

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G02B 5/18 (2006.01)

G03F 7/00 (2006.01)



[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200820152081.7

[45] 授权公告日 2009 年 5 月 20 日

[11] 授权公告号 CN 201242599Y

[22] 申请日 2008.8.18

[21] 申请号 200820152081.7

[73] 专利权人 中国科学院上海光学精密机械研究所

地址 201800 上海市 800-211 邮政信箱

[72] 发明人 周常河 郑将军

[74] 专利代理机构 上海新天专利代理有限公司
代理人 张泽纯

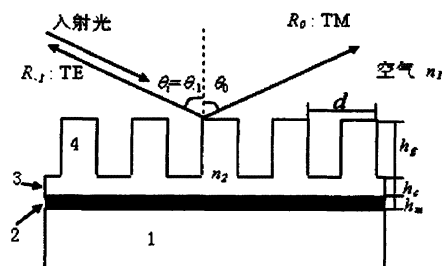
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 4 页

[54] 实用新型名称

基于金属层反射的反射式石英偏振分束光栅

[57] 摘要

一种用于 1550 纳米波段的基于金属层反射的反射式石英偏振分束光栅，特点在于其是由的石英基底、银层、石英连接层和矩形光栅一体构成，该矩形光栅的周期为 880 纳米，占空比为 0.5，银层的厚度为 100 纳米，光栅刻蚀深度为 950 纳米~1276 纳米，连接层的厚度为 337 纳米~375 纳米。本实用新型基于金属层反射的反射式石英偏振分束光栅在 1490-1601 波段的宽带上，TE 偏振的 -1 级反射衍射效率和 TM 偏振的 0 级反射衍射效率均大于 94%，TE 偏振的 -1 级消光比大于 100，TM 偏振的 0 级消光比大于 40，该光栅可以用作 C+L 波段的偏振分束器件。



1、一种用于 1550 纳米波段的基于金属层反射的反射式石英偏振分束光栅，其特征在于由石英基底（1）、银层（2）、石英连接层（3）和矩形光栅（4）一体构成，该矩形光栅（4）的周期为 880 纳米，占空比为 0.5，银层（2）的厚度为 100 纳米，光栅刻蚀深度为 950 纳米~1276 纳米，石英连接层（3）的厚度为 337 纳米~375 纳米。

基于金属层反射的反射式石英偏振分束光栅

技术领域

本实用新型涉及光纤通信，特别是一种基于金属层反射的反射式石英偏振分束光栅，是一种用于 1550 纳米波长的基于金属层反射的反射式石英偏振分束光栅。

背景技术

信息时代随着科学技术的迅猛发展，人类社会正向信息社会演变。信息传送量正以一种加速度的形式膨胀，这就要求传输网络越来越大。现有的以电为基本传输介质的物理层而构筑的网络已到了其极限，带宽匮乏、速度慢、灵活性差。随着“电子通信时代”向“信息通信时代”的转化，人们要求在任何地方、任何时间以任何方式随时都可以获得大量信息。这些要求导致了语音、图像、数据等信息的急剧增长，尤其是 Internet 的迅速发展，使得人们对通信网容量的需求越来越大。用光波作为载波，它的极高的时间、空间带宽积，高度的并行性和无干扰性，在信息高速传送和处理时，具有光损耗小、信号无畸变、无时钟歪斜等优点。光纤通信具有大容量、低损耗、远距离传输等优点，是满足快速增长带宽需求的重要手段。空间光交换网络被认为是处理速度最快、传输率最快、最理想的空間光子交换网络系统。为了增加带宽和减少不同通道间的串扰要用到不同的偏振态。偏振分束器是光交换网络中基本的元件，它可以将光分成两束偏振模式相互垂直的偏振光。

大多数应用中，人们往往需要高消光比、高透射率或反射率、较宽的可操作波长范围和角度带宽、体积小的偏振分束器。传统的偏振分束器是基于一些晶体的自然双折射效应（例如 Thomson 棱镜、Nicol 棱镜和 Wollaston 棱镜）或者多层介质膜的偏振选择性。但是，利用双折射晶体所制成的偏振分束器体积大、价格昂贵；而薄膜偏振分束器一般工作带宽较小，薄膜层数达到几十层，对均匀性和对称性要求较严，加工较难，消光比很难做得很高。随着微制造技术的快速发展，亚波长光栅所表现出来的特有的光学效应越来越受到人们的广泛关注。近来，一些研究工作报道了表面浮雕型光栅作为偏振分束器。与其它偏振分束器相比，表面浮雕型偏振分束光栅结构紧凑，易于小型化和集成化，并且插入损耗小，是一种无热器件。尤其是深刻蚀熔融

石英光栅，损伤阈值很高，热膨胀系数小，能够在高强度激光和对稳定性要求严格的环境中工作。偏振分束光栅的制造可以借助成熟的微电子工艺技术，造价小，能够大量生产，具有重要的实用前景。

高密度深刻蚀石英光栅的衍射理论，不能由简单的标量光栅衍射方程来解释，而必须采用矢量形式的麦克斯韦方程并结合边界条件，通过编码的计算机程序精确地计算出结果。Moharam 等人已给出了严格耦合波理论的算法【在先技术 1：M. G. Moharam et al., J. Opt. Soc. Am. A. 12, 1077 (1995)】，可以解决这类高密度光栅的衍射问题。在先技术 2【授权发明专利号：2006100234207】给出了实现偏振分光的深刻蚀矩形光栅装置。据我们所知，没有人针对光纤通信的 1.55 微米波段给出基于金属层反射的反射式石英偏振分束器光栅。

发明内容

本实用新型要解决的技术问题是针对光纤通信的 1.55 微米波段提供一种基于金属层反射的反射式石英偏振分束器光栅，该光栅可以将 TE、TM 两种偏振模式相互垂直的光分为不同的方向进行传播，在宽于 C+L 波段的范围上，实现-1 级和 0 级反射光较高的消光比，TE 偏振光的-1 级反射衍射效率和 TM 偏振光的 0 级反射衍射效率均高于 90%。因此能够实现高消光比、高衍射效率基于金属层反射的反射式石英偏振分束器光栅，具有重要的实用意义。

本实用新型的技术解决方案如下：

一种用于 1550 纳米波段的基于金属层反射的反射式石英偏振分束光栅，特点在于其是由的石英基底、银层、石英连接层和光栅一体构成，该光栅的周期为 880 纳米，占空比为 0.5，银层的厚度为 100 纳米，光栅刻蚀深度为 950 纳米~1276 纳米，连接层的厚度为 337 纳米~375 纳米。

实验表明，本实用新型基于金属层反射的反射式石英偏振分束光栅在 1490-1601 波段的宽带（覆盖了 C+L 波段）上，TE 偏振的-1 级反射衍射效率和 TM 偏振的 0 级反射衍射效率均大于 94%，TE 偏振的-1 级消光比大于 100，TM 偏振的 0 级消光比大于 40，该光栅可以用作 C+L 波段的偏振分束器件。

附图说明

图 1 是本实用新型基于金属层反射的反射式石英偏振分束光栅的几何结构示意图。

图 2 是本实用新型反射式偏振分束光栅的消光比与光栅深度及连接层厚度的关系图

图 3 是本实用新型基于金属层反射的反射式石英偏振分束光栅实施例 1 的反射效率随波长变化的曲线。

图 4 本实用新型基于金属层反射的反射式石英偏振分束光栅实施例 1 的-1 级消光比和 0 级消光比随波长变化的曲线。

图 5 是本实用新型基于金属层反射的反射式石英偏振分束光栅实施例 1 的反射效率随着入射角度变化的曲线。

图 6 本实用新型基于金属层反射的反射式石英偏振分束光栅实施例 2 的反射效率随着波长变化的曲线。

图 7 本实用新型基于金属层反射的反射式石英偏振分束光栅实施例 2 的-1 级消光比和 0 级消光比随波长变化的曲线。

具体实施方式

先请参阅图 1，图 1 是本实用新型基于金属层反射的反射式石英偏振分束光栅的几何结构示意图。由图可见，本实用新型基于金属层反射的反射式石英偏振分束光栅，由石英基底 1、银层 2、石英连接层 3 和矩形光栅 4 一体构成，该矩形光栅 4 的周期 d 为 880 纳米，占空比为 0.5，银层 2 的厚度 h_m 为 100 纳米，矩形光栅刻蚀深度 h_g 为 950 纳米~1276 纳米，连接层 3 的厚度 h_c 为 337 纳米~375 纳米。

本实用新型的依据如下：

光栅上方为空气（折射率 $n_1 = 1$ ），基底 1 为熔融石英，折射率 $n_2 = 1.45$ 。光栅矢量 $\mathbf{K}$ 位于入射平面内。TE 偏振入射光对应于电场矢量的振动方向垂直于入射面，TM 偏振入射光对应于磁场矢量的振动方向垂直于入射面。一线性偏振的光波以一定角度 $\theta_i = \sin^{-1}(\lambda/(2 \cdot d))$ 入射（定义为 Littrow 条件，即-1 级反射光沿原入射光的方向返回）， λ 代表入射波长，该偏振分束光栅的-1 级反射光的消光比定义为-1 级反射光中的 TE 偏振和 TM 偏振模式效率之比，0 级反射光的消光比定义为 0 级反射光中 TM 偏振和 TE 偏振模式效率之比，总的消光比，即光栅消光比，定义为-1 级消光比和 0 级消光比之中较小的一个。

在如图 1 所示的光栅结构下，本实用新型采用严格耦合波理论【在先技术 1】计算了基于金属层反射的反射式石英偏振分束器光栅在光纤通信常用的 1.55 微米处的消光比和衍射效率。如图 2 所示，依据理论计算得到周期为 880nm，占空比为 0.5 的反射式光栅，随光栅深度和连接层厚度变化时，光栅

消光比的以 10 为底的对数的等高线图。

本实用新型基于金属层反射的反射式石英偏振分束光栅的制备方法，包括下列步骤：

首先在石英玻璃基底上镀一层 100nm 厚的银，然后镀一层足够厚的二氧化硅，形成熔融石英基片，然后，利用微光学技术制造高密度反射式偏振分束光栅。制作光栅的过程如下：首先在干燥、清洁的熔融石英基片上均匀涂上一层正光刻胶(Shipley, S1818, USA)。然后采用全息记录方式记录光栅，He-Cd 激光器（波长为 $0.441\mu\text{m}$ ）发出两束平面波以 2θ 夹角在基片上形成干涉场。光栅空间周期（即相邻条纹的间距）可以表示为 $\Lambda = \lambda / (2 \cdot \sin\theta)$ ，其中 λ 为记录光波长。记录角 θ 越大，则 Λ 越小，所以通过改变 θ 的大小，可以控制光栅的周期（周期值可以由上述消光比和效率图设计），记录高密度光栅。接着，显影后，将所述的表面形成光刻胶光栅的基片放入感应耦合等离子体刻蚀机中进行一定时间的等离子体刻蚀（也可以使用反应离子束刻蚀工艺），把全息曝光的光刻胶光栅转移到石英基片上，就得到高密度表面浮雕结构的石英矩形光栅。在制作的过程中，需要严格控制光刻胶的厚度，曝光时间，以及刻蚀速率和刻蚀时间，以使得刻得的深度更接近理论值，槽型更接近矩形。

实施例 1

基于金属层反射的反射式石英偏振分束光栅，由石英基底 1、银层 2、石英连接层 3 和矩形光栅 4 一体构成，该矩形光栅 4 的周期 d 为 880 纳米，占空比为 0.5，银层 2 的厚度 h_m 为 100 纳米，矩形光栅刻蚀深度 h_g 为 950 纳米，连接层 3 的厚度 h_c 为 375 纳米。对 1550 纳米的入射光，光栅将具有很高的消光比($>10^3$)。同时，如图 3 所示，在 1550 纳米处，TE 的 -1 级反射效率和 TM 的 0 级反射效率都很高，大于 94%。如图 4 所示，因为 TE 的 0 级衍射效率和 TM 的 -1 级衍射效率都很低，1550 纳米入射光下，两个反射级次的消光比均大于 1000，其中 -1 级的消光比大于 10000。为了分开入射光和 -1 级的反射光，需要该偏振分束器光栅在入射角偏离一定角度的情况下，仍然可以工作。如图 5 所示，在角度为 $59.4-65$ 度的范围内，TE -1 级衍射效率和 TM 的 0 级衍射效率均大于 90%，计算表明消光比也大于 100。

实施例 2

图 6 和图 7 分别展示了本实用新型基于金属层反射的反射式石英偏振分

束光栅的光栅周期为 880 纳米，占空比为 0.5，光栅深度为 1276 纳米，连接层厚度为 337 纳米，即实施例 2 的衍射效率和消光比随着入射波长的变化。该结构可以用于宽带的偏振分束。

本实用新型的基于金属层反射的反射式石英偏振光栅分束器，具有很高的消光比和透射效率。原则上，根据本实用新型的构思，对任意波长都有相应的结构能实现其偏振分光功能。

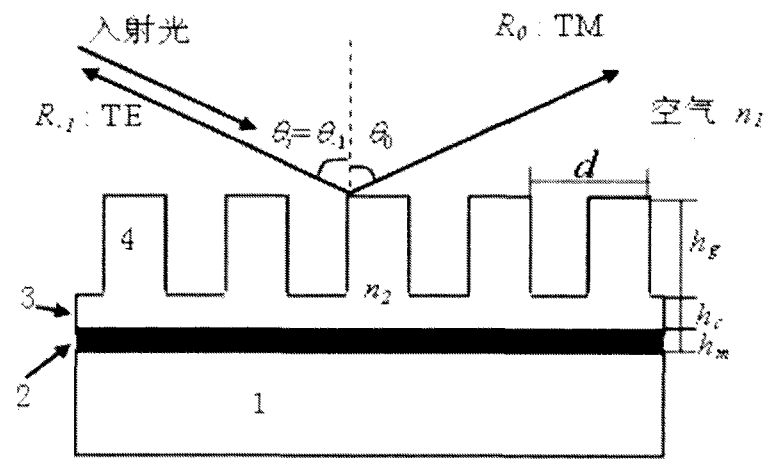


图 1

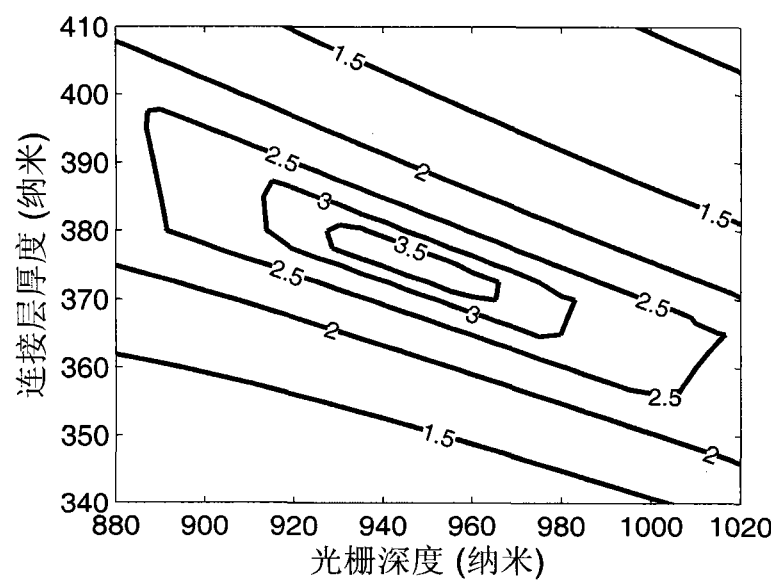


图 2

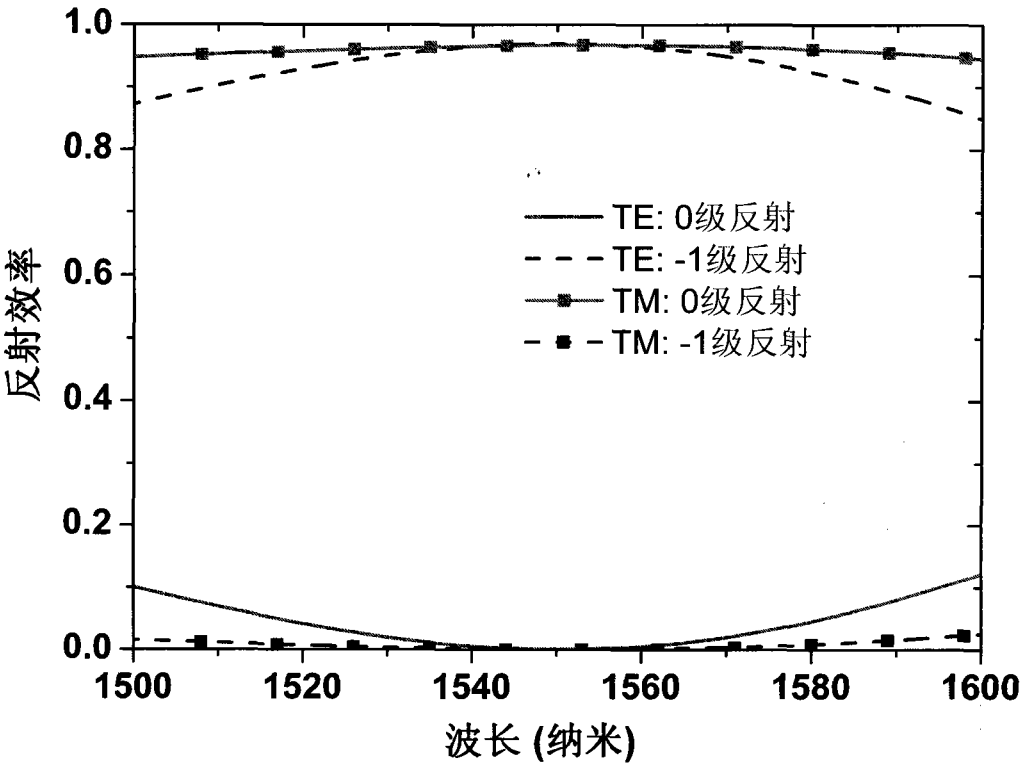


图 3

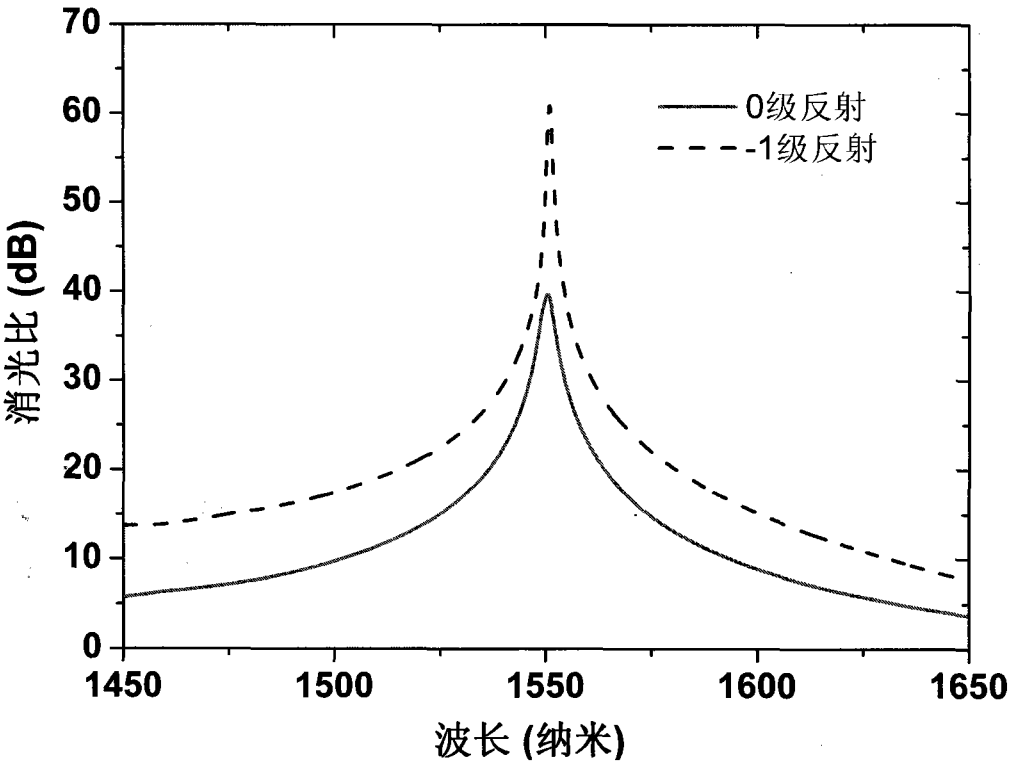


图 4

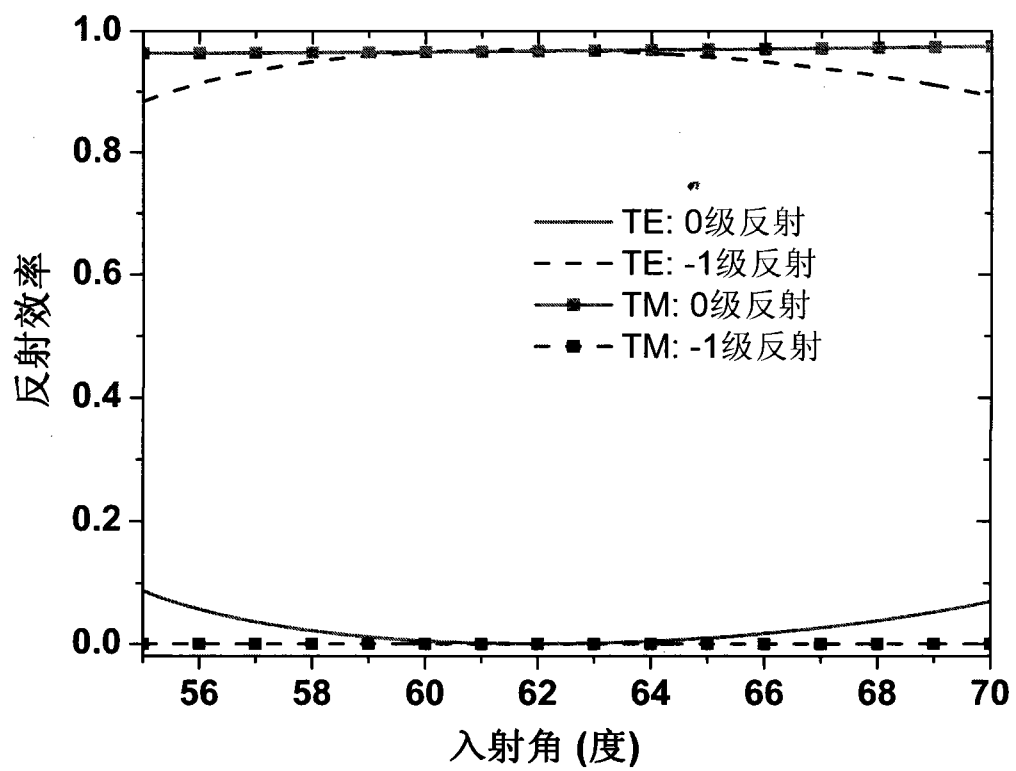


图 5

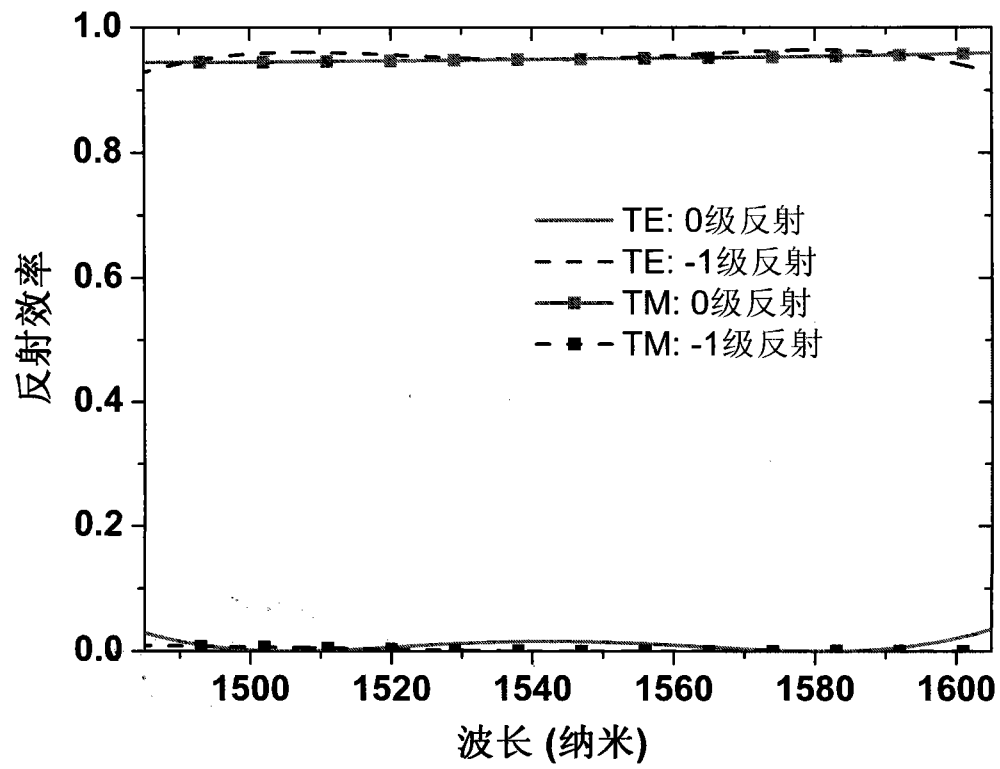


图 6

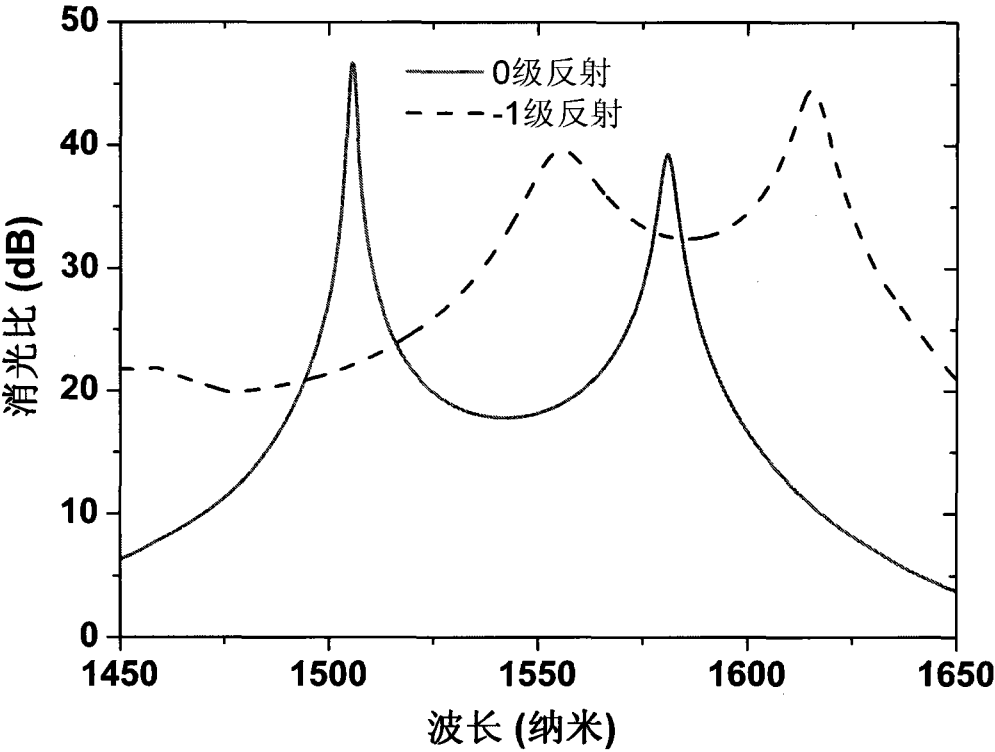


图 7