



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104792502 A

(43) 申请公布日 2015. 07. 22

(21) 申请号 201510213700. 3

(22) 申请日 2015. 04. 29

(71) 申请人 重庆大学

地址 400044 重庆市沙坪坝区沙坪坝正街
174 号

(72) 发明人 陈伟民 张伟 雷小华 许亨艺
李竞飞

(74) 专利代理机构 北京同恒源知识产权代理有
限公司 11275

代理人 廖曦

(51) Int. Cl.

G01M 11/02(2006. 01)

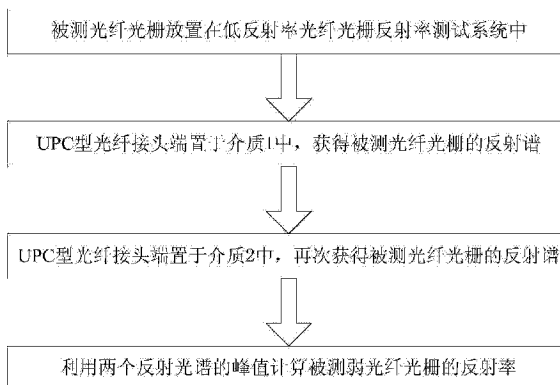
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种测量弱光纤光栅反射率的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种测量弱光纤光栅反射率的方法,属于光谱测量技术领域。该方法具体包括以下步骤:将被测光纤光栅放置在低反射率光纤光栅反射率测试系统中;再将被测光纤光栅的UPC型光纤接头端清洁干净,并将它置于介质1中,获得被测光纤光栅的反射谱;然后保持系统固定,迅速再将UPC型光纤接头清洁干净后置于介质2中,再次获得被测光纤光栅的反射谱;最后利用两个反射光谱的峰值计算被测弱光纤光栅的反射率。本发明提供的一种测量弱光纤光栅反射率的方法,通过获取双反射光谱来计算测量弱光纤光栅反射率,消除了光纤端面及光纤接头连接对测量的影响,并且极大地减小了光源功率抖动的问题,能够满足精确测量弱光纤光栅反射率的要求。



1. 一种测量弱光纤光栅反射率的方法,其特征在于:该方法包括以下步骤:

S1:将被测光纤光栅放置在低反射率光纤光栅反射率测试系统中;

S2:将被测光纤光栅的 UPC 型光纤接头端清洁干净,并将它置于介质 1 中,获得被测光纤光栅的反射谱;所述介质 1 的折射率为已知参数;

S3:保持系统固定,迅速再将 UPC 型光纤接头清洁干净后置于介质 2 中,再次获得被测光纤光栅的反射谱;所述介质 2 的折射率为已知参数;

S4:利用两个反射光谱的峰值计算被测弱光纤光栅的反射率。

2. 根据权利要求 1 所述的一种测量弱光纤光栅反射率的方法,其特征在于:S4 中通过以下公式计算被测弱光纤光栅的反射率,

$$\begin{aligned} & [(1-2R_{s1})R_{s2}-10^{\frac{\Delta P(\text{dBm})}{10}}(1-2R_{s2})R_{s1}]R_F^2+[-(1-2R_{s1}-R_{s1}R_{s2}) \\ & +10^{\frac{\Delta P(\text{dBm})}{10}}(1-2R_{s2}-R_{s1}R_{s2})]R_F+(10^{\frac{\Delta P(\text{dBm})}{10}}R_{s2}-R_{s1})=0 \end{aligned}$$

其中, R_{s1} 为 UPC 型光纤接头的光纤端面置于介质 1 中的界面反射率, R_{s2} 为 UPC 型光纤接头的光纤端面置于介质 2 中的界面反射率; R_F 为被测光纤光栅反射率; $\Delta P(\text{dBm})$ 为两个反射光谱的峰值差;所述被测光纤光栅的反射率、UPC 型光纤接头置于介质 1 和介质 2 中的界面反射率均大于 10^{-4} 。

3. 根据权利要求 2 所述的一种测量弱光纤光栅反射率的方法,其特征在于:所述 R_{s1} 和 R_{s2} 通过以下公式进行计算,

$$R_s = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2,$$

其中, n_1 为光纤纤芯折射率, n_2 为介质 1 或介质 2 的折射率。

4. 根据权利要求 1 所述的一种测量弱光纤光栅反射率的方法,其特征在于:所述 S1 中的低反射率光纤光栅反射率测试系统包括 APC 型光纤接头、UPC 型光纤接头、1X2 分路器、宽带光源与光谱仪、以及被测光纤光栅;

所述被测光纤光栅的一端熔接 APC 型光纤接头,另一端熔接 UPC 型光纤接头;所述 APC 型光纤接头与 1X2 分路器的一端;所述 1X2 分路器的另外两端分别与宽带光源与光谱仪相连。

一种测量弱光纤光栅反射率的方法

技术领域

[0001] 本发明属于光谱测量技术领域,涉及一种测量弱光纤光栅反射率的方法。

背景技术

[0002] 光纤光栅是一种广泛应用于光纤通信、光纤激光器、光纤传感等领域的光纤器件,其具有能够反射特定波长的功能。在应用光纤光栅时,反射率是一项表征光纤光栅性能的指标,根据反射率的大小,光纤光栅有强弱之分。在光纤通信、光纤激光器应用中弱光纤光栅在滤波及波长锁定方面常起到重要作用;将之应用在光纤传感时,其有利于避免复用容量的限制,实现高密集度的准分布式传感。在利用弱光纤光栅进行设计或应用时,能够知道其反射率的大小是十分重要的,但是准确地对其反射率进行测量却是一项难题。

[0003] 对于光纤光栅反射率的测量,可以通过获取光纤光栅的透射谱或反射谱进行计算。

[0004] 通过光纤光栅透射谱来测量其反射率是普遍采用的方法。在获取光纤光栅透射谱时,可以利用宽带光源或者可调谐激光器作为输入光源,利用光谱仪或者光功率计获得透射谱。最后利用公式 $R = 1 - 10^{-\Delta T(\text{dBm})/10}$ 算出光纤光栅反射率,其中 $\Delta T(\text{dBm})$ 是透射谱中谷的深度,如图 1 所示。但是 $\Delta T(\text{dBm})$ 的大小随着光纤光栅反射率的减小而减小,当反射率小于 20% 时, $\Delta T(\text{dBm})$ 的取值将小于 1dB。输入光源的不平坦度及输出功率抖动,光谱仪及光功率计功率测量的不准确性都将会极大地影响实际 $\Delta T(\text{dBm})$ 的确定,从而导致反射率极大的测量误差。因此对于弱光纤光栅 ($R < 20\%$),不宜通过获取透射谱来测量其反射率。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种测量弱光纤光栅反射率的方法,该方法极大地减小了光源功率抖动的问题,以及消除了光源的不平坦度对测试的影响。

[0006] 为达到上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0007] 一种测量弱光纤光栅反射率的方法,该方法包括以下步骤:

[0008] S1:将被测光纤光栅放置在低反射率光纤光栅反射率测试系统中;

[0009] S2:将被测光纤光栅的 UPC 型光纤接头端清洁干净,并将它置于介质 1 中,获得被测光纤光栅的反射谱;所述介质 1 的折射率为已知参数;

[0010] S3:保持系统固定,迅速再将 UPC 型光纤接头清洁干净后置于介质 2 中,再次获得被测光纤光栅的反射谱;所述介质 2 的折射率为已知参数;

[0011] S4:利用两个反射光谱的峰值计算被测弱光纤光栅的反射率。

[0012] 进一步, S4 中通过以下公式计算被测弱光纤光栅的反射率,

$$[0013] \quad [(1-2R_{s1})R_{s2}-10^{\frac{\Delta P(\text{dBm})}{10}}(1-2R_{s2})R_{s1}]R_F^2+[-(1-2R_{s1}-R_{s1}R_{s2})+10^{\frac{\Delta P(\text{dBm})}{10}}(1-2R_{s2}-R_{s1}R_{s2})]R_F+(10^{\frac{\Delta P(\text{dBm})}{10}}R_{s2}-R_{s1})=0$$

[0014] 其中, R_{s1} 为 UPC 型光纤接头的光纤端面置于介质 1 中的界面反射率, R_{s2} 为 UPC 型光纤接头的光纤端面置于介质 2 中的界面反射率; R_F 为被测光纤光栅反射率; $\Delta P(\text{dBm})$ 为两个反射光谱的峰值差; 所述被测光纤光栅的反射率、UPC 型光纤接头置于介质 1 和介质 2 中的界面反射率均大于 10^{-4} 。

[0015] 进一步, 所述 R_{s1} 和 R_{s2} 通过以下公式进行计算,

$$[0016] \quad R_s = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2$$

[0017] 其中, n_1 为光纤纤芯折射率, n_2 为介质 1 或介质 2 的折射率。

[0018] 进一步, 所述 S1 中的低反射率光纤光栅反射率测试系统包括 APC 型光纤接头、UPC 型光纤接头、1X2 分路器、宽带光源与光谱仪、以及被测光纤光栅;

[0019] 所述被测光纤光栅的一端熔接 APC 型光纤接头, 另一端熔接 UPC 型光纤接头; 所述 APC 型光纤接头与 1X2 分路器的一端; 所述 1X2 分路器的另外两端分别与宽带光源与光谱仪相连。

[0020] 本发明的有益效果在于: 本发明提供的一种测量弱光纤光栅反射率的方法, 通过获取双反射光谱来计算测量弱光纤光栅反射率, 在测量两次反射谱时, 采用高回波损耗的光纤接头, 及合理选择两个反射界面, 消除了光纤端面及光纤接头连接对测量的影响; 此外在进行测量时光路连接保持固定, 两次光谱测量的间隔时间短, 可以极大减小消除光源功率抖动的问题; 从双光谱法计算的原理可知, 其利用的是同一波长处的功率之比, 无需确定之前所述的谷值深度或峰值高度, 从而从原理上消除了光源的不平坦度对测试的影响。该方法能够满足精确测量弱光纤光栅反射率的要求。

附图说明

[0021] 为了使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚, 下面将结合附图对本发明作进一步的详细描述, 其中:

[0022] 图 1 为透射谱测量光纤光栅反射率原理;

[0023] 图 2 为本发明所述方法的流程图;

[0024] 图 3 为低反射率光纤光栅反射率测试系统;

[0025] 图 4 为双反射谱精确计算弱光纤光栅反射率原理图;

[0026] 图 5 为双光谱法低反射率光纤光栅实测结果。

具体实施方式

[0027] 下面将结合附图, 对本发明的优选实施例进行详细的描述。

[0028] 本发明提供的一种测量弱光纤光栅反射率的方法, 该方法通过获取双反射光谱来计算测量弱光纤光栅反射率, 能够减小消除输入光源的不平坦度及输出功率抖动、光纤端面及光纤接头连接等对弱光纤光栅反射率测量的影响。该方法流程图如图 2 所示, 具体包括以下步骤:

[0029] S1:将被测光纤光栅放置在低反射率光纤光栅反射率测试系统中;

[0030] 低反射率光纤光栅反射率测试系统如图 3 所示,该系统包括 APC 型光纤接头、UPC 型光纤接头、1X2 分路器、宽带光源与光谱仪、以及被测光纤光栅;

[0031] 被测光纤光栅一端熔接斜球面型 (APC) 光纤接头,另一端熔接超物理端面型 (UPC) 光纤接头,将 APC 端与 1X2 分路器的一端 (APC 型光纤接头) 相连,再将 1X2 分路器的另外两端分别与宽带光源与光谱仪相连;

[0032] S2:将被测光纤光栅的 UPC 型光纤接头端清洁干净,并将它置于介质 1 中,获得被测光纤光栅的反射谱;所述介质 1 的折射率为已知参数;介质 1 可以为空气或者折射率已知的液体。

[0033] S3:保持系统固定,迅速再将 UPC 型光纤接头清洁干净后置于介质 2 中,再次获得被测光纤光栅的反射谱;所述介质 2 的折射率为已知参数;介质 2 可以为一种折射率已知的液体。

[0034] S4:利用两个反射光谱的峰值计算被测弱光纤光栅的反射率。

[0035] 选取 S2 和 S3 中的反射介质时,应尽量选取两种介质的反射率差值较大的,以保证两个反射光谱具有明显的峰值差,便于计算。

[0036] 利用双反射谱计算弱光纤光栅反射率的原理:

[0037] 设用以上测试方法获得的两个反射光谱如图 4 所示,由于 APC 型光纤接头的回波损耗可达 60dB,相当于其端面反射率为 10^{-6} ,只要当光纤光栅反射率及 UPC 端反射率达 10^{-4} 以上,光纤连接处的反射影响基本可以忽略。因此,光只在弱光纤光栅与 UPC 型光纤接头界面之间存在多次反射,其等效反射率 R_{eff} 可表示为

$$[0038] \quad R_{eff} = \frac{R_F + R_s - 2R_F R_s}{1 - R_F R_s} \quad (1)$$

[0039] 其中 R_F 为光纤光栅反射率, R_s 为 UPC 端界面反射率。

[0040] 计算被测光纤光栅的反射率,分别找到两个反射光谱中心波长处的峰值功率,其峰值功率之比即相等于在两种反射界面下的等效反射率之比,由此可以得出

$$[0041] \quad \frac{R_{eff}^{Rs1}}{R_{eff}^{Rs2}} = \frac{R_F + R_{s1} - 2R_F R_{s1}}{1 - R_F R_{s1}} / \frac{R_F + R_{s2} - 2R_F R_{s2}}{1 - R_F R_{s2}} = 10^{\frac{\Delta P(dBm)}{10}} \quad (2)$$

[0042] 其中, R_{s1} 为 UPC 型光纤接头的光纤端面置于介质 1 中的界面反射率, R_{s2} 为 UPC 型光纤接头的光纤端面置于介质 2 中的界面反射率; R_F 为被测光纤光栅反射率; $\Delta P(dBm)$ 为两个反射光谱的峰值差;所述被测光纤光栅的反射率、UPC 型光纤接头置于介质 1 和介质 2 中的界面反射率均大于 10^{-4} 。

[0043] 通过 (2) 式可以得出如下的一元二次方程

$$[0044] \quad [(1 - 2R_{s1})R_{s2} - 10^{\frac{\Delta P(dBm)}{10}} (1 - 2R_{s2})R_{s1}]R_F^2 + [-(1 - 2R_{s1} - R_{s1}R_{s2}) + 10^{\frac{\Delta P(dBm)}{10}} (1 - 2R_{s2} - R_{s1}R_{s2})]R_F + (10^{\frac{\Delta P(dBm)}{10}} R_{s2} - R_{s1}) = 0 \quad (3)$$

[0045] 通过求解此方程,便可以计算出被测光纤光栅的反射率。

[0046] 由于 UPC 型光纤接头的光纤端面是平面的,其置于介质中的界面反射率可根据 (4) 式计算

[0047]
$$R_s = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 \quad (4)$$

[0048] 式中, n_1 为光纤纤芯折射率, n_2 为介质 1 或介质 2 的折射率。

[0049] 为满足 $R_s > 10^{-4}$, 液体一般可采用去离子水或酒精等。

[0050] 从以上的分析可知, 只要计算出 R_{s1} 和 R_{s2} , 并根据两次测量出的峰值功率比, 就可以求出光纤光栅反射率 R_F 。

[0051] 采用以下的测试条件, 可获得如图 5 的测试结果。

[0052] 测试条件: 宽带光源 (上海瀚宇台式 ASE 光源)、光谱仪 (Ando-AQ6317B)、1X2 光纤分路器、被测光纤光栅 (光纤为 SMF-28e 单模光纤, 反射率 3.39%)、两种反射介质 (空气、去离子水)。

[0053] 由于在测量两次反射谱时, 采用高回波损耗的光纤接头, 及合理选择两个反射界面, 消除了光纤端面及光纤接头连接对测量的影响; 此外在进行测量时光路连接保持固定, 两次光谱测量的间隔时间短, 可以极大减小消除光源功率抖动的问题; 从双光谱法计算的原理可知, 其利用的是同一波长处的功率之比, 无需确定之前所述的谷值深度或峰值高度, 从而从原理上消除了光源的不平坦度对测试的影响。因此, 本发明所述方法能够满足精确测量弱光纤光栅反射率的要求。

[0054] 最后说明的是, 以上优选实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制, 尽管通过上述优选实施例已经对本发明进行了详细的描述, 但本领域技术人员应当理解, 可以在形式上和细节上对其作出各种各样的改变, 而不偏离本发明权利要求书所限定的范围。

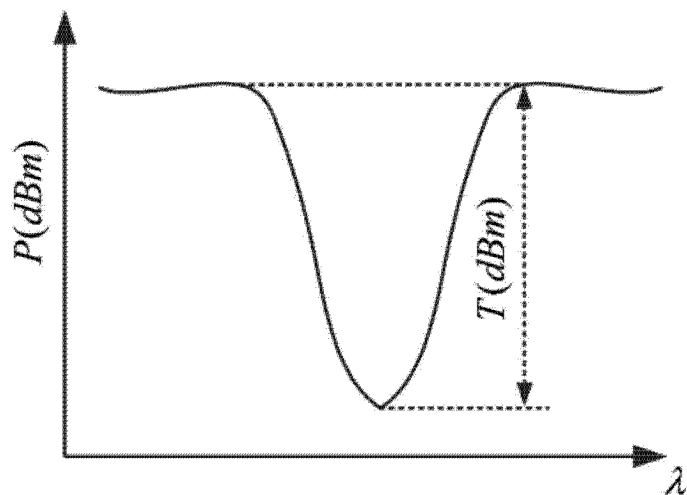


图 1

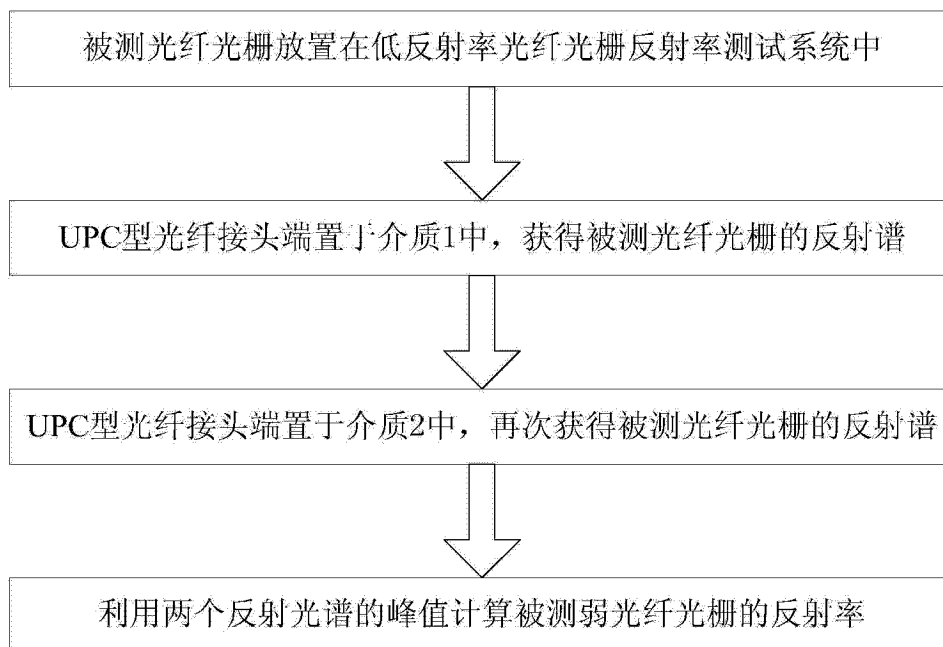


图 2

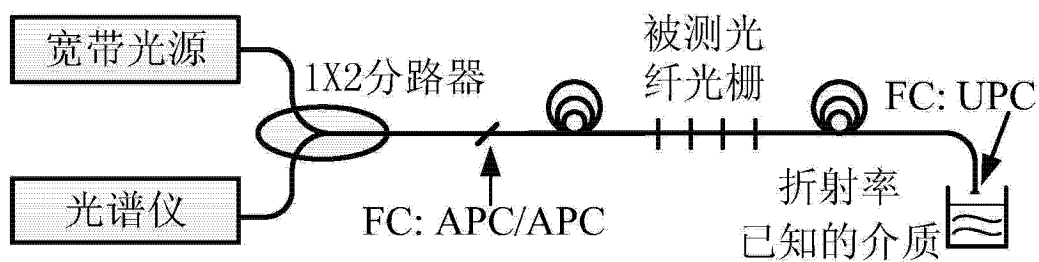


图 3

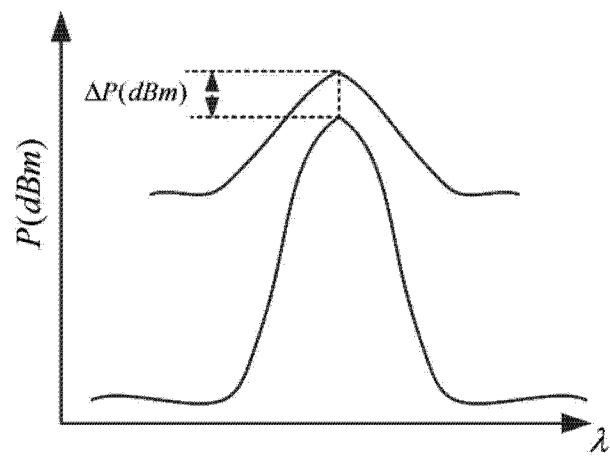


图 4

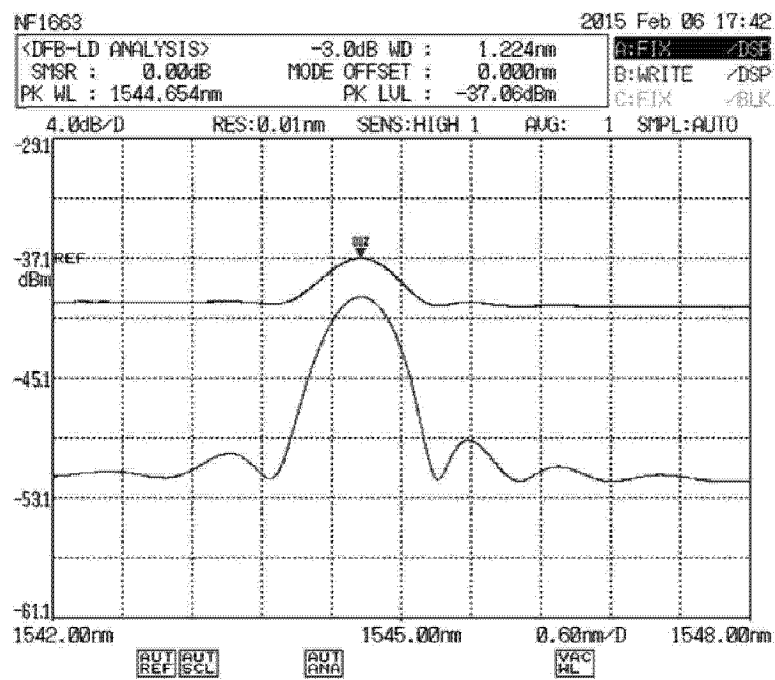


图 5