

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2017 年 8 月 24 日 (24.08.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/140140 A1

- (51) 国际专利分类号:
G02B 6/122 (2006.01) *G02F 1/095* (2006.01)
G02B 6/125 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/106644
- (22) 国际申请日: 2016 年 11 月 21 日 (21.11.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201610086343.3 2016 年 2 月 15 日 (15.02.2016) CN
- (71) 申请人: 深圳大学 (SHENZHEN UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。
- (72) 发明人: 欧阳征标 (OUYANG, Zhengbiao); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。 吴昌义 (WU, Changyi); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。 金鑫 (JIN, Xin); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518060 (CN)。
- (74) 代理人: 深圳力拓知识产权代理有限公司 (SHENZHEN LITUO INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国广东省深圳市南山区深

南大道 10128 号南山软件园东塔楼 1701, Guangdong 518000 (CN)。

- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第 21 条(3))。

(54) Title: PHOTONIC CRYSTAL T-SHAPED WAVEGUIDE-BASED HORIZONTAL OUTPUT MAGNETIC CONTROL ALTERNATIVE LIGHT PATH SWITCH

(54) 发明名称: 基于光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关

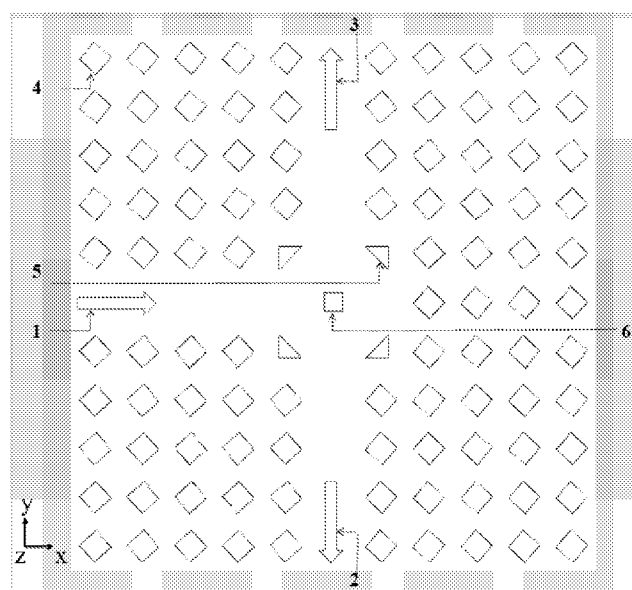


图 1

(57) Abstract: A photonic crystal T-shaped waveguide-based horizontal output magnetic control alternative light path switch, comprising a photonic crystal T-shaped waveguide with a TE forbidden band, and further comprising background silicon dielectric cylinders (4), isosceles right-angled triangle defect dielectric cylinders (5) and a defect dielectric cylinder (6). The light path switch further comprises an electromagnet (7) providing a bias magnetic field; the left end of the photonic crystal T-shaped waveguide is the input end (1); the output ends (2, 3) are respectively located at the lower end and upper end of the photonic crystal T-shaped waveguide, arranged in a horizontal line. The defect dielectric cylinder (6) is located at a central intersection of the T-shaped waveguide. The photonic crystal waveguide inputs TE light from the port (1) and then outputs amplitude modulated light from the port (2) or port (3). The present invention is small in structural volume, convenient to integrate, and can realize the function of the effective alternative light path gate switch.

(57) 摘要:

[见续页]

一种基于光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关，包括一个具有 TE 禁带的光子晶体 T 型波导，其包括背景硅介质柱(4)、等腰直角三角形缺陷介质柱(5)和缺陷介质柱(6)。光路开关还包括一个提供偏置磁场的电磁铁(7)；光子晶体 T 型波导的左端为输入端(1)，输出端(2、3)分别位于光子晶体 T 型波导的下端、上端，呈一条横线布局。缺陷介质柱(6)位于 T 型波导中心交叉处。光子晶体波导由端口(1)输入 TE 光，再从端口(2)或端口(3)输出调幅光。本发明结构体积小，便于集成，可以实现二选一光路高效选通开关的功能。

基于光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关

技术领域

本发明涉及磁控二选一光路选通开关，尤其涉及一种基于光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路选通开关。

背景技术

传统的磁控二选一光路选通开关应用的是几何光学原理，因此体积都比较大，无法用于光路集成中。磁光材料与新型光子晶体的结合导致提出了许多光子器件，其最主要的性质是电磁波在偏置磁场下表现的旋磁非互易性，使磁性光子晶体不仅具有旋光特性，还有着更大的传输带宽和更高的传播效率。以光子晶体为基础的微小的器件，例如磁控二选一光路选通开关，其光子晶体波导通过引入线缺陷来构建。光开关是光通信和光学计算的最基本部件，具有广泛应用价值，紧凑型光开关是集成光路芯片的基本单元。

发明内容

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磁控二选一光路选通开关。

本发明的目的通过下述技术方案予以实现。

本发明基于光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关，包括一个具有 TE 禁带的光子晶体 T 型波导；所述光路开关还包括一个输入端 1、两个输出端 2、3、背景硅介质柱 4、等腰直角三角形缺陷介质柱 5 和缺陷介质柱 6，所述光路开关还包括一个提供偏置磁场的电磁铁；所述光子晶体 T 型波导的左端为输入端 1，所述输出端 2 和输出端 3 分别位于光子晶体 T 型波导的下端和上端，呈一条横线布局；所述缺陷介质柱 6 位于 T 型波导中心交叉处；所述 4 个等腰

直角三角形缺陷介质柱 5 分别位于 T 型波导交叉的四个拐角处；所述光子晶体波导由端口 1 输入 TE 光，所述开关 10 控制信号再分别从端口 2 或端口 3 输出，即端口 1 选择与端口 2 和端口 3 相连接。

所述光开关进一步包括导线 8、极性可控电流源 9 和电子开关 10；电磁铁（7）的另一端通过导线（8）与极性可控电流源（9）的另一端相连接；所述极性可控电流源 9 与电子开关 10 连接。

所述光子晶体为二维正方晶格结构。

所述光子晶体由高折射率介质材料和低折射率材料组成；所述高折射率介质材料为硅或折射率大于 2 的介质；所述低折射率介质为空气或折射率小于 1.4 的介质。

所述 T 型波导为光子晶体中移除中间一横排和一竖排介质柱后的结构。

所述 T 型波导交叉拐角处的 4 个背景介质柱分别删除一个角以形成等腰直角三角形缺陷介质柱，该等腰直角三角形缺陷介质柱 5 为三角柱型。

所述背景硅介质柱 4 的形状为正方形。

所述正方形硅介质柱以介质柱轴线 z 轴方向逆时针旋转 41 度。

所述缺陷介质柱 6 为铁氧体方柱，其形状为正方形，所述的铁氧体方柱的磁导率为各向异性，且受偏置磁场的控制，偏置磁场方向沿着铁氧体方柱的轴线方向。

本发明与现有技术相比具有以下优点：

- （1）结构体积小，开关时间响应快，光传输效率高，适合大规模光路集成；
- （2）可以短程高效地实现 TE 光信号磁控二选一光路选通开关，便于集成而且高效，具有极大的实用价值。
- （3）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，

可以实现不同波长磁控二选一光路选通开关的功能。

(4) 高对比度、高隔离度，同时还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。

附图说明

图 1 是本发明光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关的一种结构示意图。

图中：输入端 1 输出端 2 输出端 3 背景硅介质柱 4 等腰直角三角形缺陷介质柱 5 缺陷介质柱 6

图 2 是本发明光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关的另一种结构示意图。

图中：电磁铁 7 导线 8 极性可控电流源 9 电子开关 10

图 3 是本发明光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关结构参数分布图。

图 4 是本发明光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关的开关波形图。

图 5(a)是实施例 1 中光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关禁带频率的开关对比度图。

图 5(b)是实施例 1 中光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关禁带频率的开关隔离度图。

图 6(a)是实施例 2 中光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关禁带频率的开关对比度图。

图 6(b)是实施例 2 中光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关禁

带频率的开关隔离度图。

图 7(a)是实施例 3 中光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关禁带频率的开关对比度图。

图 7(b)是实施例 3 中光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关禁带频率的开关隔离度图。

图 8 是本发明光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关的光场分布示意图。

具体实施方式

如图 1 所示, 本发明光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关的结构示意图 (删除偏置电路和偏置线圈), 包括一个具有 TE 禁带的光子晶体 T 型波导, 光路开关还包括一个输入端 1、两个输出端 2、3、背景硅介质柱 4、等腰直角三角形缺陷介质柱 5 和缺陷介质柱 6; 本器件初始信号光从左方端口 1 入射, 端口 2 输出光波, 端口 3 隔离光波; 光子晶体 T 型波导的左端为输入端 1, 输出端 2、3 分别位于光子晶体 T 型波导的下端、上端, 呈一条横线布局; 光子晶体波导由端口 1 输入 TE 光, 开关 (10) 控制信号再分别从端口 2 或端口 (3) 输出, 即端口 1 选择与端口 2 和端口 3 相连接; 背景硅介质柱 4 形状为正方形, 光轴方向垂直纸面向外, 等腰直角三角形缺陷介质柱 5 为, T 型波导交叉拐角处的 4 个背景介质柱分别删除一个角以形成等腰直角三角形缺陷介质柱, 该等腰直角三角形缺陷介质柱 5 为三角柱型, 4 个等腰直角三角形缺陷介质柱 5 分别位于 T 型波导交叉的四个拐角处, 光轴方向与背景介质柱相同, 缺陷介质柱 6 位于 T 型波导中心交叉处, 缺陷介质柱 6 为铁氧体方柱, 其形状为正方形, 光轴方向垂直纸面向外; 该铁氧体方柱的磁导率为各向异性, 且受偏置磁场的控制, 偏置磁场方向沿着铁氧体方柱的轴线方向。如图 2 所示, 本发明光子晶体 T 型

波导的横向输出磁控二选一光路开关的结构示意图（含有偏置电路和偏置线圈），光路开关包括一个提供偏置磁场的电磁铁 7（电磁铁线圈），该电磁铁的另一端与极性可控电流源 9 的另一端相连接，光路开还包括导线 8、极性可控电流源 9 和电子开关 10，电磁铁 7 的一端通过导线 8 与极性可控电流源 9 的一端相连接；极性可控电流源 9 与电子开关 10 连接；本发明光路开关如图 1 和图 3 所示采用笛卡尔直角坐标系： x 轴正方向为水平向右； y 轴正方向为在纸面内竖直向上； z 轴正方向为垂直于纸面向外。

如图 3 所示，本器件的相关参数为：

$$d_1 = a \quad (\text{晶格常数})$$

$$d_2 = 0.3a \quad (\text{方形硅柱边长})$$

$$d_3 = 0.2817a \quad (\text{方形缺陷柱边长})$$

$$d_4 = 0.3a \quad (\text{等腰直角三角形缺陷柱腰长})$$

$$d_5 = 1.2997a \quad (\text{等腰直角三角形缺陷柱斜边到方形缺陷柱中心的距离})$$

$$d_6 = 1.577a \quad (\text{波导宽长})$$

本发明光子晶体为正方晶格，晶格常数为 a ，介质柱边长为 $0.3a$ ，在光子晶体正方形硅介质柱参考介质柱轴线方向（ z 轴）逆时针旋转 41 度时，采用平面波展开法得到光子晶体中 TE 禁带结构，光子 TE 禁带为 0.3150 至 0.4548($\omega a / 2\pi c$)，其中间的任何频率的光波将被限制在波导中，正方晶格介质柱参考介质柱轴线方向（ z 轴）逆时针旋转 41 度后，获得了更大更宽的禁带范围。

本发明所使用硅介质波导需要删除一行和一系列介质柱而形成导波波导。波导平面垂直于光子晶体中的介质柱的轴线。通过在上述光子晶体 T 型波导中心交叉处引入一个铁氧体方柱（方形缺陷介质柱 6），其边长为 $0.28a$ ，4 个等腰直

角三角形缺陷介质柱 5 斜边面分别到铁氧体柱（方形缺陷介质柱 6）轴线的距离为 $1.2997a$ 。铁氧体方柱的光轴与背景介质柱的光轴方向一致。

本发明的原理介绍主要针对磁光介质加以解释。铁氧体是一种磁各向异性的材料，铁氧体的磁各向异性是由外加直流偏置磁场所诱导的。该磁场使铁氧体中的磁偶极子循同一方向排列，从而产生合成的磁偶极距，并使磁偶极子由偏置磁场强度所控制的频率下做进动。通过调整偏置磁场强度可控制与外加微波信号的相互作用，从而实现光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关。在偏置磁场的作用下，铁氧体的磁导率张量表现为非对称性，其中铁氧体张量磁导率 $[\mu]$ 为：

$$[\mu] = \mu_0[U] + [\chi] = \begin{pmatrix} \mu & jk & 0 \\ -jk & \mu & 0 \\ 0 & 0 & \mu_0 \end{pmatrix} \quad (\hat{z} \text{ 偏置}) \quad (1)$$

磁导率张量的矩阵元由以下式子给出：

$$\omega_0 = \mu_0 H \quad (2)$$

$$\omega_m = \mu_0 \gamma M_s \quad (3)$$

$$\omega = 2\pi f \quad (4)$$

$$\mu = \mu_0 \left(1 + \frac{\omega_0 \omega_m}{\omega_0^2 - \omega^2}\right) \quad (5)$$

$$k = \mu_0 \frac{\omega \omega_m}{\omega_0^2 - \omega^2} \quad (6)$$

其中， μ_0 为真空中的磁导率， γ 为旋磁比， H_0 为外加磁场， M_s 为饱和磁化强度， ω 为工作频率， $p = k / \mu$ 为归一化磁化频率，也叫分离因子，参数 μ 和 k 决定不同铁氧体材料，具有这种形式的磁导率张量的材料称为旋磁性的，假定偏置的方向是相反的，则 H_0 和 M_s 将改变符号，所以旋转方向也会相反。

偏置磁场由偏置电磁铁产生，偏置电磁铁中加载偏置电流，该偏置电流为

控制信号；偏置电流为正（负）值，一个光路处于选通（关闭），另一个光路处于关闭（选通）。

通过调节偏置磁场 H 的大小来确定符合 $H=H_0$ 时，光从端口 3 输出， $H=-H_0$ 时，光从端口 2 输出。从而实现磁控二选一光路选通开关。

磁控二选一光路选通开关，一般通过以下方法实现：在偏置磁场下，将光子晶体的光子禁带和光子局域特性与磁光介质的旋磁特性相结合，利用法拉第旋转效应，使光旋转所需要的角度，由两个端口中的任意一个端口输出，使端口输出的光的强度会发生变化，从而实现了光开关的作用。

通过数值扫描计算得到， $d_2=0.3a$ ， $d_3=0.2817 a$ ， $d_5=1.2997 a$ ，归一化光波频率 $f=0.4121$ ，相对介电常数 $\epsilon_r=12.9$ ，光信号从端口 2 输出最大值，且从端口 3 输出最小。当偏置磁场方向改变时， H_0 和 M_s 的符号改变，使光信号的环形方向应改变。因此，光信号从端口 3 输出最大值，且从端口 2 输出最小。

当在硅介质柱阵列波导中引入上述缺陷后，入射信号端口位于图 1 所示左方端口 1 的位置，该端口 1 处为 TE 光信号。光信号在以硅介质柱 4 的介质柱阵列形成的波导中传播，TE 光信号到达缺陷介质柱 6 的缺陷位置后，TE 光信号将全部通过，最后 TE 光信号将在输出端口 2 位置输出；TE 光信号在输出端口 3 位置几乎没有输出。同时，在波导中插入损失很小。此时端口 2 为导通状态，端口 3 处于关闭状态。当偏置磁场方向改变时，入射信号端口位于图 1 所示左方端口 1 的位置，该端口 1 处为 TE 光信号。光信号在以硅介质柱 4 的介质柱阵列形成的波导中传播，TE 光信号到达缺陷介质柱 6 的缺陷位置后，TE 光信号将全部通过，最后 TE 光信号将在输出端口 3 位置输出；TE 光信号在输出端口 2 位置几乎没有输出。同时，在波导中插入损失很小。此时端口 3 为导通状态，端口 2 处于关闭状态。

对于晶格常数和工作波长的选取,可以采用以下方式确定。通过公式

$$\lambda = \lambda_{norm} a = \frac{a}{f_{norm}} \quad (7)$$

其中以本发明中正方晶格硅结构的的归一化禁带频率范围

$$f_{norm} = 0.3150 \sim 0.4548 \quad (8)$$

计算出相应的禁带波长范围为:

$$\lambda = 2.1987a \sim 3.1746a \quad (9)$$

由此可见在不考虑色散或材质色散变化很小的情况下,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。工作波长可以在不考虑色散或色散可忽略的情况下通过介质柱间晶格常数来调节。

如图 4 所示,通过控制电压,得到光功率输出波形,其中 $0 \sim t_1$ 时段磁场为 $-H$,从端口 2 输出; $t > t_1$ 时段磁场为 H ,从端口 3 输出。开关上升时间 T_r 和下降时间 T_f 取决于磁场的变化速度。

光开关的参数:

(1) 开关上升时间、下降时间(该结构的开关上升时间、下降时间决定于磁场的变化速度,这样可以获得快速开关过程,一般仅需 $1\mu s$ 的开关时间。)参照图 4。

(2) 开关对比度定义为:

端口 2 导通: $10 \log(\text{导通时的输出功率} / \text{断开时的输出功率}) = 10 \log(P_{\text{开}}/P_{\text{关}})$

端口 3 导通: $10 \log(\text{导通时的输出功率} / \text{断开时的输出功率}) = 10 \log(P_{\text{开}}/P_{\text{关}})$,

参照图 5(a)。

(3) 隔离度定义为: 隔离度 $= 10 \log(\text{输入功率} / \text{隔离端输出功率}) = 10 \log(P_{\text{入}}/P_{\text{隔}})$, 参照图 5(b)。

参照图 5(a)可知, 在归一化光波频率 $\omega a / 2\pi c = 0.4121$ 时, 其开关对比度可达到 48dB。

通过图 5(b)可知, 端口 2、3 隔离度可达到 48dB, 其性能相比其它光开关具有明显优势。

实施例 1

本实施例中, 在不考虑色散或材质色散变化很小的情况下, 通过等比例改变晶格常数的方法, 可以实现不同波长磁控二选一光路选通开关的功能。令参数 $a = 6.1772 \times 10^{-3} [\text{m}]$, $d_2 = 0.3a$, $d_3 = 0.2817a$, $d_5 = 1.2997a$, $\mu = 9.6125$, $P = 0.7792$, 归一化光波频率 $\omega a / 2\pi c = 0.4121$, 其他参数不变, 使其对应到 20GHz 的光波。参照图 5(a), 通过仿真计算得到在禁带光波频率范围内的开关对比度图, 参照图 5(b), 在禁带光波频率范围内的开关隔离度图, 该结构具有高对比度、高隔离度的磁控二选一光路选通开关, 从而实现了光开关功能。

实施例 2

本实施例中, 在不考虑色散或材质色散变化很小的情况下, 通过等比例改变晶格常数的方法, 可以实现不同波长磁控二选一光路选通开关的功能。令参数 $a = 4.1181 \times 10^{-3} [\text{m}]$, $d_2 = 0.3a$, $d_3 = 0.2817a$, $d_5 = 1.2997a$, $\mu = 9.6125$, $P = 0.7792$, 归一化光波频率 $\omega a / 2\pi c = 0.4121$, 其他参数不变, 使其对应到 30GHz 的光波。参照图 6(a), 通过仿真计算得到在禁带光波频率范围内的开关对比度; 参照图 6(b), 在禁带光波频率范围内的开关隔离度, 该结构具有高对比度、高隔离度的磁控二选一光路选通开关, 从而实现了光开关功能。

实施例 3

本实施例中, 在不考虑色散或材质色散变化很小的情况下, 通过等比例改变晶格常数的方法, 可以实现不同波长磁控二选一光路选通开关的功能。令参

数 $a=3.0886\times 10^{-3}$ [m] , $d_2=0.3 a$, $d_3=0.2817a$, $d_5=1.2997a$, $\mu=9.6125$, $P=0.7792$, 归一化光波频率 $\omega a/2\pi c=0.4121$, 其他参数不变, 使其对应到 40GHz 的光波。参照图 7(a), 通过仿真计算得到在禁带频率范围内的开关对比度; 参照图 7(b), 在禁带频率范围内的开关隔离度图。通过图 7(a)、图 7(b)可知, 在归一化光波频率 $\omega a/2\pi c=0.4121$ 时, 由有限元软件 COMSOL 进行计算, 得到的光场模拟图, 如图 8 所示。由此可知, TE 光分别高效地传播至端口 2 和端口 3, 该结构具有高对比度、高隔离度的磁控二选一光路选通开关, 从而实现了光开关功能。

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。

权利要求书

1. 一种基于光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关，其特征在于，包括一个具有 TE 禁带的光子晶体 T 型波导；所述光路开关还包括一个输入端（1）、两个输出端（2、3）、背景硅介质柱（4）、等腰直角三角形缺陷介质柱（5）和缺陷介质柱（6），所述光路开关还包括一个提供偏置磁场的电磁铁（7）；所述光子晶体 T 型波导的左端为输入端（1），所述输出端（2、3）分别位于光子晶体 T 型波导的下端、上端，呈一条横线布局；所述缺陷介质柱（6）位于 T 型波导中心交叉处；所述 4 个等腰直角三角形缺陷介质柱（5）分别位于 T 型波导交叉的四个拐角处；所述光子晶体波导由端口（1）输入 TE 光，输出信号从端口（2）或端口（3）输出，即端口（1）选择与端口（2）和端口（3）相连接。

2. 按照权利要求 1 所述的基于光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关，其特征在于：所述光路开关进一步包括导线（8）、极性可控电流源（9）和电子开关（10）；电磁铁（7）的另一端通过导线（8）与极性可控电流源（9）的另一端相连接；所述极性可控电流源（9）与电子开关（10）连接。

3. 按照权利要求 1 所述的基于光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关，其特征在于：所述光子晶体为二维正方晶格结构。

4. 按照权利要求 1 所述的基于光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关，其特征在于：所述光子晶体由高折射率介质材料和低折射率材料组成；所述高折射率介质材料为硅或折射率大于 2 的介质；所述低折射率介质为空气或折射率小于 1.4 的介质。

5. 按照权利要求 1 所述的基于光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关，其特征在于：所述 T 型波导为光子晶体中移除中间一横排和一竖排介质柱后的结构。

6. 按照权利要求 1 所述的基于光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关，其特征在于：所述 T 型波导交叉拐角处的 4 个背景介质柱分别删除一个角以形成等腰直角三角形缺陷介质柱，该等腰直角三角形缺陷介质柱（5）为三角柱型。

7. 按照权利要求 1 所述的基于光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关，其特征在于：所述背景硅介质柱（4）的形状为正方形。

8. 按照权利要求 7 所述的基于光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关，其特征在于：所述正方形硅介质柱以介质柱轴线 z 轴方向逆时针旋转 41 度。

9. 按照权利要求 1 所述的基于光子晶体 T 型波导的横向输出磁控二选一光路开关，其特征在于：所述缺陷介质柱（6）为铁氧体方柱，其形状为正方形，所述的铁氧体方柱的磁导率为各向异性，且受偏置磁场的控制，偏置磁场方向沿着铁氧体方柱的轴线方向。

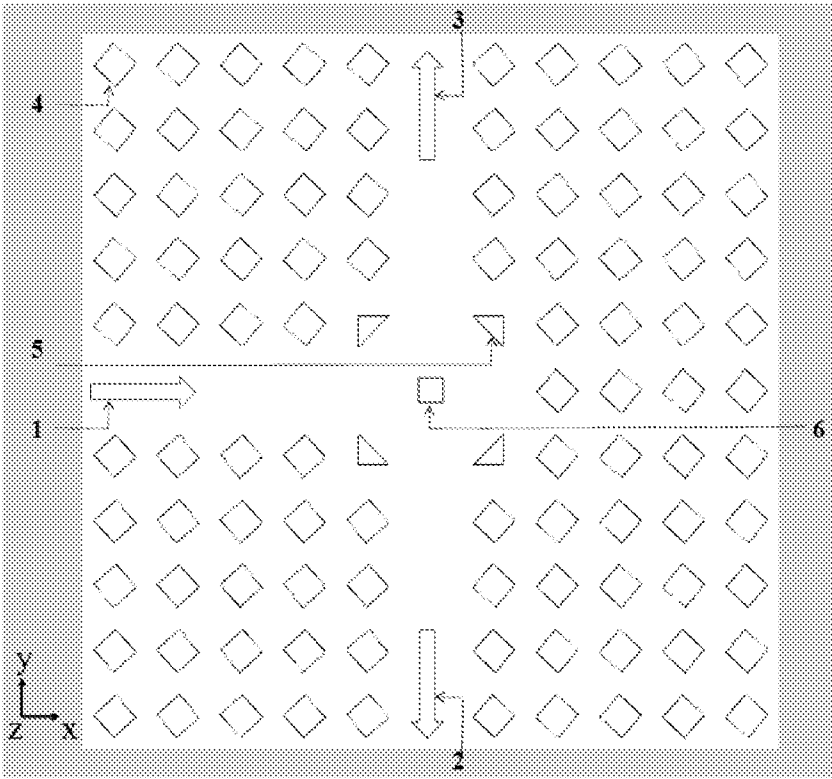


图 1

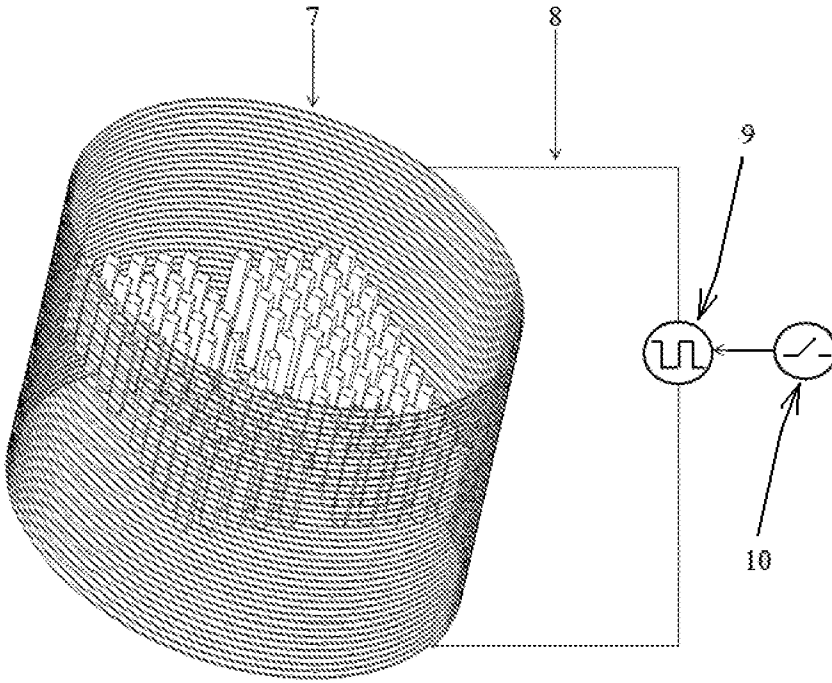


图 2

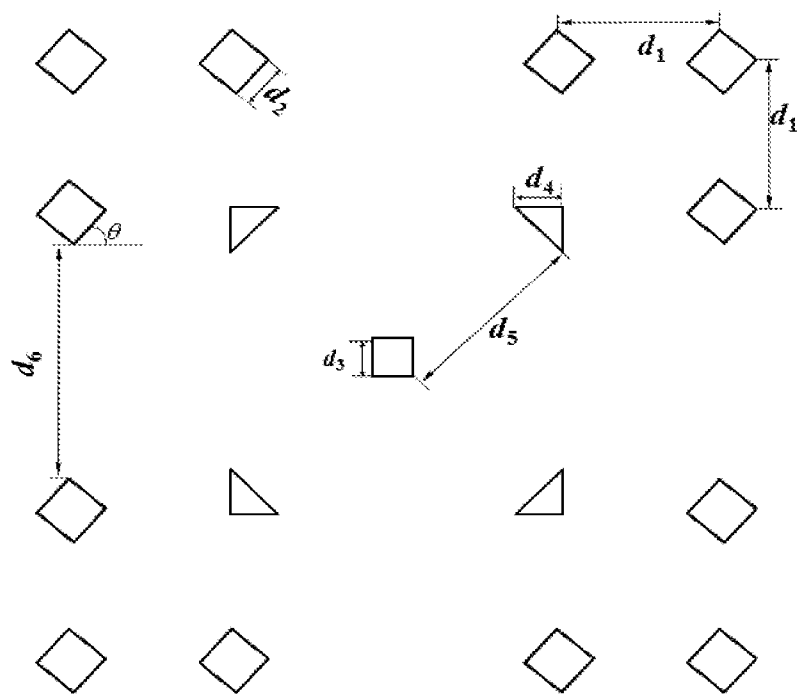


图 3

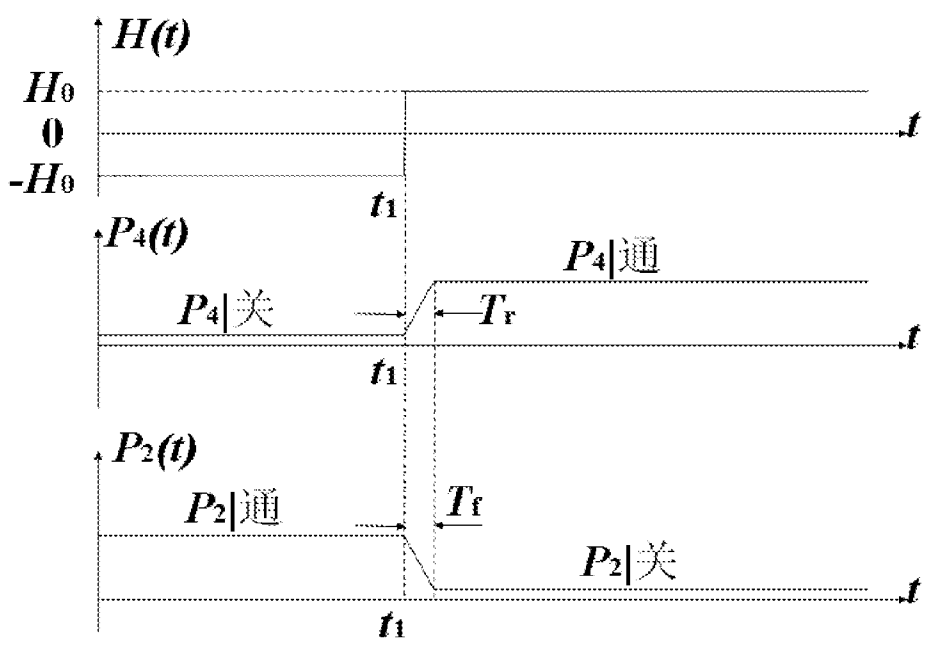


图 4

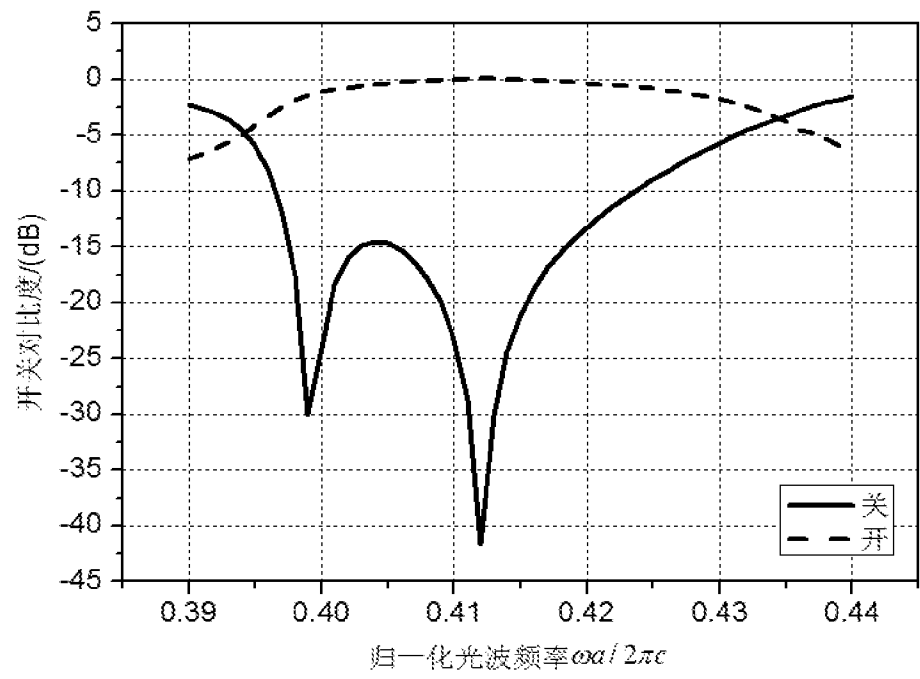


图 5(a)

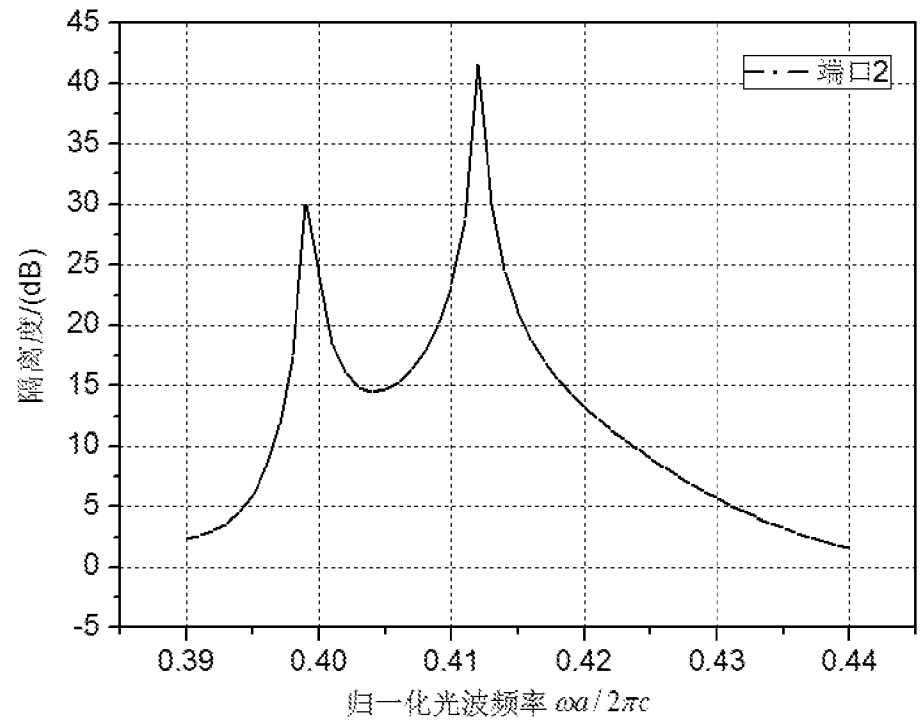


图 5(b)

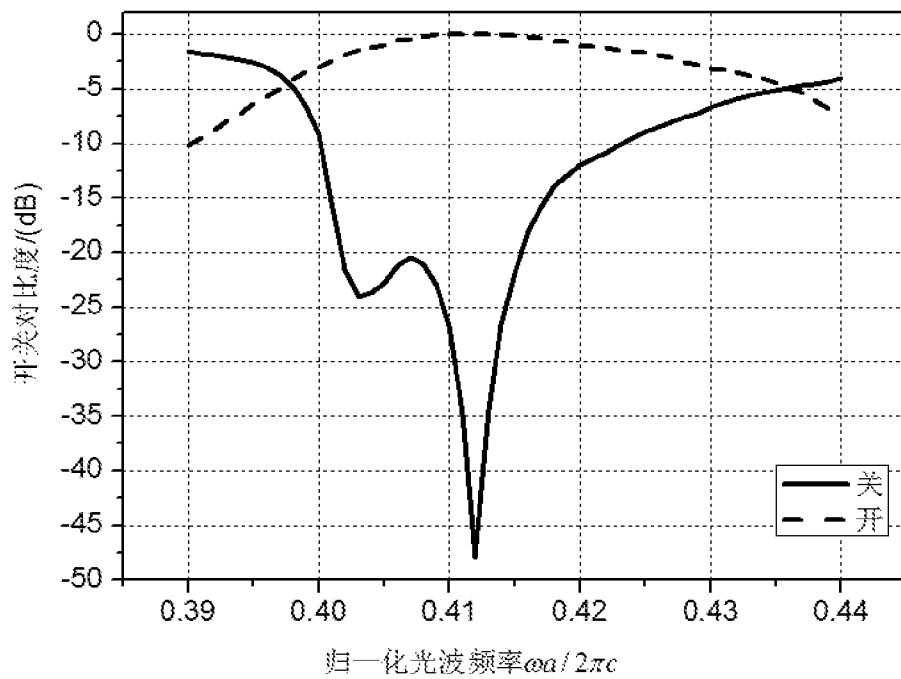


图 6(a)

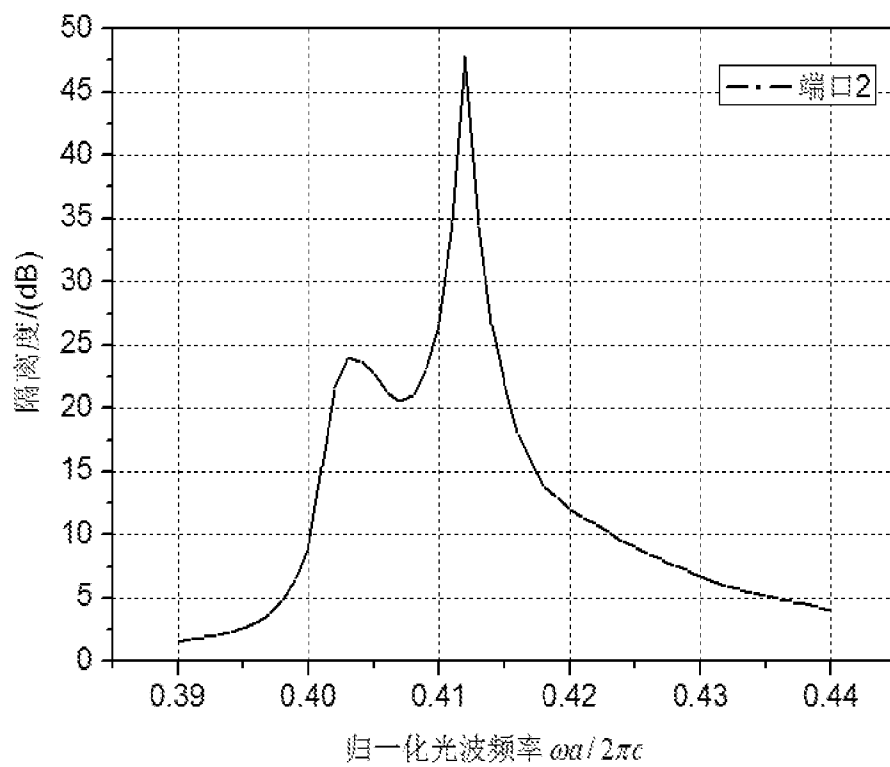


图 6(b)

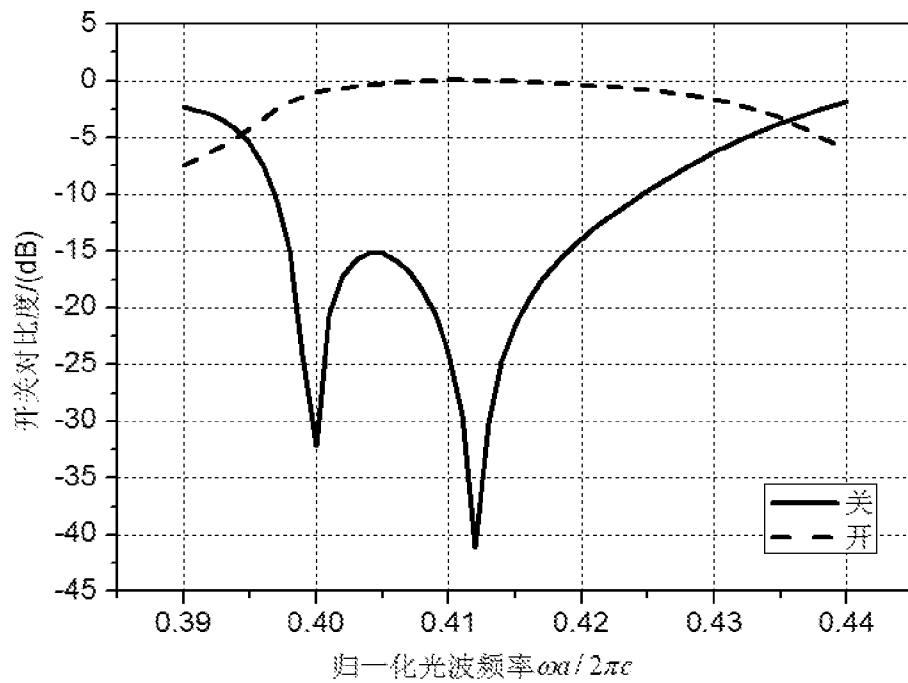


图 7(a)

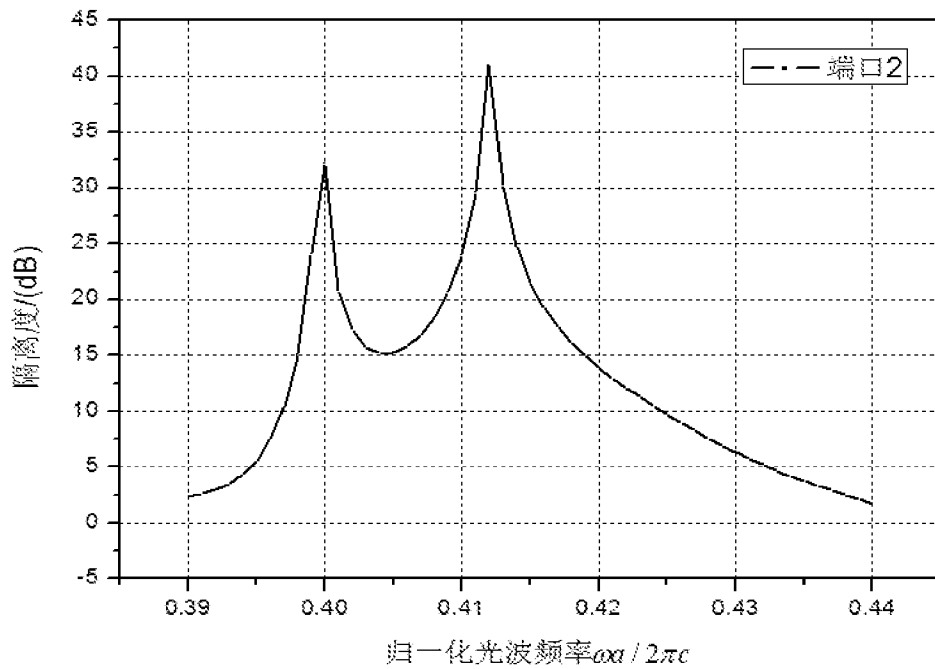


图 7(b)

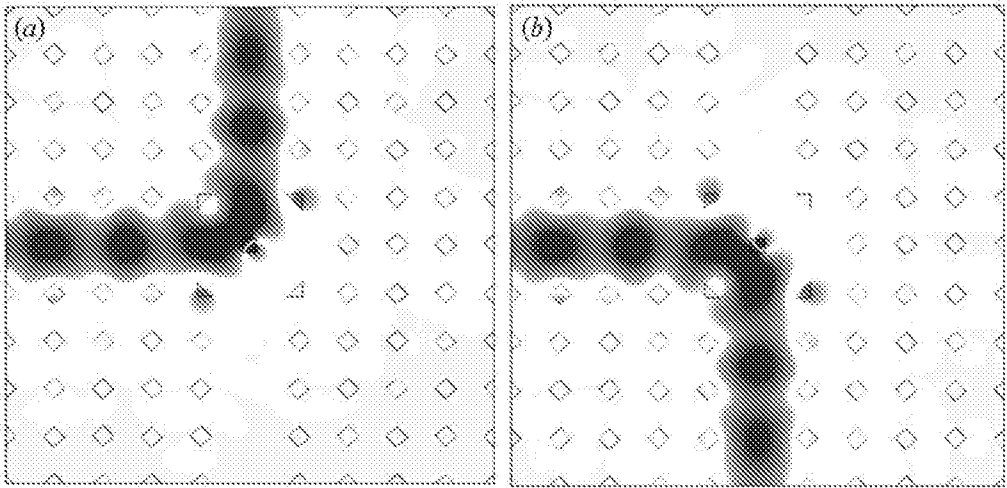


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/106644

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 6/122 (2006.01) i; G02B 6/125 (2006.01) i; G02F 1/095 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02F 1; G02B 6

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNXTX; CNABS; VEN; CNKI: photonic crystal, T, magnetic field, magnetic control, TE, band gap, gate, optical rotation, optic, switch, photon+, crystal, magne+, control+, faraday, rotat+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 104101947 A (OUYANG, Zhengbiao), 15 October 2014 (15.10.2014), description, paragraphs [0042]-[0099], and figures 1-10	1-9
Y	CN 102193216 A (UNIVERSITY OF ELECTRONIC SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA), 21 September 2011 (21.09.2011), description, paragraphs [0022]-[0044], and figure 2	1-9
Y	XIN, Jin et al., "Highly Compact Circulators in Square-Lattice Photonic Crystal Waveguides", PLOS ONE, vol. 9, no. 11, 21 November 2014 (21.11.2014), pages 1-14	1-9
PX	CN 105607305 A (OUYANG, Zhengbiao), 25 May 2016 (25.05.2016), description, paragraphs [0035]-[0075], and figures 1-10	1-9
PX	CN 105572921 A (OUYANG, Zhengbiao), 11 May 2016 (11.05.2016), description, paragraphs [0033]-[0076], and figures 1-8	1-9
PX	CN 105607304 A (OUYANG, Zhengbiao), 25 May 2016 (25.05.2016), claims 1-9	1-9

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 19 February 2017 (19.02.2017)	Date of mailing of the international search report 21 March 2017 (21.03.2017)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer ZHANG, Zhi Telephone No.: (86-10) 62085561

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/106644

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102636839 A (UNIVERSITY OF SHANGHAI FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY), 15 August 2012 (15.08.2012), the whole document	1-9
A	CN 102650714 A (SHENZHEN UNIVERSITY), 29 August 2012 (29.08.2012), the whole document	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2016/106644

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104101947 A	15 October 2014	WO 2016015628 A1	04 February 2016
CN 102193216 A	21 September 2011	None	
CN 105607305 A	25 May 2016	None	
CN 105572921 A	11 May 2016	None	
CN 105607304 A	25 May 2016	None	
CN 102636839 A	15 August 2012	None	
CN 102650714 A	29 August 2012	WO 2013104306 A1	18 July 2013
		US 2014355927 A1	04 December 2014
		CN 102650714 B	08 April 2015
		US 9207400 B2	08 December 2015

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/106644

A. 主题的分类

G02B 6/122(2006.01)i; G02B 6/125(2006.01)i; G02F 1/095(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G02F1; G02B6

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNTXT; CNABS; VEN; CNKI: 光, 开关, 光子晶体, T, 磁场, 磁控, TE, 禁带, 选通, 法拉第, 旋光, optic, switch, photon+, crystal, magne+, control+, faraday, rotat+

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN 104101947 A (欧阳征标) 2014年 10月 15日 (2014 - 10 - 15) 说明书第[0042]-[0099]段, 附图1-10	1-9
Y	CN 102193216 A (电子科技大学) 2011年 9月 21日 (2011 - 09 - 21) 说明书第[0022]-[0044]段, 附图2	1-9
Y	Xin Jin等. "Highly compact circulators in square-lattice photoic crystal waveguides." PLOS ONE, 第9卷, 第11期, 2014年 11月 21日 (2014 - 11 - 21), 第1-14页	1-9
PX	CN 105607305 A (欧阳征标) 2016年 5月 25日 (2016 - 05 - 25) 说明书第[0035]-[0075]段, 附图1-10	1-9
PX	CN 105572921 A (欧阳征标) 2016年 5月 11日 (2016 - 05 - 11) 说明书第[0033]-[0076]段, 附图1-8	1-9
PX	CN 105607304 A (欧阳征标) 2016年 5月 25日 (2016 - 05 - 25) 权利要求1-9	1-9

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2017年 2月 19日

国际检索报告邮寄日期

2017年 3月 21日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

受权官员

张陟

传真号 (86-10)62019451

电话号码 (86-10)62085561

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 102636839 A (上海理工大学) 2012年 8月 15日 (2012 - 08 - 15) 全文	1-9
A	CN 102650714 A (深圳大学) 2012年 8月 29日 (2012 - 08 - 29) 全文	1-9

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2016/106644

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	104101947	A	2014年 10月 15日	WO	2016015628	A1	2016年 2月 4日
CN	102193216	A	2011年 9月 21日	无			
CN	105607305	A	2016年 5月 25日	无			
CN	105572921	A	2016年 5月 11日	无			
CN	105607304	A	2016年 5月 25日	无			
CN	102636839	A	2012年 8月 15日	无			
CN	102650714	A	2012年 8月 29日	WO	2013104306	A1	2013年 7月 18日
				US	2014355927	A1	2014年 12月 4日
				CN	102650714	B	2015年 4月 8日
				US	9207400	B2	2015年 12月 8日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)