感器、电极驱动器和光谱分析仪,宽带光源或多波段输出光源、光纤隔离器、光纤环形器依次连接,光纤环形器的一端连接光纤隔离器,另一端连接光纤光栅传感器和光谱分析仪,宽带光源或多波段输出光源发出的光通过光纤隔离器和光纤环形器后进入光纤光栅传感器,光纤光栅传感器上布置有至少两个不同波长的布拉格光纤光栅,布拉格光纤光栅通过光纤光栅夹具固定。电极驱动器控制电极对布拉格光纤光栅的栅区进行放电。

[0007] 优选地,所述宽带光源或多波段输出光源为ASE光源。

[0008] 优选地,所述ASE光源输出功率大于13dBm,C+L波段带宽区域为1525nm-1610nm。

[0009] 优选地,所述布拉格光纤光栅的栅区表面涂覆10层石墨烯。

[0010] 优选地,所述布拉格光纤光栅的栅区长度为10mm,强度10dB。

[0011] 优选地,所述电极驱动器采用光纤涂层自动剥除机。

[0012] 优选地,所述光纤光栅夹具由导热性良好的紫铜制成,与光纤布拉格光栅的接触区域涂有导热硅胶。

- [0013] 优选地,所述电极放电功率为固定值110mw。
- [0014] 优选地,所述电极对布拉格光纤光栅的栅区放电的频率为10Hz。
- [0015] 优选地,所述电极对布拉格光纤光栅的栅区放电的时间为5~10s。
- [0016] 应当理解,前述大体的描述和后续详尽的描述均为示例性说明和解释,并不应当用作对本发明所要求保护内容的限制。

附图说明

- [0017] 参考随附的附图,本发明更多的目的、功能和优点将通过本发明实施方式的如下描述得以阐明,其中:
- [0018] 图1示意性示出根据本发明的基于电极放电和石墨烯涂覆光纤光栅的波长开关装置的结构示意图;
- [0019] 图2示出根据本发明的电极扫描光栅栅区的扫描方式示意图;
- [0020] 图3示出了电极扫描栅区不同位置放电时的反射谱;
- [0021] 图4示出了左侧栅区不同位置放电时的FBG反射谱;
- [0022] 图5示出了栅区中心位置放电与未放电时FBG光谱对比。

具体实施方式

[0023] 本发明的基于电极放电和石墨烯涂覆光纤光栅的波长开关装置包括宽带光源或多波段输出光源、光纤隔离器、光纤环形器、光纤布拉格光栅串(FBG)和光谱分析仪。宽带光源或多波段输出光源发出的光通过光纤隔离器和光纤环形器后进入光纤光栅传感器,光纤光栅传感器上布置有至少两个不同波长的FBG。光纤环形器的另一端连接到光谱分析仪(OSA)进行实时监测,通过光谱仪观察电极在不同位置放电下的光谱。光纤布拉格光栅串是用飞秒激光在一根光纤上刻写多个不同中心波长的布拉格光栅而制成的,每个栅区长度为10mm,强度10dB。光纤光栅的栅区表面涂覆10层石墨烯,长度为30mm。

[0024] 图1示意性示出了根据本发明一个实施例的基于电极放电和石墨烯涂覆光纤光栅的波长开关装置的结构示意图。如图1所示,基于电极放电和石墨烯涂覆光纤光栅的波长开关装置100包括:ASE光源101、光纤隔离器102、光纤环形器103、第一FBG104、第二FBG105、第三FBG106、电极驱动器110及光谱分析仪111。其中,ASE光源101、光纤隔离器102、光纤环形器103依次连接,光纤环形器103的一端连接光纤隔离器102,另一端分别连接第一FBG104、第二FBG105、第三FBG106和光谱分析仪111。本实施例中采用光纤涂层自动剥除机3SAE FPUII作为电极驱动器110。电极驱动器110可通过控制器来设定电极的运动方向、速度以及电极的放电功率、时间等参数。本实施例中的ASE光源为自行研制,输出功率大于13dBm,C+L波段带宽区域为1525nm-1610nm;光纤布拉格光栅的夹具是由导热性良好的紫铜制成,与光纤布拉格光栅的接触区域涂上导热硅胶加强栅区和夹具的导热。每一段FBG都分别通过两个光纤光栅夹具固定在其两端。

[0025] 实验中电极放电功率为固定值110mw,通过设定放电装置参数对光纤光栅栅区分别进行扫描放电和定点放电实验。多次试验证明当电极以0.1mm/s速度沿光纤轴向从左到右对整个栅区进行放电扫描时(图2所示a方向),扫描的过程中FBG光谱的变化是关于栅区中心对称的,如图3所示,图3示出了电极扫描栅区不同位置放电时的反射谱。随着电极从z

$z = -5\text{mm}$ 处开始扫描放电,FBG的反射率逐渐减小;当扫描到 $z = 0\text{mm}$ 处时,FBG反射谱峰值强度达到最低,经过栅区中点之后,反射率又逐渐增加;当扫描到 $z = 5\text{mm}$ 时,反射峰与 $z = -5\text{mm}$ 处的反射峰相同。为方便数据分析,从 $z = -5\text{mm}$ 开始,每隔 1mm 记录一次光谱图,依此类推。图4表示电极在左侧栅区的5个不同位置观察到的反射光谱,从光谱图可以看出,电极放电使得FBG反射谱带宽展宽红移,峰值反射强度逐渐降低,谱形逐渐呈现出多峰状。当 $z = 0\text{mm}$ 时,即电极处于栅区中点时,此时光谱与原始光谱出现明显偏差,在远离中心波长处出现明显波长谐振。

[0026] 为分析电极在栅区中心位置放电对光谱产生的影响,设置电极相关参数使其对栅区的中心位置进行定点放电实验。图5是栅区中心放电和不放电时的FBG光谱对比,可以看出,持续放电时透射谱的峰值减小消失,峰值功率表现出明显的开关量变化特性,并且现象具有可重复性。也就是说,使用电极驱动器控制电极持续在FBG栅区的中点放电,FBG光栅的反射光谱的峰值就会消失,因此光谱分析仪不能检测到相应的FBG光栅的反射谱,相当于此段波长的FBG处于“关闭”状态。类似的,当多个FBG串联在根据本发明的基于电极放电和石墨烯涂覆光纤光栅的波长开关装置时,可以通过电极对FBG栅区的中心放电来控制不同波长的FBG的开关,以达到在一个光纤光栅系统中能够获得不同波长的光。这样就可以根据所需要的波长范围来选择电极驱动器控制电极对除此波长范围以外的其他布拉格光纤光栅的栅区中点进行放电,以将其他波长范围的布拉格光纤光栅“关闭”,输出端便能得到此范围波长的光。

[0027] 由模式耦合理论可知,光栅有效折射率和光栅周期发生改变均会使光栅中心波长漂移。当电极放电时,电极聚集的高能量电离附近空气,产生热等离子体,随着热等离子密度的增加,释放出大量热量,进而在电极附近形成不均匀的温度场,当该温度场靠近栅区位置时,诱导光纤光栅纤芯折射率发生改变。

[0028] 温度变化会引起热膨胀效应和热光效应,其中由热光效应导致光纤纤芯及包层半径发生改变,使光栅有效折射率发生改变;热膨胀效应导致材料尺度变化,使光栅周期发生改变。但其热膨胀效应导致的热膨胀系数较热光效应导致的折射率温度系数要小两个数量级。因此只需考虑温度致光纤折射率的改变而忽略其他效应的影响。光栅栅区各个位置的折射率分布发生改变,沿轴线折射率分布 $n(z)$ 可表示为

$$[0029] \quad n(z) = n_0 + \delta_n(z), \quad (3)$$

[0030] 其中, n_0 为初始光栅有效折射率, $\delta_n(z)$ 为温度对光栅折射率的空间调制度。那么,光栅栅区各位置反射得到的波长 $\lambda(z)$ 可表示为

$$[0031] \quad \lambda(z) = 2n(z) \Lambda_0 = 2[n_0 + \delta_n(z)] \Lambda_0 = 2n_0 \Lambda_0 [1 + T^{\text{opt}}(z)], \quad (4)$$

[0032] 其中,定义光温度参量为 $T^{\text{opt}}(z) = \delta_n(z) / n_0$,表示温变引起的折射率调制。

[0033] 非均匀分布温度场诱导光栅折射率发生改变,最终导致光栅栅区产生啁啾。规定啁啾谱带宽展宽量为最大谐振波长 λ_{max} 与最小谐振波长 λ_{min} 之差 $\Delta \lambda_{\text{bw}}$,可表示为

$$[0034] \quad \Delta \lambda_{\text{bw}} = \lambda_{\text{max}} - \lambda_{\text{min}} = 2n_0 \Lambda_0 \Delta T^{\text{opt}}, \quad (5)$$

[0035] 式中 $\Delta T^{\text{opt}} = T_{\text{max}} - T_{\text{min}}$ 表示光栅栅区最大温度梯度。由(5)式可看出,FBG反射谱带宽展宽量与最大温度梯度成正比。

[0036] 当电极到达栅区中心位置时,FBG反射谱峰值光功率与原始状态差值达到最大,此时FBG透射谱表现出更突出的峰值有无特点,如前面图4所示。分析其原因为,当电极放电

时,电极聚集的高能量电离附近空气,产生热等离子体,随着热等离子密度的增加,释放出大量热量,进而在电极附近形成不均匀的温度场,当该温度场靠近栅区位置时,诱导光纤光栅纤芯折射率发生改变,从而使得光栅透射率增大,且当非均匀温度场位于光栅栅区正中心位置时,光栅透射率趋于饱和并达到最大,反射谱峰值光功率边缘处的谐波是因为产生了啁啾。

[0037] 根据本发明的基于电极放电和石墨烯涂覆光纤光栅的波长开关装置来实现控制输出端输出不同波长的光的具体方法如下:

[0038] 1、搭建基于电极放电和石墨烯涂覆光纤光栅的波长开关系统:

[0039] 所述波长开关系统包括光源、光纤隔离器、光纤环形器、光纤光栅传感器、电极驱动器和光谱分析仪;光源、光纤隔离器和光纤环形器依次连接,光纤环形器的一端连接光纤隔离器,另一端连接光纤光栅传感器和光谱分析仪,光纤光栅传感器上至少串联有两个不同波长的布拉格光纤光栅;

[0040] 2、确定所需要的波长输出,电极驱动器控制电极对布拉格光纤光栅的栅区进行放电:

[0041] 根据所需要的波长范围来选择电极驱动器控制电极对除此波长范围以外的其他布拉格光纤光栅的栅区进行放电,以将其他波长范围的布拉格光纤光栅“关闭”。

[0042] 所述电极安置在每个布拉格光纤光栅的中心位置,电极驱动器控制电极对电极对布拉格光纤光栅的栅区中心点进行放电。

[0043] 本发明中采用的飞秒激光刻写的光纤光栅可以克服电极放电光栅透射谱深度变小的缺点。电极放电对紫外光刻写的光纤光栅进行退火,一方面可以清除残留在载氢光纤中未反应的氢分子;另一方面可以破坏光栅写入后纤芯中一些不稳定的Ge-OH和Ge-H键,引起光栅的折射率调制的改变,从而引起光栅反射率的变化。电极放电产生的轴向非均匀温度场分布的引起光栅啁啾。经过电极放电光栅反射率变小,光栅透射谱深度变小。

[0044] 结合这里披露的本发明的说明和实践,本发明的其他实施例对于本领域技术人员都是易于想到和理解的。说明和实施例仅被认为是示例性的,本发明的真正范围和主旨均由权利要求所限定。

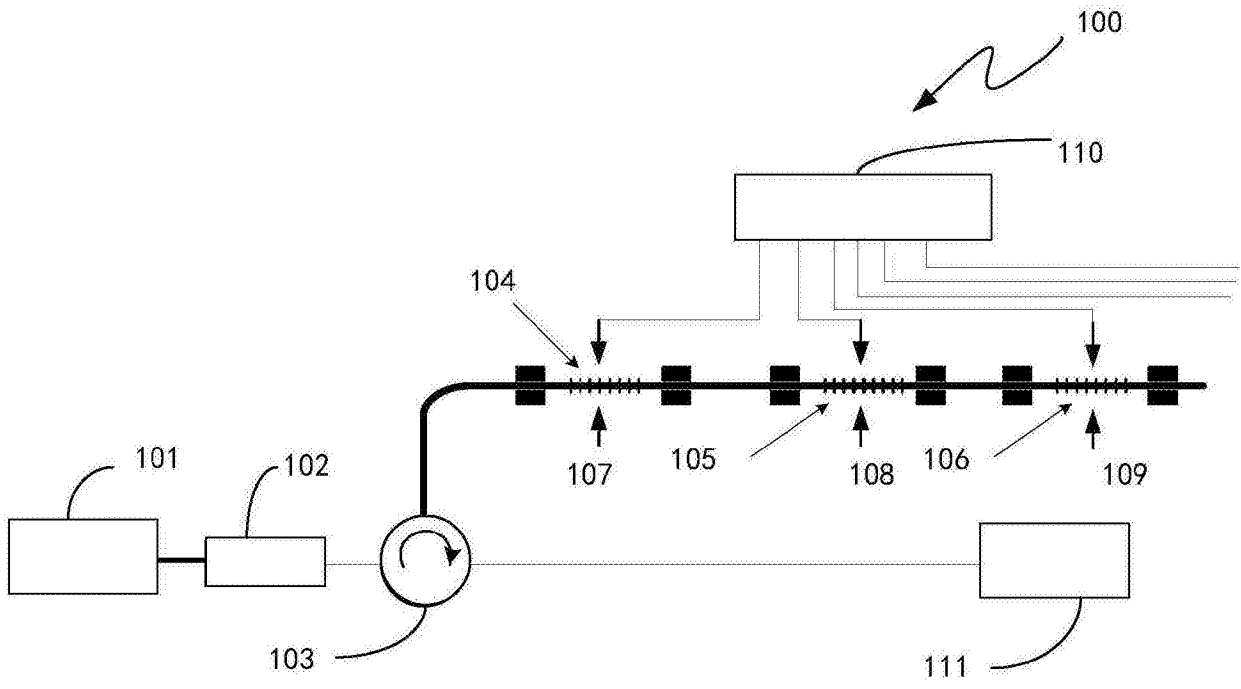


图1

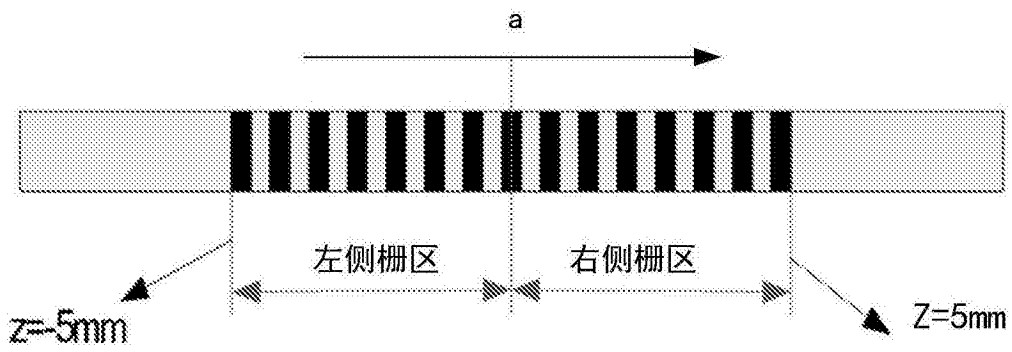


图2

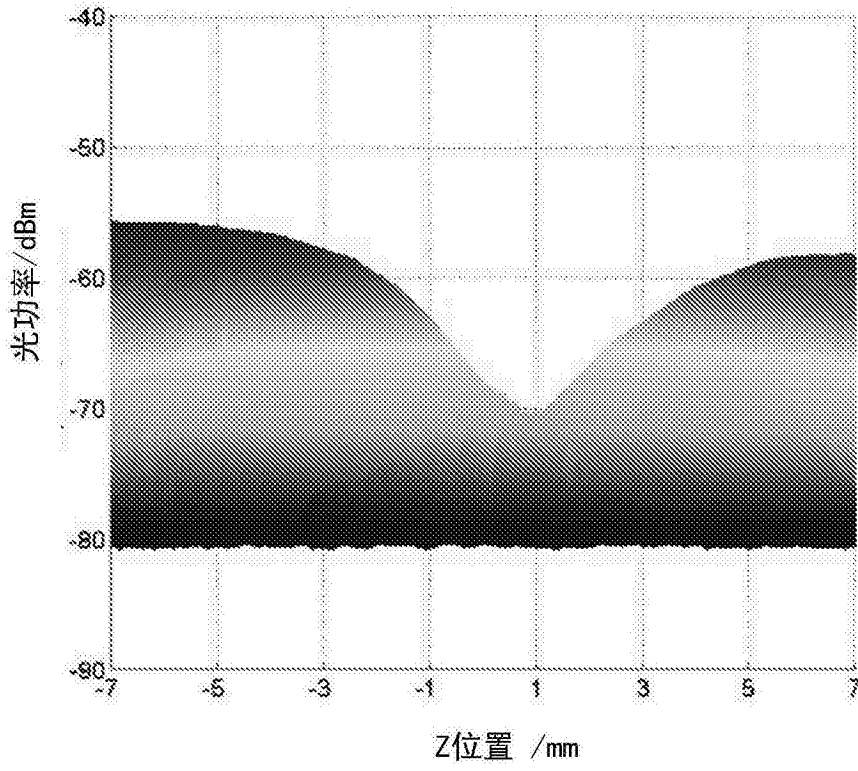


图3

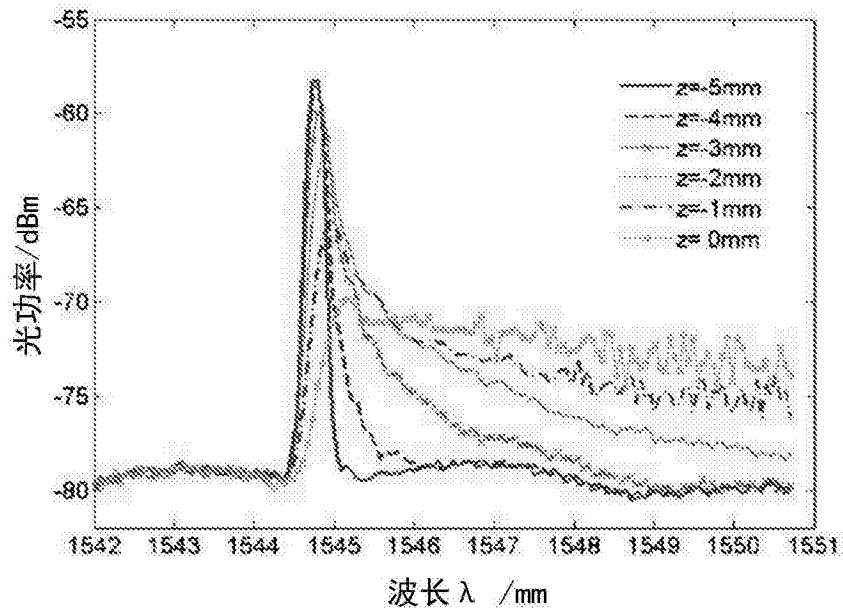


图4

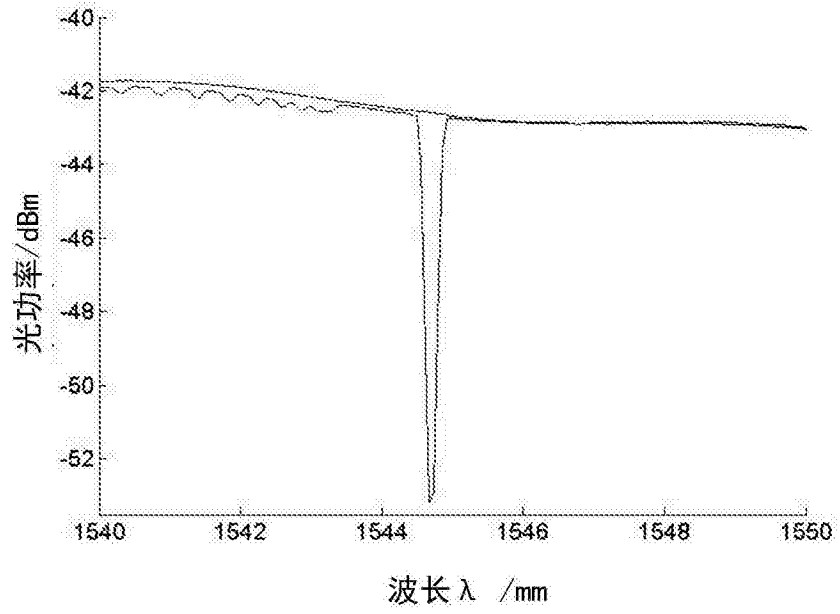


图5