



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101859002 A

(43) 申请公布日 2010. 10. 13

(21) 申请号 201010210261. 8

(22) 申请日 2010. 06. 25

(71) 申请人 浙江大学

地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路  
38 号

(72) 发明人 姜国敏 周强 杨建义 王明华  
江晓清

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公  
司 33200

代理人 林怀禹

(51) Int. Cl.

G02B 6/124 (2006. 01)

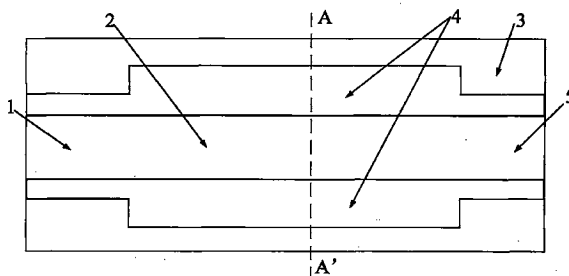
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 5 页

## (54) 发明名称

基于 SOI 的外脊布拉格波导光栅

## (57) 摘要

本发明公开了一种基于 SOI 的外脊布拉格波导光栅, 在衬底氧化硅的一个侧面上设置硅基脊波导, 硅基脊波导的一端为输入端口, 另一端为输出端口。外脊布拉格波导设置在硅基脊波导的一侧或两侧外脊平板区。它利用光栅区与脊的距离的不同, 达到对光栅反射峰带宽的控制, 并通过改变光栅齿的长度, 方便地抑制光栅侧峰。通过对结构参数的优化, 可满足各种带宽及低侧峰光栅的需求。本发明具有结构通俗, 工艺简单, 设计灵活, 功能性强等特点, 在光开关、光波分复用网络等方面有广泛的应用前景和应用价值。



1. 一种基于 SOI 的外脊布拉格波导光栅,在衬底氧化硅 (3) 的一个侧面上设置硅基脊波导 (2),硅基脊波导 (2) 的一端为输入端口 (1),另一端为输出端口 (5);其特征在于:外脊布拉格波导光栅设置在硅基脊波导 (2) 的一侧或两侧外脊平板区 (4)。

2. 根据权利要求 1 所述的一种基于 SOI 的外脊布拉格波导光栅,其特征在于:所述外脊布拉格波导光栅为均匀外脊布拉格波导光栅或非均匀外脊布拉格波导光栅。

3. 根据权利要求 2 所述的一种基于 SOI 的外脊布拉格波导光栅,其特征在于:所述均匀外脊布拉格波导光栅为均匀矩形齿分布的外脊布拉格波导光栅 (6) 或均匀三角形齿分布的外脊布拉格波导光栅 (7)。

4. 根据权利要求 2 所述的一种基于 SOI 的外脊布拉格波导光栅,其特征在于:所述非均匀外脊布拉格波导光栅为高斯变迹外脊布拉格波导光栅 (8) 或升余弦变迹外脊布拉格波导光栅 (9)。

## 基于 SOI 的外脊布拉格波导光栅

### 技术领域

[0001] 本发明涉及波导光栅,特别涉及一种基于 SOI 的外脊布拉格波导光栅。

### 背景技术

[0002] 布拉格波导光栅是由周期性物理褶皱形成的波导光栅,当一入射光通过布拉格波导光栅时,波长满足布拉格条件 ( $\lambda = 2n_{\text{eff}} \Lambda$ , 其中  $n_{\text{eff}}$  为波导的有效折射率,  $\Lambda$  为布拉格波导光栅的周期) 的入射光被反射,其他波长的光则不受光栅影响而通过。因此,布拉格波导光栅在滤波器、分布式布拉格反射激光器和波分复用器等各类的光子器件中起到非常重要的作用。基于 silicon-on-insulator (简称 SOI) 平台的谐振结构具有明显的优势,可与标准 CMOS 工艺兼容,降低成本;并且硅与其氧化层之间的高折射率差,可以用来制作小尺寸、紧凑型光学集成器件。因此,基于 SOI 平台的布拉格波导光栅越来越受到人们的关注。

[0003] 由于布拉格波导光栅的广泛应用,各种器件对光栅性能提出了不同的要求:如宽带滤波器,需要强耦合光栅以获得较宽的带宽;又如窄沟道波分复用器,需要弱耦合光栅以实现窄带沟道,并利用切趾对反射谱侧峰进行抑制。因此,光栅的耦合系数需要被精确控制以满足特定带宽的需求,同时光栅反射谱侧峰也应方便地通过切趾进行抑制。目前,有各类硅基布拉格波导光栅结构的报道。典型的光栅位于波导上方,尽管这种结构便于实现强耦合和宽带宽,但通过改变光栅刻蚀幅度来控制耦合系数或通过改变光栅占空比来形成切趾都受到工艺刻蚀精度的限制。利用波导的侧边刻蚀光栅,可通过改变光栅齿的长度方便的形成切趾,但它却很难精确控制耦合系数和带宽。通过调节波导两侧周期性圆柱与波导的距离,可以实现对光栅耦合系数和带宽的精确控制,但其一个很大的缺点是不易获得切趾结构。基于上述原因,一种能精确控制带宽并方便抑制侧峰的硅基布拉格波导光栅设计方案显得尤为重要。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供了一种基于 SOI 的外脊布拉格波导光栅。通过调节光栅区与脊的距离,实现对光栅反射峰带宽的精确控制;同时,通过改变光栅齿的长度可以方便的实现低侧峰光栅。

[0005] 本发明采用的技术方案如下:

[0006] 在衬底氧化硅的一个侧面上设置硅基脊波导,硅基脊波导的一侧为输入端口,另一侧为输出端口。外脊布拉格波导光栅设置在硅基脊波导的一侧或两侧外脊平板区。

[0007] 所述外脊布拉格波导光栅为均匀外脊布拉格波导光栅或非均匀外脊布拉格波导光栅。

[0008] 所述均匀外脊布拉格波导光栅为均匀矩形齿分布的外脊布拉格波导光栅或均匀三角形齿分布的外脊布拉格波导光栅。

[0009] 所述非均匀外脊布拉格波导光栅为高斯变迹外脊布拉格波导光栅或升余弦变迹外脊布拉格波导光栅。

[0010] 外脊中光场受外脊中布拉格波导光栅微扰,满足布拉格条件的波长发生正向模式与反向模式间的耦合,实现布拉格反射。由光场强度在脊波导中分布可知,外脊中光场强度随着与脊的距离增大而降低。因为光栅耦合系数与光栅微扰处的光场强度成正比,通过改变光栅区与脊的距离,便可对光栅耦合系数进行控制。因为反射峰带宽与耦合系数成正比,所以通过对光栅区与脊的距离的控制,便可实现对反射峰带宽的控制。同时,通过控制外脊布拉格波导光栅齿的长度,可以方便的实现各种变迹光栅,有效抑制反射谱侧峰。

[0011] 本发明具有的有益效果是:

[0012] 本发明提供一种能精确控制光栅反射峰带宽并有效的抑制反射谱侧峰的波导布拉格波导光栅设计方案。它利用光栅区与脊的距离的不同,达到对光栅反射峰带宽的控制,并通过改变光栅齿的长度,方便地抑制光栅侧峰。通过对结构参数的优化,可满足各种带宽及低侧峰光栅的需求。本发明具有结构通俗,工艺简单,设计灵活,功能性强等特点,在光开光、光波分复用网络等方面有广泛的应用前景和应用价值。

### 附图说明

[0013] 图 1 是本发明的结构原理示意图。

[0014] 图 2 是图 1 中 A-A' 剖面结构图。

[0015] 图 3 是图 1 第一种实施例的结构示意图。

[0016] 图 4 是图 1 第二种实施例的结构示意图。

[0017] 图 5 是图 1 第三种实施例的结构示意图。

[0018] 图 6 是图 1 第四种实施例的结构示意图。

[0019] 图 7 是耦合系数、带宽与光栅区和脊的距离的关系图。

[0020] 图 8 是均匀光栅与非均匀光栅反射谱。

[0021] 图 9 是图 5 光栅的透射谱。

[0022] 图 10 是图 5 光栅中光栅区与脊的距离减少后的透射谱。

[0023] 图中:1、输入端口,2、硅基脊波导,3、衬底氧化硅,4、外脊平板区,5、输出端口,6、均匀矩形齿分布的外脊布拉格波导光栅,7、均匀三角形齿分布的外脊布拉格波导光栅,8、高斯变迹外脊布拉格波导光栅,9、升余弦变迹外脊布拉格波导光栅。

### 具体实施方式

[0024] 如图 1、图 2 所示,在衬底氧化硅 3 的一个侧面上设置硅基脊波导 2,硅基脊波导 2 的一端为输入端口 1,另一端为输出端口 5;外脊布拉格波导光栅设置在硅基脊波导 2 的一侧或两侧外脊平板区 4。光场由输入端口 1 输入,外脊中光场受外脊平板区 4 中布拉格波导光栅微扰,满足布拉格条件的波长发生正向模式与反向模式间的耦合,实现布拉格反射。由光场强度在脊波导中分布可知,外脊中光场强度随着与脊的距离增大而降低。因为光栅耦合系数与光栅微扰处的光场强度成正比,通过改变外脊平板区 4 中光栅区与脊的距离,便可对光栅耦合系数进行控制。因为反射峰带宽与耦合系数成正比,所以通过对光栅区与脊的距离的控制,便可实现对反射峰带宽的控制。

[0025] 所述外脊布拉格波导光栅为均匀外脊布拉格波导光栅或非均匀外脊布拉格波导光栅。

[0026] 如图 3、图 4 所示,所述均匀外脊布拉格波导光栅为均匀矩形齿分布的外脊布拉格波导光栅 6 或均匀三角形齿分布的外脊布拉格波导光栅 7。外脊布拉格光栅的形状可以多样,图 3、图 4 仅是其中的两例。

[0027] 如图 5、图 6 所示,所述非均匀外脊布拉格波导光栅为高斯变迹外脊布拉格波导光栅 8 或升余弦变迹外脊布拉格波导光栅 9。通过控制外脊布拉格波导光栅齿的长度,可以方便的实现各种变迹外脊布拉格波导光栅,有效抑制反射谱的侧峰,图 5、图 6 仅是其中的两例。

[0028] 本发明的工作原理:

[0029] 考虑到硅基脊波导中模场的分布情况,外脊中光场强度随着与脊的距离增大而降低。外脊布拉格波导光栅位于硅基脊波导的外脊平板区,当光栅区与脊的距离增加时,光栅区的场强也随之减少。又因为光栅耦合系数与光栅区的场强成正比,所以通过调节光栅区与脊的距离改变耦合模式的强度可以实现对耦合系数的调制。根据耦合模理论 (CMT),均匀波导布拉格波导光栅的耦合系数可由下式求出

[0030]

$$\kappa = \frac{k_0 \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \Delta n^2 \times E^2 dx dy}{2n_{eff} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} E^2 dx dy} \quad (1)$$

[0031] 其中, $k_0$  是自由空间的传播长度, $\Delta n^2$  是微扰下有效折射率,E 是未被微扰时的 TE 电场。

[0032] 布拉格波导光栅的带宽为谐振波长两侧反射率第一次为零的波长间距,由 CMT 可知,

[0033]

$$\Delta \lambda = \frac{\lambda^2}{n_{group} \times L} \left[ 1 + \left( \frac{\kappa \times L}{\pi} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (2)$$

[0034] 其中, $n_{group} = [n - \lambda (\Delta n / \Delta \lambda)]$  是有效群速度。由方程 (1) 可知,光栅耦合系数与光栅微扰处的光场强度成正比,当光栅区与脊的距离的增大时,由于光栅微扰区的场强减弱,耦合系数  $\kappa$  将随之减小。又由方程 (2) 可知,光栅带宽  $\Delta \lambda$  随着  $\kappa$  的减少而减少。因此,对  $\kappa$  和  $\Delta \lambda$  不同的要求可以通过调节光栅区与脊的距离来获得。

[0035] 基于上述理论,分析了图 3 中均匀矩形齿分布的外脊布拉格波导光栅的耦合系数  $\kappa$ 、带宽  $\Delta \lambda$  与光栅区和脊的距离  $d$  的关系。选取如下参数:光栅区长  $L = 2000 \mu m$ ,脊宽  $W = 1 \mu m$ ,脊高  $h = 0.07 \mu m$ ,外脊平板区高  $H = 0.15 \mu m$ ,光栅区宽度  $D = 0.3 \mu m$ ,周期  $\Lambda$  应满足波长  $1.55 \mu m$  处布拉格条件,占空比为 0.5。仿真可得  $\kappa$ 、 $\Delta \lambda$  和  $d$  的关系,如图 7 所示。图中,实线是  $\kappa$  随  $d$  的变化情况,虚线是  $\Delta \lambda$  随  $d$  的变化情况。由图可知,耦合系数  $\kappa$  和反射峰带宽  $\Delta \lambda$  随着  $d$  的增大而减少。在弱耦合时, $\kappa$  和  $\Delta \lambda$  随  $d$  的变化尤其缓慢,所以这种光栅可以精确的实现弱耦合和窄带宽,并有很大的制作容差。因此,通过改变光栅区与脊的距离,有效克服了由刻蚀精度引起的限制问题,对光栅耦合系数和带宽实现精确控制。

[0036] 由于这种设计方案中,光栅位于外脊的侧面,通过改变光栅齿的长度便可以方便

的获得各种变迹光栅,来抑制反射谱的侧峰,这就有效的解决了由刻蚀精度引起的限制问题。比较均匀矩形齿分布的外脊布拉格波导光栅(图3所示)与高斯变迹外脊布拉格波导光栅(图5所示)的反射谱的情况,具体参数如下:光栅区长 $L = 2000 \mu\text{m}$ ,脊宽 $W = 1 \mu\text{m}$ ,脊高 $h = 0.07 \mu\text{m}$ ,外脊平板区高 $H = 0.15 \mu\text{m}$ ,光栅区宽度 $D = D_1 = 0.3 \mu\text{m}$ ,光栅区与脊的距离 $d = d_1 = 0.3 \mu\text{m}$ ,周期 $\Lambda$ 与 $\Lambda_1$ 分别满足各自光栅在波长 $1.55 \mu\text{m}$ 处的布拉格条件,占空比都为0.5。仿真结果如图8所示,实线是均匀矩形齿分布的外脊布拉格波导光栅,虚线为高斯变迹外脊布拉格波导光栅。均匀矩形齿分布的外脊布拉格波导光栅在 $-5\text{dB}$ 以上有明显的侧峰出现,而高斯变迹外脊布拉格波导光栅没有侧峰超过 $-20\text{dB}$ 。因此,通过改变光栅齿的长度获得的变迹外脊布拉格波导光栅,有效克服了由刻蚀精度引起的限制问题,对反射谱侧峰有很好地抑制作用,为获得低侧峰的光栅器件提供了有效的途径。

[0037] 图9、图10为光栅区与脊的距离 $d_1$ 分别 $200\text{nm}$ 和 $140\text{nm}$ ,周期 $\Lambda_1$ 分别为 $280\text{nm}$ 和 $285\text{nm}$ 的两个高斯变迹布拉格波导光栅(图5所示)的透射谱。其他参数如下:光栅区长 $L = 2000 \mu\text{m}$ ,脊宽 $W = 1 \mu\text{m}$ ,脊高 $h = 0.07 \mu\text{m}$ ,外脊平板区高 $H = 0.15 \mu\text{m}$ ,光栅区宽度 $D_1 = 0.1 \mu\text{m}$ ,占空比为0.5。当一入射光通过布拉格光栅时,波长满足布拉格条件的光被反射,其他光不受光栅影响通过,在其透射谱上留下一禁带,其带宽分别为 $0.75\text{nm}$ 和 $1.49\text{nm}$ ,且侧峰被很好的抑制。因此通过调节光栅区与脊的距离,实现了对光栅带宽的精确控制;同时,通过改变光栅齿的长度方便地抑制了反射谱侧峰。所以,基于SOI的外脊布拉格波导光栅可以能精确控制带宽并方便地抑制侧峰。

[0038] 上述具体光栅具体形状只是用来解释说明本发明,而不是对本发明进行限制,在本发明精神和权利要求的保护范围内,对本发明作出的任何修改和改变,都落入本发明的保护范围。

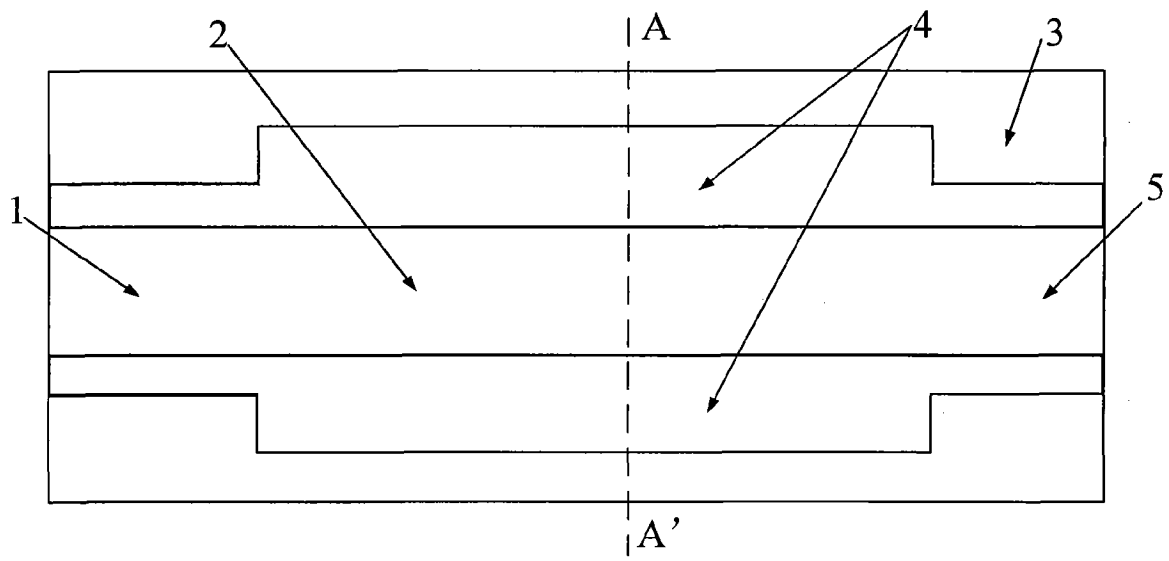


图 1

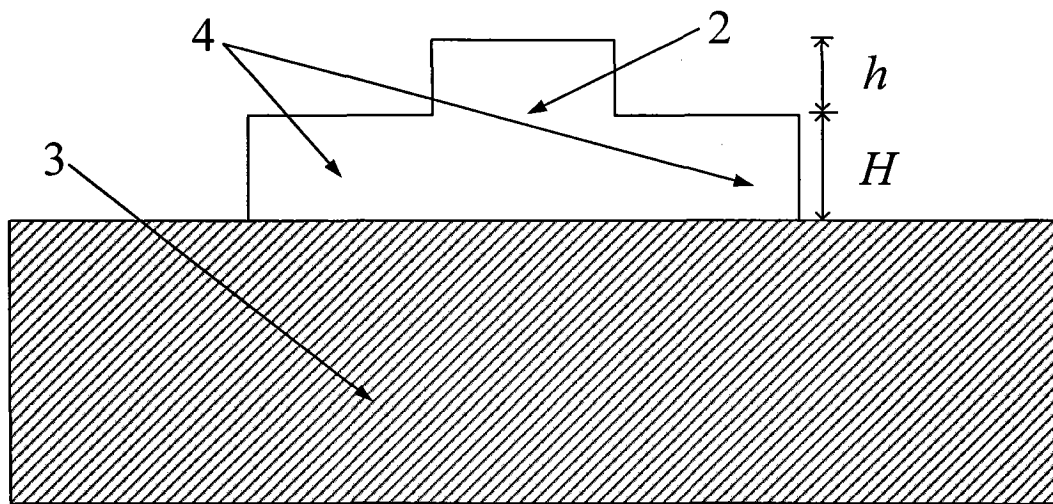


图 2

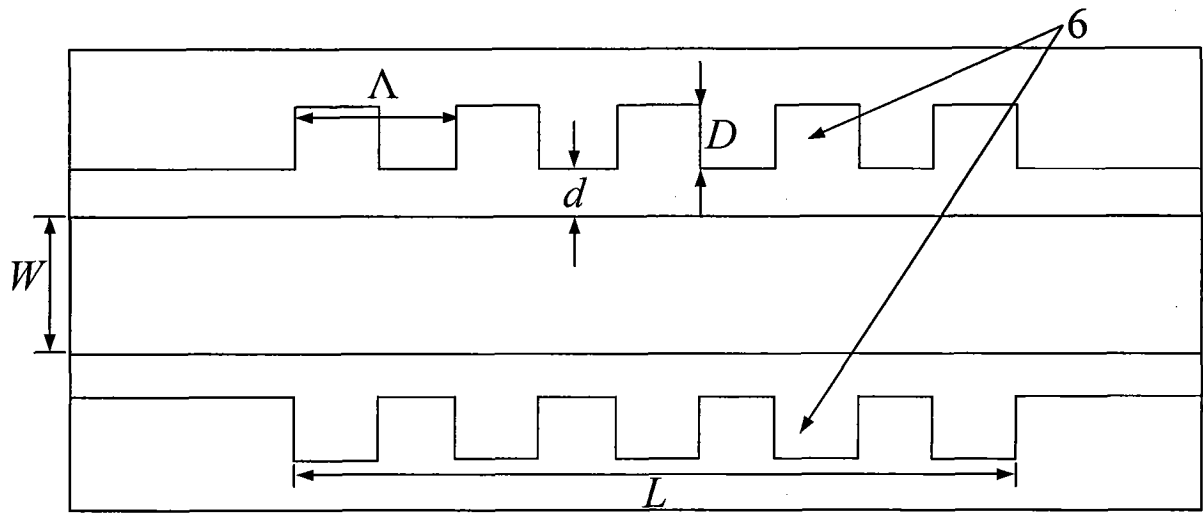


图 3

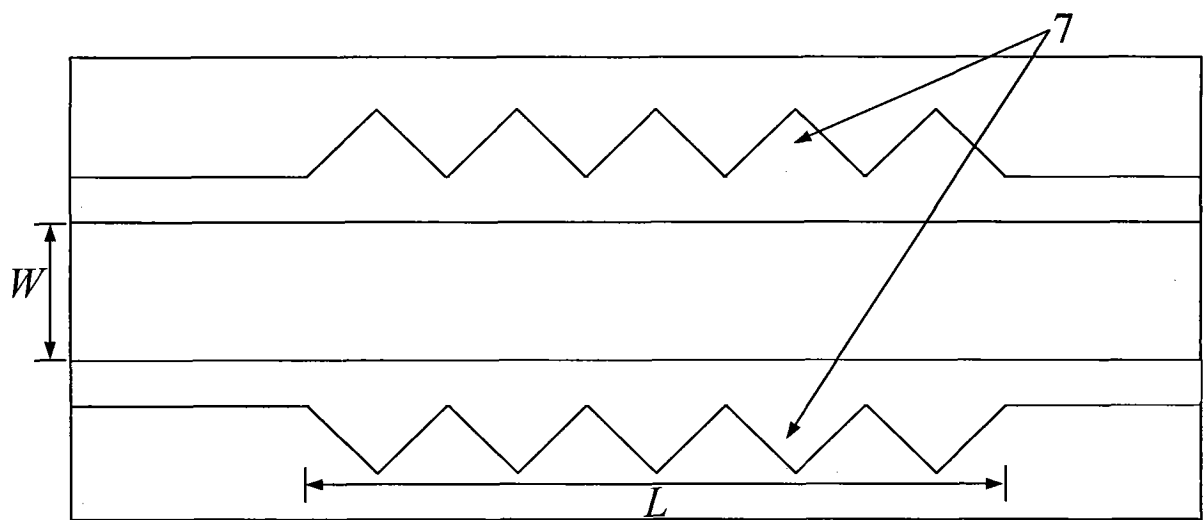


图 4



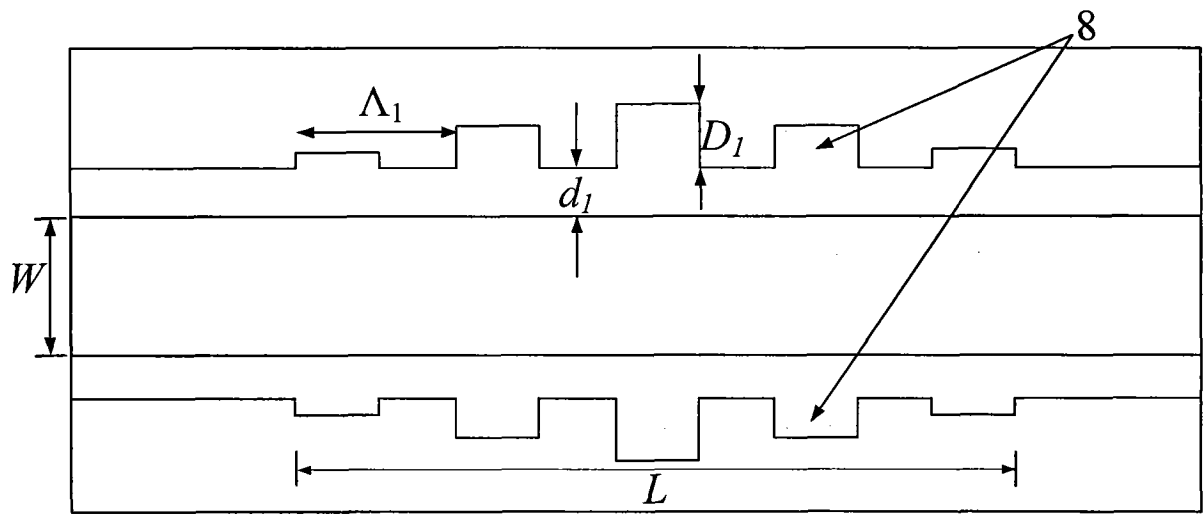


图 5

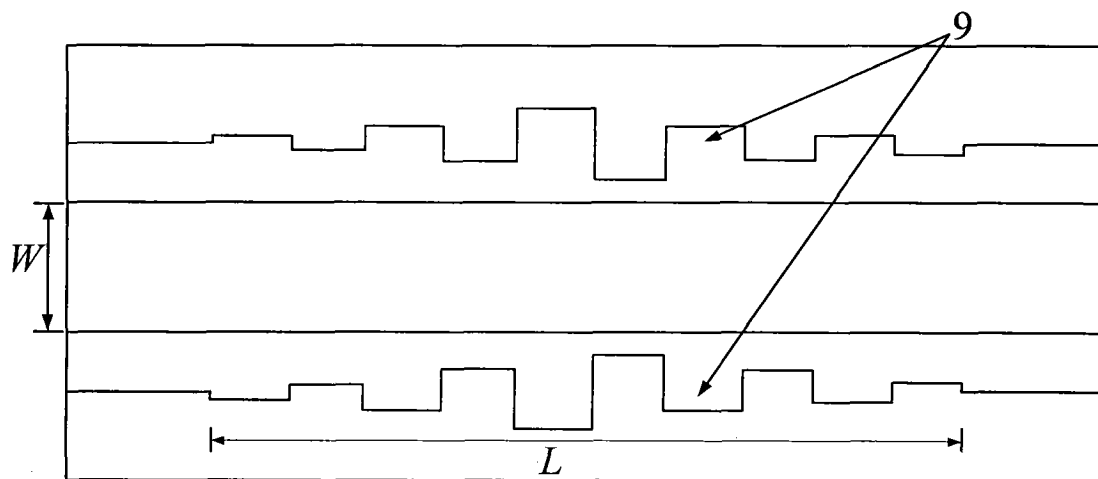


图 6

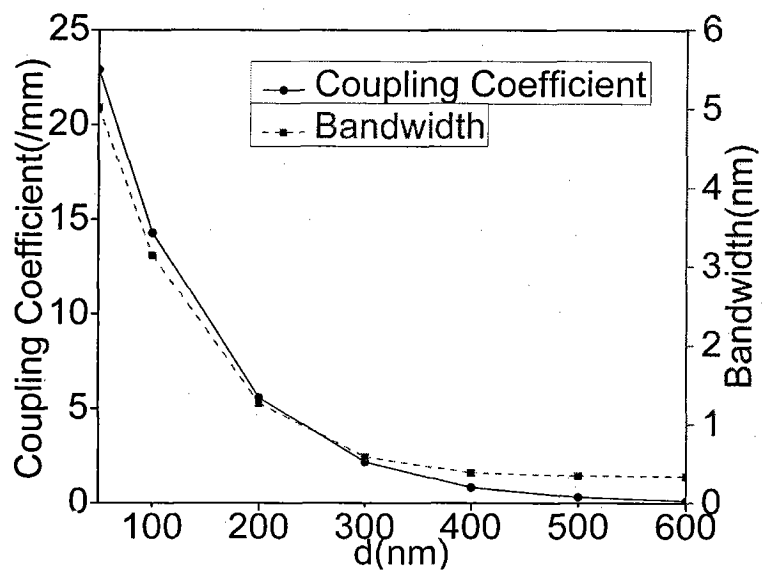


图 7

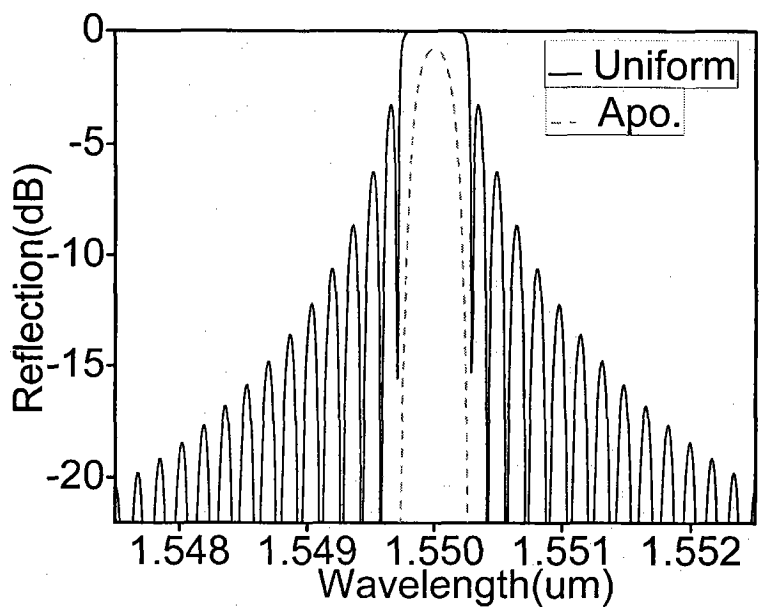


图 8

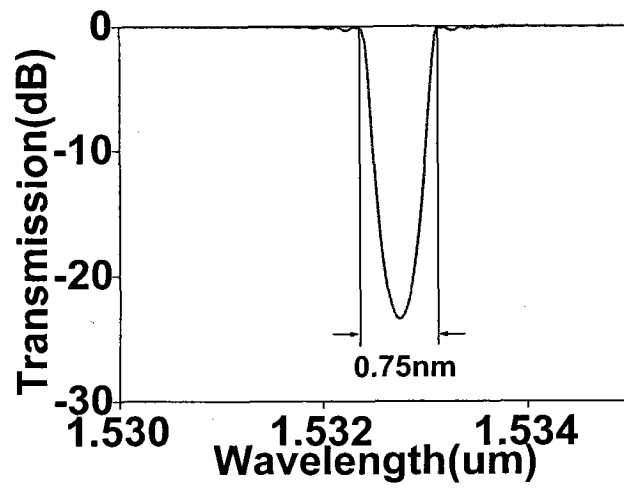


图 9

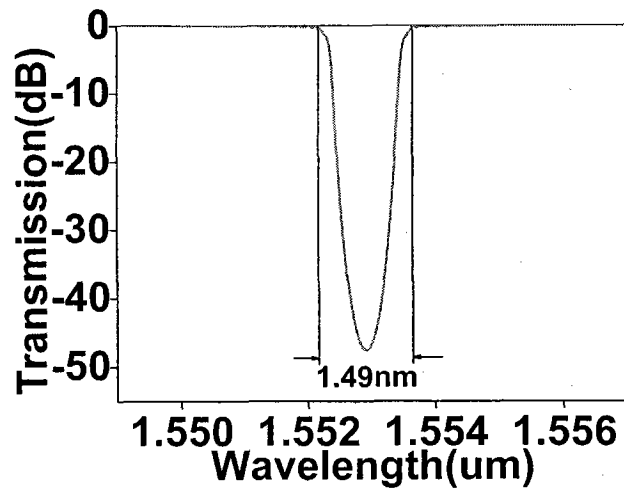


图 10