

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810051308.3

[51] Int. Cl.

G02F 1/01 (2006.01)

G02B 6/26 (2006.01)

G02B 6/12 (2006.01)

[43] 公开日 2009 年 3 月 18 日

[11] 公开号 CN 101387763A

[22] 申请日 2008.10.22

[21] 申请号 200810051308.3

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路 16 号

[72] 发明人 刘光裕 宁永强 秦 莉 刘 云
李 特

[74] 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所
代理人 王立伟

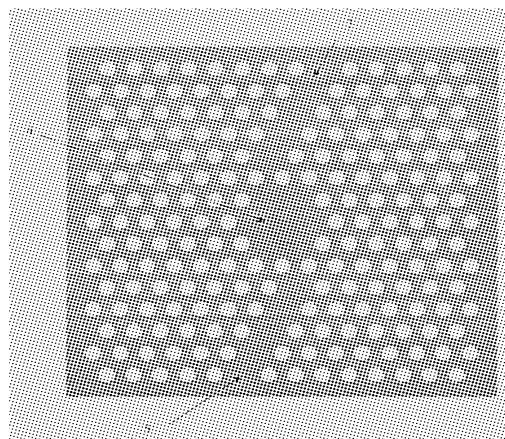
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 3 页

[54] 发明名称

基于光子晶体结构的光信号延迟器件

[57] 摘要

本发明公开了基于光子晶体结构的光信号延迟器件，由输入波导，输出波导，微腔构成。工作过程：光波由输入波导进入器件，耦合进入微腔，在微腔内传播数千至数万个周期，实现信号延迟，然后由输出波导耦合输出。本发明具有器件工作过程简单，光信号的损耗非常小，便于与其他器件集成的特点。



1、基于光子晶体结构的光信号延迟器件，其特征在于：该器件包括由半导体材料基板（1）、空气孔（2）、输入波导（3）、微腔缺陷（4）、输出波导（5）；材料基板（1）上制作周期性排列的空气孔（2），通过不制作空气孔（2）来形成微腔缺陷（4）；与微腔相邻的输入波导（3）和输出波导（4）为线缺陷，作为光波耦合输入和输出的通道；光波由输入波导（3）进入器件，耦合进圆形微腔（4），在微腔内传播数千至数万个周期，实现信号延迟，然后由输出波导（5）耦合输出。

2、根据权利1要求所述基于光子晶体结构的光信号延迟器件，其特征在于：在二维平板上制作周期性排列的空气孔（2），排列方式可以是周期性或者准周期结构。

3、根据权利1要求所述基于光子晶体结构的光信号延迟器件，其特征在于选取不同的半导体材料，改变光信号的传输波段，变化范围为 $0.3\mu\text{m}$ - $1.6\mu\text{m}$ 波段。

4、根据权利1要求所述基于光子晶体结构的光信号延迟器件，其特征在于：光子晶体的填充比为0.1-0.9，光子晶体周期从几十纳米到几百微米可调，空气孔直径从几十纳米到几百微米可调，通过调整上述参数以及改变微腔的形状和大小，控制信号的延迟时间。

5、根据权利1要求所述基于光子晶体结构的光信号延迟器件，其特征在于该器件可以是空气桥型结构,也可以是低折射率覆盖型结构。

基于光子晶体结构的光信号延迟器件

技术领域：

本发明涉及光子晶体技术领域，尤其涉及一种基于光子晶体的光信号延迟器件，适用于光通信领域和光子集成器件。

背景技术：

光子晶体是指不同介质周期性排列所形成的材料。

光子晶体具有两个重要性质，光子晶体最本质的特征是具有光子禁带。光子禁带是指在一定频率范围内的光子，在光子晶体内某些方向上是被严格禁止传播的。光子晶体的另一个特征是光子局域。它是与光子晶体的缺陷能级紧密相连的。在光子晶体中引入杂质或缺陷，在光子禁带中产生相应的缺陷能级，和缺陷能级相吻合频率的光子被陷制在缺陷位置，一旦其偏离缺陷位置，光就迅速衰减，这样在光子晶体的光子禁带中出现带宽极窄的缺陷态。

基于以上两条性质就可以像控制电子在半导体中的运动那样来控制光子的自发辐射和光子的传播。

根据介质在空间周期性分布的维度不同，可分为一维，二维和三维光子晶体。

由于三维光子晶体制作工艺复杂，目前主要研究集中在一维和二维光子晶体。常见的二维光子晶体结构是在高介电常数材料的平板上制作周期性排列的孔阵，在孔中填充低介电常数的材料，比如空气，使得

到了光子晶体。

在周期结构中如果引入缺陷，则会在带隙中引入缺陷模，它意味着在晶体的特定方向上，具有缺陷模频率的光能通过光子晶体，在别的方向上由于带隙的存在则是禁戒的，这样便可以对光子进行控制。这一缺陷可以是线缺陷，也可以是微腔缺陷。

基于光子晶体结构的波导可以实现延迟光信号的功能，并且器件结构紧凑，尺寸小，可以与其他光子晶体器件或者其他元件进行集成。

发明内容：

本发明的目的是提供一种基于光子晶体的光信号延迟器件，通过在二维光子晶体中引入线缺陷和微腔缺陷，利用光波在微腔内的传播时间来实现光信号的延迟。

本发明可应用于光信号的延迟，光信号的补偿，光信号的编码等等。

本发明的目的是通过以下技术方案实现的：

基于光子晶体结构的光信号延迟器件，包括一个直线型光子晶体输入波导，一个光子晶体微腔，一个直线型光子晶体输出波导。

在上述技术方案中，二维光子晶体可以在空气桥类型平板结构（如图3所示）实现，也可以在SOI(silicon on insulator)平板（如图5所示）等结构中实现。

在上述技术方案中，光子晶体结构由在第一介电常数的半导体材料平板上制作周期性排列的孔，在孔中填充第二介电常数的材料制成。所述第一介电常数大于第二介电常数，一般常见第二介电常数材

料为空气，也可以填充其他介质材料。

在上述方案中，该器件可以传输的光波长覆盖范围在0.4到1.6微米。

在上述方案中，在完整光子晶体结构抽取若干个空气孔，形成微腔。在靠近微腔处，抽取一排空气孔，而形成直线型光子晶体波导，输入和输出波导都由此方法构成。

在上述方案中，可以通过调整微腔的结构参数来调整延迟时间。

本发明的工作流程：

光波由输入波导进入器件，耦合进圆形微腔，然后光波沿微腔边缘传播，在微腔内传播数千至数万个周期周期后，由输出波导耦合输出。本发明正是利用光波在微腔内的传播时间来实现光信号的延迟。

本发明的有益效果：

本发明以简单的结构实现了光信号的延迟，工作原理简单，通过局部微调光子晶体的参数，便可调整光信号的延迟时间。光子晶体波导的损耗也远远小于传统波导。器件的尺寸小，整体器件整体尺度可以小于10微米。器件制作采用半导体工艺，便于与其他器件集成，比如半导体激光器，其他光子晶体波导等，为其在光子集成领域的实际应用提供了可能性。

附图说明

图1为完整二维光子晶体平板示意图。半导体材料基板1，空气孔2。

图2为空气桥型光子晶体信号延迟器件的俯视示意图。输入波导

3, 微腔缺陷4, 输出波导5。也为摘要附图。

图3为空气桥型光子晶体信号延迟器件的侧视示意图。空气孔2, 微腔缺陷4, 空气层6。

图4为SOI型光子晶体信号延迟器件的俯视示意图。微腔缺陷4, 输入波导3, 输出波导5。

图5为SOI型光子晶体信号延迟器件的侧视示意图。硅板7, 微腔缺陷4, 二氧化硅层8, 空气孔2。

具体实施方式

实施例一

本发明空气桥型光子晶体信号延迟器件的俯视图如图2所示。采用GaAs材料作为基板。在上面制作周期性排列的空气孔, 空气孔的排列方式为三角晶格周期。在中心部位去掉七个空气孔, 即在这个部分不制作空气孔, 构成圆形微腔。分别去出一排空气孔, 构成输入波导和输出波导。制作过程中, 腐蚀掉GaAs基片的衬底, 使整个器件悬在空气中, 基板上下以空气层作为限制层, 来限制光波在垂直方向的传播。该结构周期为300nm, 空气孔半径为90nm, 厚度为250nm, 可传输波长为1.34 μm 光信号。工作过程, 光波由输入波导进入器件, 耦合进圆形微腔, 在微腔内传播数千至数万个周期, 实现信号延迟, 然后由输出波导耦合输出。器件工作过程简单, 由光子晶体的性质决定, 光信号的损耗非常小。

实施例二

SOI(silicon on insulator)基片材料是在绝缘层上生长一层具有一

定厚度的单晶硅薄膜。由于绝缘的 SiO_2 折射率远小于Si,使得在垂直方向上对光场有很强的限制,因而有优异的导波特性。

本发明SOI型光子晶体信号延迟器件的俯视示意图如图4所示。Si层7,厚度为240nm, SiO_2 层8,厚度为 $1\text{ }\mu\text{m}$,在Si层制作周期性排列的空气孔,刻蚀深度达到 SiO_2 层。空气孔的排列方式为三角晶格周期,也可以是方形晶格,矩形晶格,圆形晶格等,也可以是周期性或者准周期结构。

结构周期为410nm,空气孔半径为131nm。在中心部位去掉七个空气孔,即在这个部分不制作空气孔,构成圆形微腔。分别去出一排空气孔,构成输入波导和输出波导。可传输波长为 $1.55\text{ }\mu\text{m}$ 光信号。工作过程,光波由输入波导进入器件,耦合进圆形微腔,在微腔内传播数千至数万个周期,实现信号延迟,然后由输出波导耦合输出。

选取不同的半导体材料系的材料,改变光信号的传输波段,变化范围为 $0.3\text{ }\mu\text{m}$ - $1.6\text{ }\mu\text{m}$ 波段。如GaInAsP材料系可传播 $1.4\text{ }\mu\text{m}$ - $1.6\text{ }\mu\text{m}$ 波段,AlGaInAs材料系可传播 $1.5\text{ }\mu\text{m}$ 附近波段, GaInNAs材料系可传播 $1.2\text{ }\mu\text{m}$ - $1.4\text{ }\mu\text{m}$ 波段, GaInAs材料系可传播 $1.0\text{ }\mu\text{m}$ - $1.4\text{ }\mu\text{m}$ 波段, AlGaAs材料系可传播 $0.8\text{ }\mu\text{m}$ - $0.9\text{ }\mu\text{m}$ 波段, GaInN材料系可传播 $0.3\text{ }\mu\text{m}$ - $0.4\text{ }\mu\text{m}$ 波段。

光子晶体的填充比从0.1-0.9范围内可以调整,光子晶体周期从几十纳米到几百微米可调,空气孔直径从几十纳米到几百微米可调,空气孔内可填充其他介质材料,微腔并不仅限于去除七个空气孔形成的微腔,可去除一个或多个空气孔来形成微腔,微腔形状并不限于圆

形微腔，可以为方形微腔，三角形微腔等其他形状。通过调整上述参数以及改变微腔的形状和大小，控制信号的延迟时间。

该器件可以在空气桥型结构中实现，也可以在低折射率覆盖型结构实现。

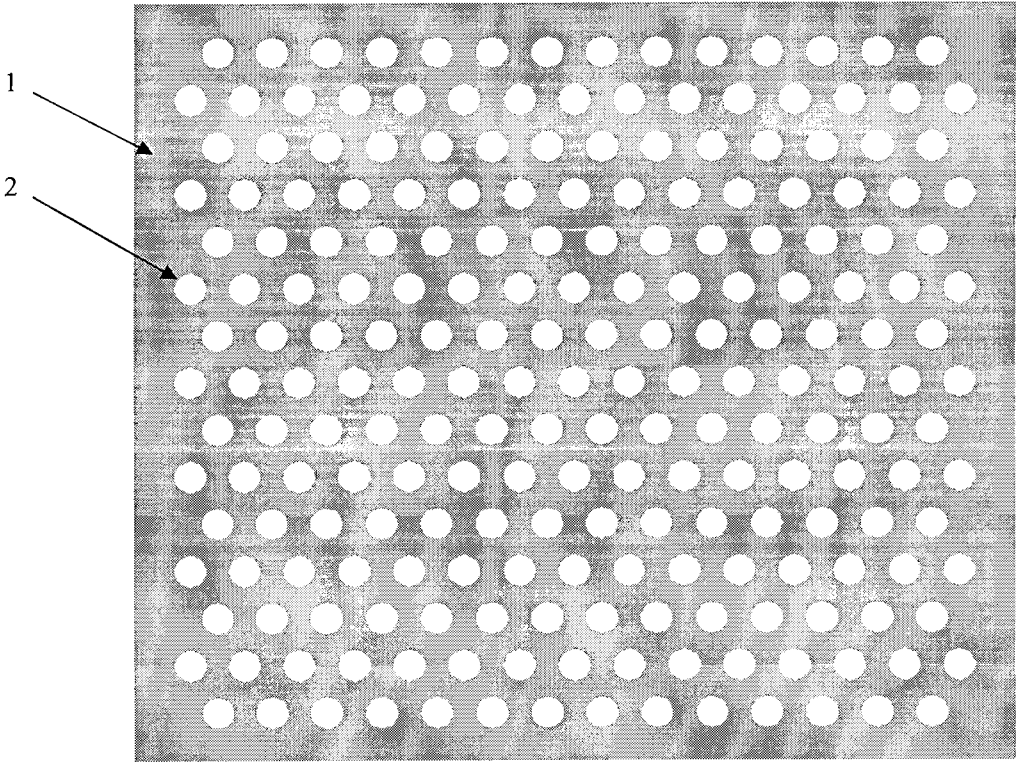


图1

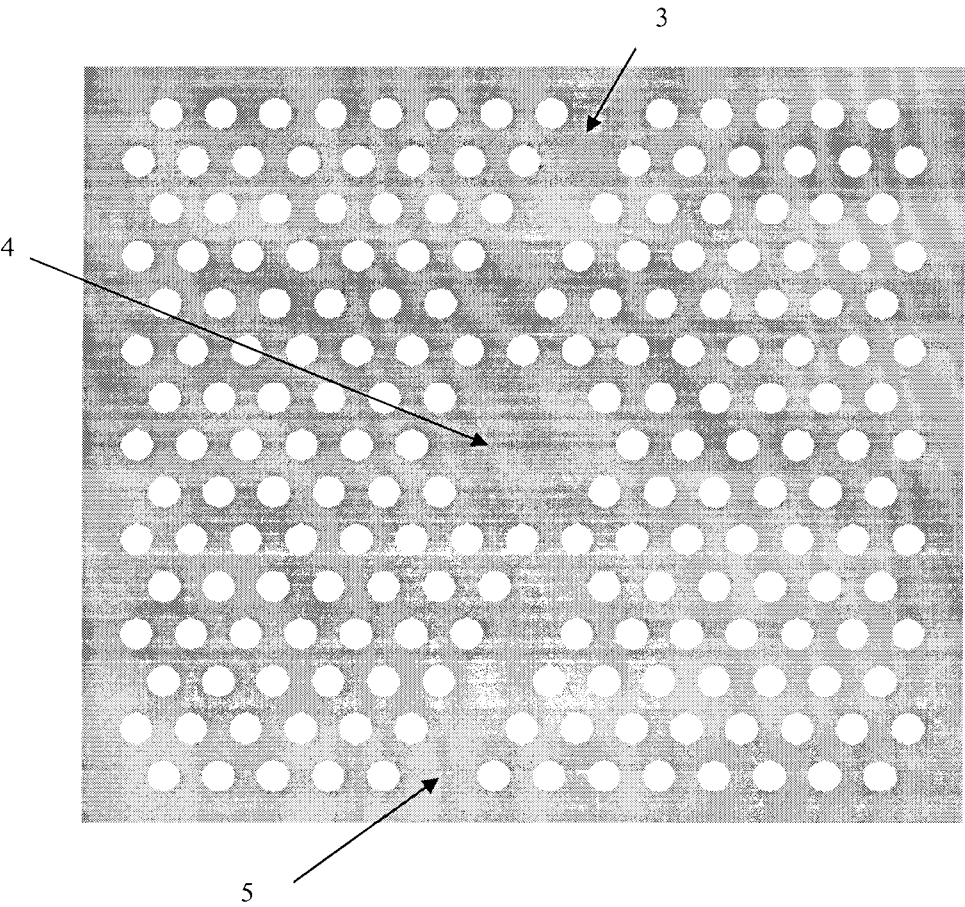


图2

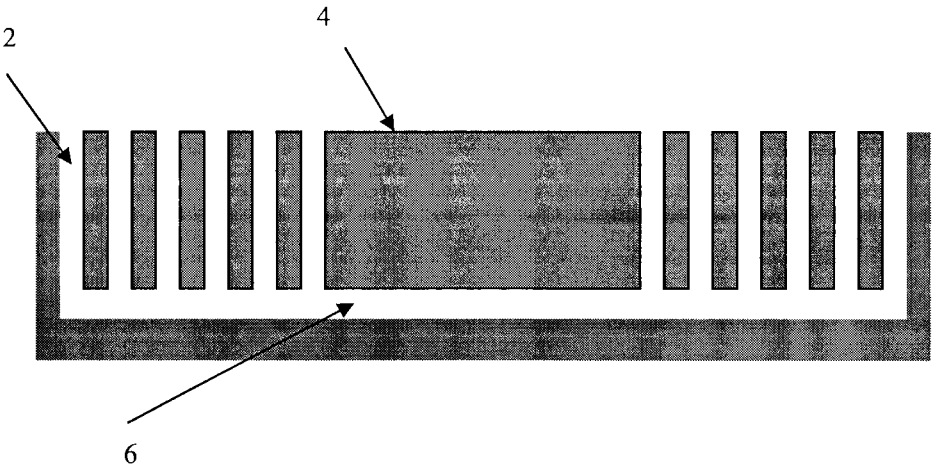


图3

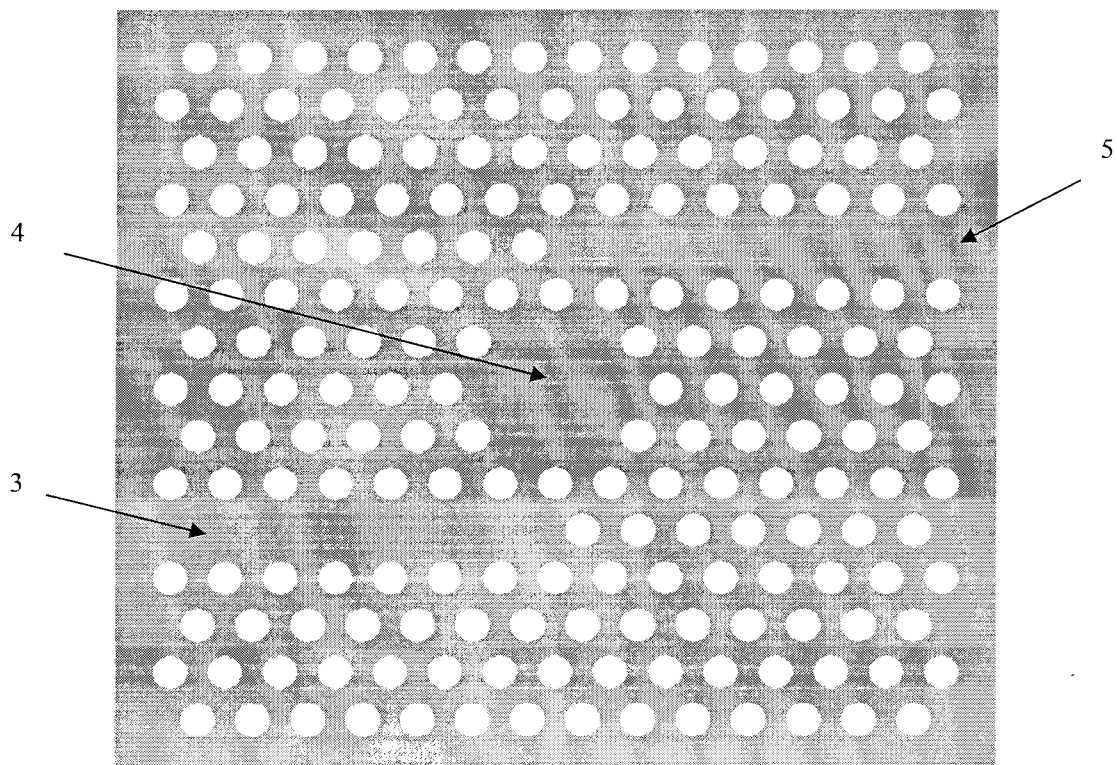


图4

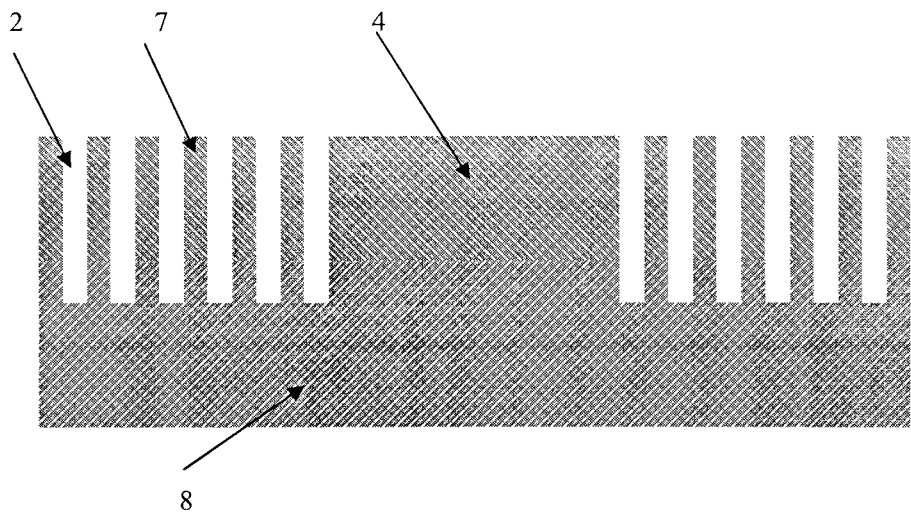


图5