



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102650713 A

(43) 申请公布日 2012.08.29

(21) 申请号 201210064942.7

(22) 申请日 2012.01.13

(71) 申请人 深圳大学

地址 518060 广东省深圳市南山区南海大道
3688 号

(72) 发明人 欧阳征标 金鑫

(74) 专利代理机构 深圳市科吉华烽知识产权事
务所 44248

代理人 胡吉科

(51) Int. Cl.

G02B 6/27(2006.01)

G02B 6/126(2006.01)

G02B 6/122(2006.01)

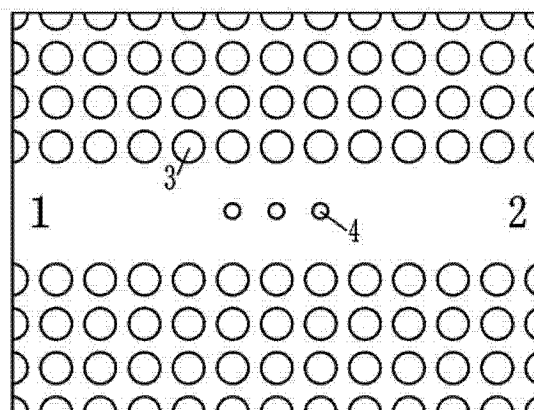
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 4 页

(54) 发明名称

光子晶体波导 TM- 偏振分离器

(57) 摘要

本发明公开了一种光子晶体 TM- 偏振分离器,它包括一个具有完全禁带的光子晶体波导,所述光子晶体波导的输入端输入任意偏振方向的入射波入射到该偏振分离器后, TM 波从该偏振分离器的输出端输出,而 TE 波从该偏振分离器的输入端反射回去。本发明结构体积小,偏振度高,光传输效率高,便于集成而且高效,适合大规模光路集成,可以实现不同波长偏振分束的功能。



1. 一种光子晶体波导 TM- 偏振分离器, 包括一个具有完全禁带的光子晶体波导, 其特征在于: 所述光子晶体波导的输入端输入任意偏振方向的入射波入射到该偏振分离器后, TM 波从该偏振分离器的输出端输出, 而 TE 波从该偏振分离器的输入端反射回去。

2. 按照权利要求 1 所述的光子晶体波导 TM- 偏振分离器, 其特征在于: 所述的光子晶体波导中设置有波导缺陷介质柱, 该波导缺陷介质柱中的 e 光折射率大于 o 光折射率, 且波导缺陷介质柱的光轴与背景介质柱的光轴方向一致。

3. 按照权利要求 2 所述的光子晶体波导 TM- 偏振分离器, 其特征在于: 所述的波导缺陷介质柱数量为 1 根或 2 根或 3 根或 4 根或 5 根或 6 根。

4. 按照权利要求 1 所述的光子晶体波导 TM- 偏振分离器, 其特征在于: 所述的光子晶体波导为二维光子晶体波导, 包括碲介质二维光子晶体波导, 蜂窝结构二维光子晶体波导, 孔状三角晶格二维光子晶体波导, 各种非规则形状二维光子晶体波导。

5. 按照权利要求 1 所述的光子晶体波导 TM- 偏振分离器, 其特征在于: 所述的光子晶体波导为所述光子晶体中移除 1 排或 2 排或 3 排或 4 排介质柱后的结构。

光子晶体波导 TM- 偏振分离器

技术领域

[0001] 本发明涉及微小光学偏振分离器领域，尤其涉及一种基于光子晶体技术的微小光学偏振分离器。

背景技术

[0002] 传统的偏振分离器体积大，无法用于光路集成中。以光子晶体为基础可以制作微小的器件，包括偏振分离器。目前有两种做法：一种是利用一块具有 TE 禁带和 TM 导带或 TM 禁带和 TE 导带的光子晶体来实现波的偏振分离。这种偏振分离器，由于其透过率和偏振度较差，并且难以集成到其它光子晶体器件中，只能作为单一光子晶体器件使用在传统光学波导中。另一种是通过长程耦合波导，利用波导之间周期性耦合和奇偶态变化的方法，设计不同的相对耦合长度把不同偏振态的光波耦合到不同的波导。通过这两种方法所得到的偏振分离器，虽然其体积比传统的偏振分离器小了很多，但还是显得比较大。

发明内容

[0003] 本发明的目的是克服现有技术中的不足，提供一种高效短程便于集成的光子晶体通 TM- 偏振分离器。

[0004] 本发明的目的通过下述技术方案予以实现。

[0005] 本发明的光子晶体波导 TM- 偏振分离器，包括一个具有完全禁带的光子晶体波导，所述光子晶体波导的输入端输入任意偏振方向的入射波到该偏振分离器后，TM 波从该偏振分离器的输出端输出，而 TE 波从该偏振分离器的输入端反射回去。

[0006] 所述的光子晶体波导中设置有波导缺陷介质柱，该波导缺陷介质柱中的 ϵ 光折射率大于 \circ 光折射率，且波导缺陷介质柱的光轴与背景介质柱的光轴方向一致。

[0007] 所述的波导缺陷介质柱数量为 1 根或 2 根或 3 根或 4 根或 5 根或 6 根。

[0008] 所述的光子晶体波导为二维光子晶体波导，包括碲介质二维光子晶体波导，蜂窝结构二维光子晶体波导，孔状三角晶格二维光子晶体波导，各种非规则形状二维光子晶体波导。

[0009] 所述的光子晶体波导为所述光子晶体中移除 1 排或 2 排或 3 排或 4 排介质柱后的结构。

[0010] 本发明与现有技术相比具有以下优点：

- (1) 结构体积小，偏振度高，光传输效率高，适合大规模光路集成；
- (2) 本发明在短程通过两个点缺陷就可以完全实现偏振分离功能，便于集成而且高效；
- (3) 本发明应用光子晶体可等比例缩放的特性，通过等比例改变晶格常数的方法，来实现不同波长偏振分束的功能。

附图说明

[0011] 图 1 是本发明使用的 Tellurium 光子晶体波导器件结构示意图。

[0012] 本器件初始信号光从左方端口“1”入射，端口“2”输出 TE 光波。“3”为背景碲介质柱，光轴方向垂直纸面向外，其半径为 $R=0.3568a$ 。“4”为圆形缺陷介质柱，光轴方向与背景介质柱相同，其半径为 $R=0.175a$ ，其位置中心与所删除背景介质柱的各个圆心相同。

[0013] 图 2 是本发明光子晶体 TM- 偏振分离器随介质柱大小变化的右通道 TM、TE 光强分布图。

[0014] 图 3 是本发明光子晶体 TM- 偏振分离器随介质柱大小变化的右通道 TM 光消光比。

[0015] 图 4 是本发明光子晶体 TM- 偏振分离器，波导中的光波随圆形点缺陷大小变化的偏振度。

[0016] 图 5 是本发明光子晶体 TM- 偏振分离器在禁带频率范围内的消光比。

[0017] 图 6 是本发明光子晶体 TM- 偏振分离器在禁带频率范围内的偏振度。

[0018] 图 7 是 TM 分量分布模拟图。

[0019] 图 8 是 TE 分量分布模拟图。

具体实施方式

[0020] 下面结合附图对本发明作进一步的描述。

[0021] 本发明的原理介绍和具体实施方式中的介质材料均以碲介质柱为例。先在基板上建立以正方晶格排列的正单轴晶体碲阵列，然后在中心位置删除两行或两列以形成波导，TE、TM 光都以基模形式传播。背景碲介质柱阵列中的每一个介质柱的 e 光光轴方向要满足与圆柱体的轴线方向一致。工作波长可以通过介质柱间晶格常数来调节，但工作波长的选取不能超出折射率线性稳定范围。

[0022] 如图 1 所示，本发明所使用的碲介质波导需要删除两行或两列介质柱而形成导光波导，其宽度为 $L=3a$ ，为波导两边介质柱圆心之间的间距，其中 a 为所述的光子晶体的晶格常数。光子晶体中的背景碲介质柱半径 $R=0.3568a$ 。本说明中使用笛卡尔直角坐标系： x 轴正方向在纸面内水平向右； y 轴正方向在纸面内竖直向上； z 轴正方向垂直于纸面向外。

[0023] 点缺陷的等效折射率为：

$$n_{eff}^{TE} = \frac{\int_{\Omega} n_e \cdot E_z^2 d\Omega}{\int_{\Omega} E_z^2 d\Omega}$$

$$n_{eff}^{TM} = \frac{\int_{\Omega} n_o \cdot (E_x^2 + E_y^2) d\Omega}{\int_{\Omega} (E_x^2 + E_y^2) d\Omega}$$

式中 n_{eff}^{TE} 与 n_{eff}^{TM} 分别对应 TE 与 TM 光的等效折射率， E_x 、 E_y 、 E_z 分别为电场的 x 、 y 、 z 分量。

[0024] 波导中的光波在点缺陷处的反射率 (R) 与透射率 (T) 可以表示为：

$$R_{TE} = \left(\frac{n_{eff}^{TE} - 1}{n_{eff}^{TE} + 1} \right)^2$$

$$T_{TE} = \frac{4n_{eff}^{TE}}{(n_{eff}^{TE} + 1)^2}$$

$$R_{TM} = \left(\frac{n_{eff}^{TM} - 1}{n_{eff}^{TM} + 1} \right)^2$$

$$T_{TM} = \frac{4n_{eff}^{TM}}{(n_{eff}^{TM} + 1)^2}$$

图 2 示出了 3 个圆形缺陷介质柱的半径变化导致的不同 TE、TM 光波的输出强度。在图中可以明显看到,在半径长度范围为 $0.1a$ - $0.22a$ 之间, TM 波具有极大输出强度。

[0025] 如图 3、图 4 所示,可以通过同时调节 3 个介质柱的大小来确定符合 $R_{TM} \approx 0, T_{TM} \approx 1$ 且 $R_{TE} \approx 1, T_{TE} \approx 0$ 这两个条件的的介质柱半径,从而实现阻隔 TE 光,传输 TM 光的功能。(此时缺陷介质柱 e 光轴的偏置方向与背景碲介质柱一致)

根据图 3,当圆形点缺陷边长范围在 $0.1a$ - $0.227a$ 之间时, TM 波具不小于 18dB 的极大消光比。根据图 4,当圆形点缺陷边长范围在 $0.1a$ - $0.227a$ 之间时, TM 波具有大于 0.995 的偏振度。结合图 3 与图 4, TM 波具有极大消光比时的圆形介质柱的半径为

$$R_{defect} = 0.175a$$

此时, $n_{eff}^{TM} \rightarrow 1, n_{eff}^{TE} \rightarrow \infty$ 。

[0026] 如图 1 所示,3 个圆形缺陷介质柱中,每一个圆形介质柱的中心与原来为形成波导所删除的圆形介质柱的中心相同,故 3 个圆形介质柱各自距离为 a ,同时与最近背景介质柱中心的距离也为 a ,各自半径为 $0.175a$ 。3 个圆形碲介质柱的光轴与光子晶体中的背景圆柱碲介质柱的光轴方向一致。

[0027] 当碲介质柱阵列波导中引入上述缺陷后,入射信号端口为图 1 中“1”的位置,光在以“3”介质柱阵列形成的波导中传播,到达“4”的缺陷位置后, TM 分量将全部通过, TE 分量将全部阻隔,最后经过缺陷处理后的信号将在输出端口“2”位置输出。对不同输入的信号,具有以下选择功能:

(1)、当入射光为 TE、TM 混合波时, TM 分量将全部从右方波导出, TE 分量将全部被隔离。

[0028] (2)、当入射光为 TM 波时, TM 波从右方波导出。

[0029] (3)、当入射光为 TE 波时, TE 将不能导入右方波导。

[0030] 对于晶格常数和工作波长的选取,可以用以下方式确定。通过单轴晶体碲的折射率曲线知,在波长范围为 $3.5a \sim 35a$ 之间,碲具有比较稳定的折射率。通过公式

$$f = \frac{wa}{2\pi c} = \frac{a}{\lambda}$$

其中 f 为归一化禁带频率, 以及本发明中正方晶格结构的禁带范围

$$f = 0.21977 \sim 0.25458$$

计算出相应的禁带波长范围为:

$$\lambda = 3.928a \sim 4.55a$$

由此可见, 可以通过改变晶格常数 a 的值得到与其等比例的满足波长范围的 λ 值。

[0031] 波导中的消光比定义为:

$$\text{TE 波: Extinction Ratio}_{TE} = 10 \times \log_{10} \left(\frac{I_{TE}}{I_{TM}} \right)$$

$$\text{TM 波: Extinction Ratio}_{TM} = 10 \times \log_{10} \left(\frac{I_{TM}}{I_{TE}} \right)$$

偏振度定义为:

$$\text{TE 波: Degree of Polarization}_{TE} = \frac{|I_{TE} - I_{TM}|}{I_{TE} + I_{TM}}$$

$$\text{TM 波: Degree of Polarization}_{TM} = \frac{|I_{TM} - I_{TE}|}{I_{TM} + I_{TE}}$$

通过图 5 可以发现当工作波长为 $3.928a$ - $4.55a$ 之间时, 在输出端口 TM 波的消光比全部大于 38dB, 即在整个禁带区间具有极好的消光比。

[0032] 通过图 6 可以发现当工作波长为 $3.928a$ - $4.55a$ 之间时, 在输出端口 TM 波的偏振度全部大于 0.9996, 即在整个禁带区间具有极好的偏振度。

[0033] 结合图 5、图 6 以及上述分析, 可以发现所有在禁带波段 $3.928a$ - $4.55a$ 之间光波可以很好的实现本发明的功能。这说明本发明具有很大的工作波长范围, 这是其它耦合腔模式偏振分光器件所不具备的。

[0034] 图 7、图 8 为自由空间工作波长为 $4.1a$ 时, 通过有限元软件 COMSOL 进行计算, 得到的光场模拟图。可以观察到, TE 光以高透过率传播, 而 TM 光完全被阻隔, 并且具有极高的消光比。

[0035] 本发明在具有高消光比的同时具有较宽的工作波长范围, 可以允许有一定频谱宽度的脉冲, 或高斯光, 或不同波长的光工作, 或多个波长的光同时工作, 具有实用意义。

[0036] 以上所述本发明在具体实施方式及应用范围均有改进之处, 不应当理解为对本发明限制。

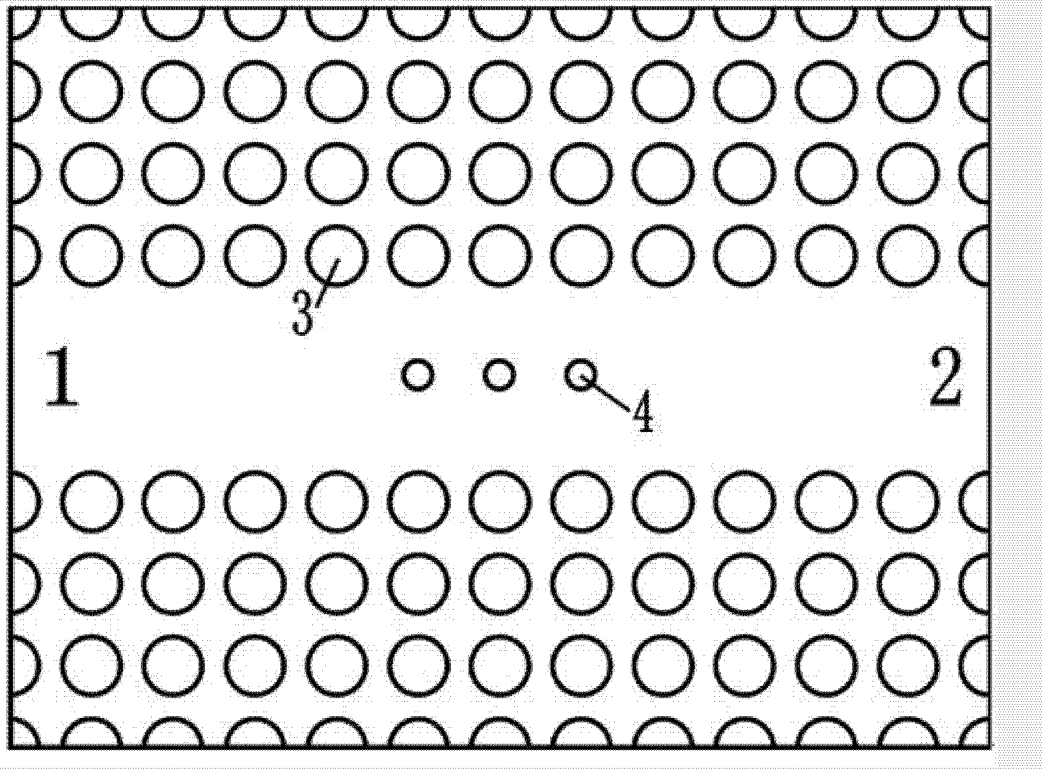


图 1

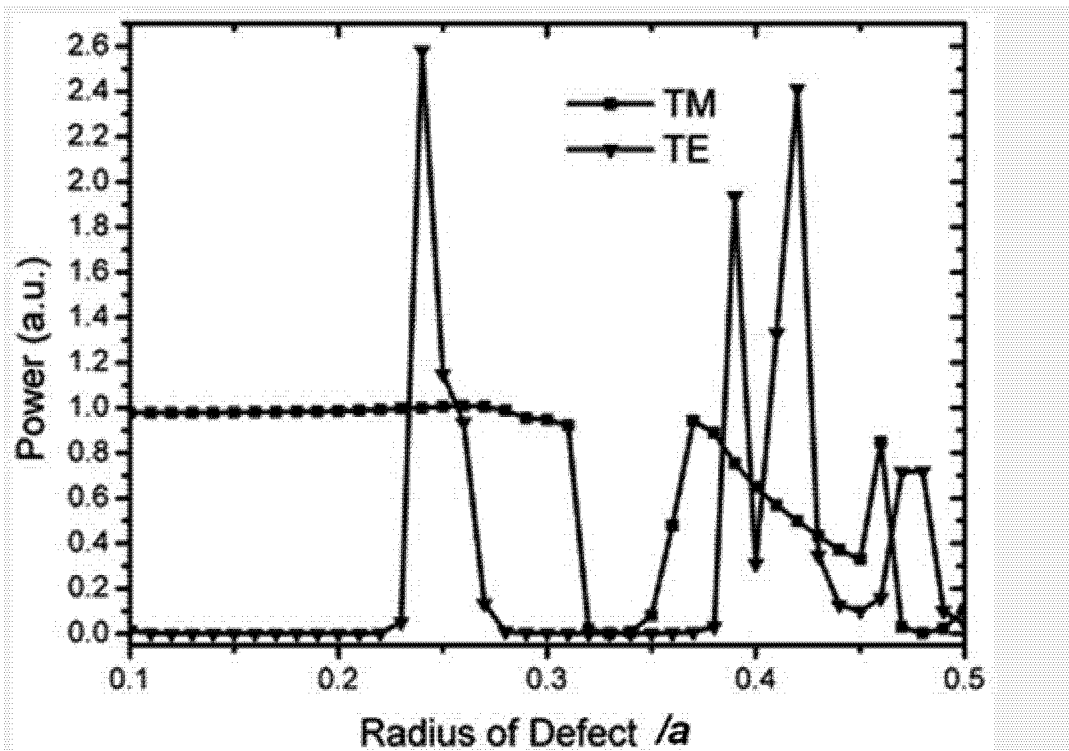


图 2

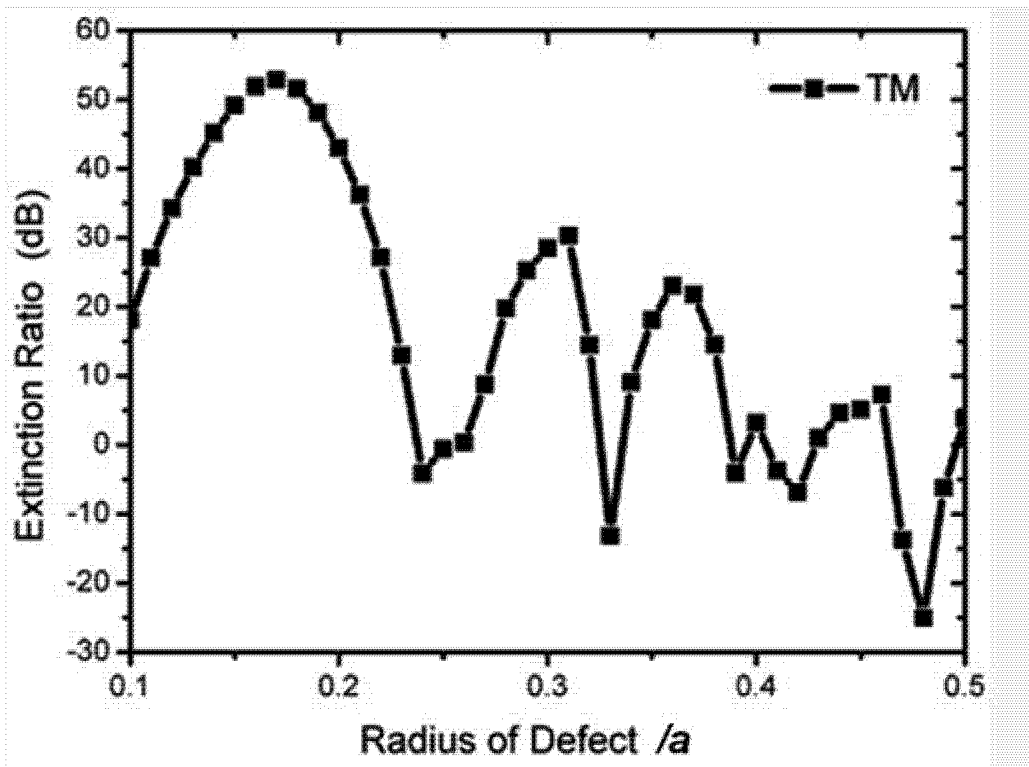


图 3

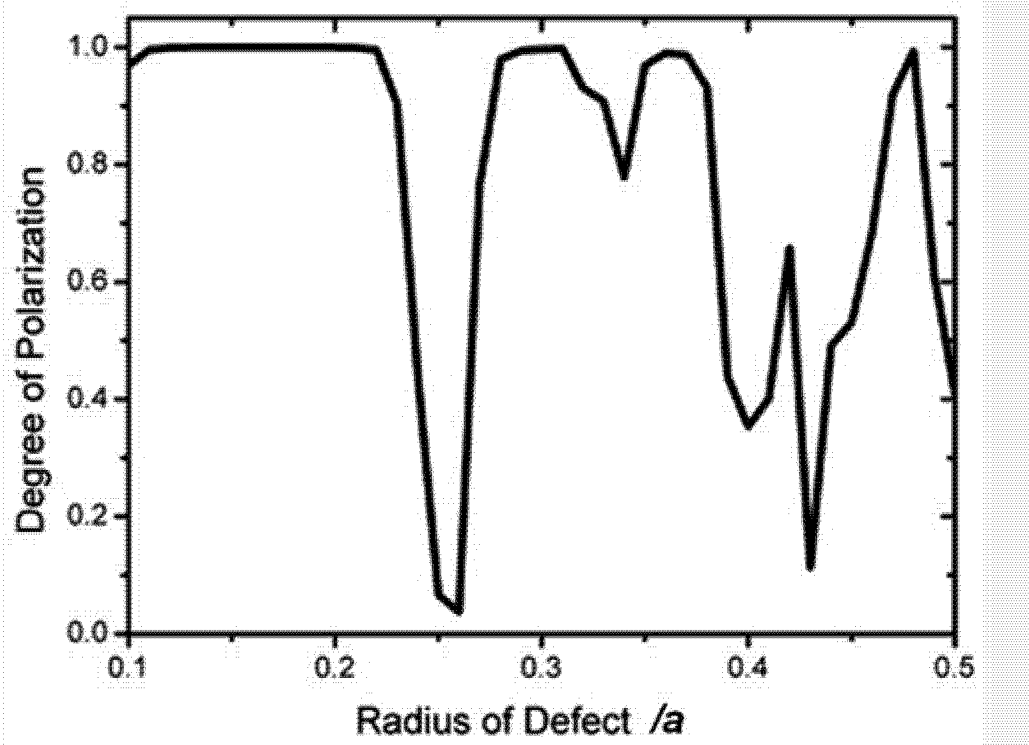


图 4

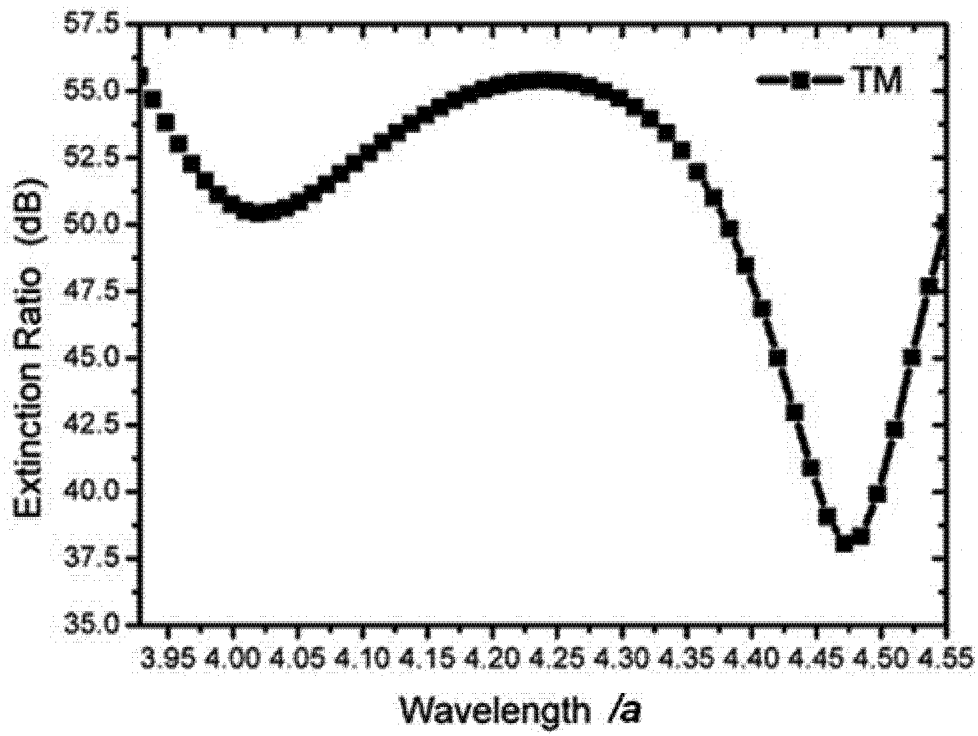


图 5

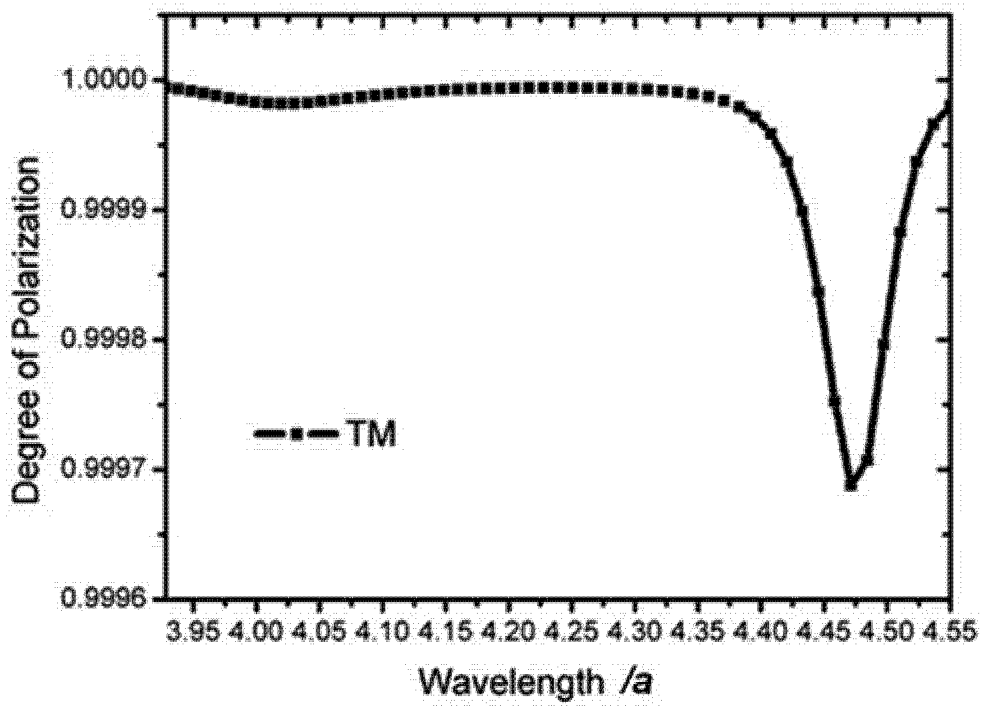


图 6

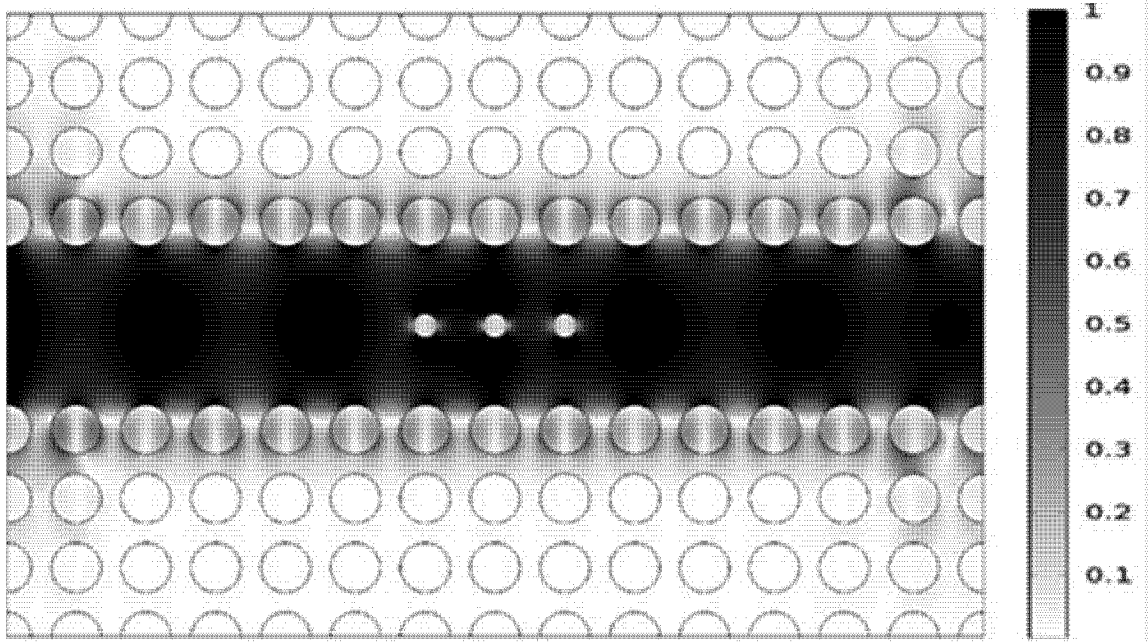


图 7

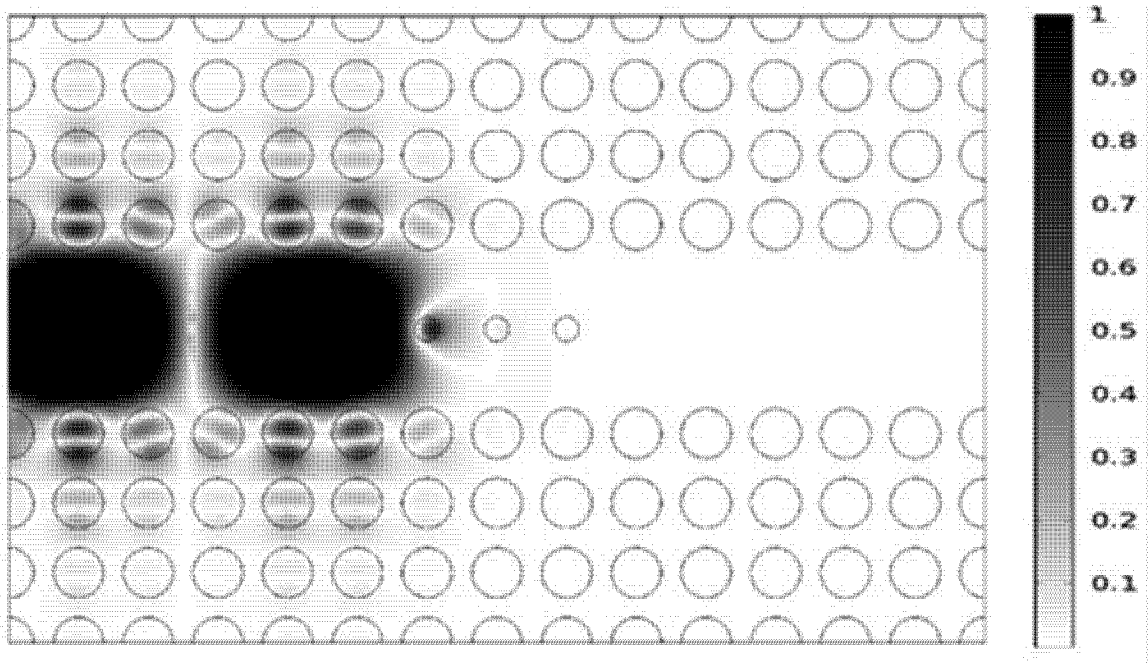


图 8