

(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
2016 年 12 月 1 日 (01.12.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/188395 A1

- (51) 国际专利分类号:
G02B 6/122 (2006.01) *B82Y 20/00* (2011.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/083060
- (22) 国际申请日: 2016 年 5 月 23 日 (23.05.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510280521.1 2015 年 5 月 27 日 (27.05.2015) 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 518000 (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 518000 (CN)。 陈治良 (CHEN, Zhiliang); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518000 (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, 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, 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)。

(54) Title: CROSS-SHAPED CONNECTING ROD AND ROTATING HOLLOW SQUARE COLUMN-BASED TWO-DIMENSIONAL SQUARE LATTICE PHOTONIC CRYSTAL

(54) 发明名称: 基于十字连杆与旋转空心正方柱的二维正方晶格光子晶体

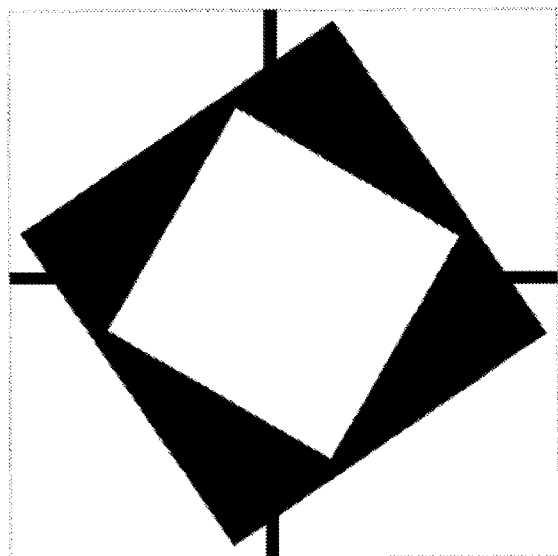


图 1

(57) Abstract: A cross-shaped connecting rod and rotating hollow square column-based two-dimensional square lattice photonic crystal. The cells of the square lattice photonic crystal consist of a high refractive index rotating hollow square column, a cross-shaped planar medium rod, and a background medium. The outer contour line of the hollow square column is a first rotating square column, which has a rotating angle of 45° to 65° and a side length of $0.6a$ to $0.75a$. The cross section of the hollow part of the hollow square column is a second rotating square column, which has a rotating angle of 25° to 50° and a side length of $0.33a$ to $0.5a$. The first rotating square column is connected with the cross-shaped planar medium rod. The rod in the horizontal direction and the rod in the vertical direction of the cross-shaped medium rod have different widths, where the width of the planar medium rod in the horizontal direction is $0.01a$ to $0.03a$, and the width of the planar medium rod in the vertical direction is $0.01a$ to $0.03a$. The cross-shaped connecting rod and rotating square column-based two-dimensional square lattice photonic crystal is provided with a large absolute band gap.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2016/188395 A1

**本国际公布:**

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种基于十字连杆与旋转空心正方柱的二维正方晶格光子晶体，正方晶格光子晶体的元胞由高折射率旋转空心正方柱、十字平板介质杆和背景介质组成。空心正方柱的外部轮廓线为第一旋转正方柱，其旋转角度为 $45^\circ \sim 65^\circ$ ，边长为 $0.6a \sim 0.75a$ 。空心正方柱的空心部位的截面为第二旋转正方柱，其旋转角度为 $25^\circ \sim 50^\circ$ ，边长为 $0.33a \sim 0.5a$ 。第一旋转正方柱与十字平板介质杆相连接。十字平板介质杆沿水平方向和竖直方向的杆具有不同的宽度，水平方向平板介质杆的宽度为 $0.01a \sim 0.03a$ ，竖直方向平板介质杆的宽度为 $0.01a \sim 0.03a$ 。基于十字连杆与旋转空心正方柱的二维正方晶格光子晶体具有大绝对禁带。

说明书

基于十字连杆与旋转空心正方柱的二维正方晶格光子晶体

技术领域

本发明涉及宽绝对禁带二维光子晶体，更具体地说，本发明涉及基于十字连杆与旋转空心正方柱的二维正方晶格光子晶体。

背景技术

1987 年，美国贝尔实验室的 E. Yablonovitch 在研究如何抑制自发辐射和 Princeton 大学的 S. John 在研究光子局域时各自独立提出了光子晶体（Photonic Crystal）的概念。光子晶体是一种介电材料在空间中呈周期性排列的物质结构，通常由两种或者两种以上具有不同介电常数的材料构成的人工晶体。

现代光学的主要挑战之一是对光的人工控制，随着光通信和计算机技术的日益发展，对于光信号的控制和操作越发的的重要。由于光子晶体具有可以使某一特定频率和特定方向的光通过或者禁止这一性质，因而对光子晶体的研究备受人们的关注。

因为绝对禁带中的电磁场模式是完全不存在的，所以当电子能带与光子晶体绝对禁带重叠时，自发辐射就被抑制了。拥有绝对禁带的光子晶体可以通过控制自发辐射来改变场与物质的相互作用以及提高光学器件的性能。这些光子晶体可以应用在半导体激光器，太阳能电池，高品质谐振腔以及滤波器上。

光子晶体元胞中介电材料的分布对于禁带有着强烈的影响，并且禁带的选择对于光子晶体的应用有着很大的影响，特别是大的绝对禁

说明书

带对于宽带信号的控制是非常有效的。

对于频率处在绝对禁带中的光，无论偏振态和波矢如何，都不可能通过。拥有大光子禁带可以用来制作：光波导，液晶光子晶体光纤、负折射率成像、缺陷模式的光子晶体激光器以及缺陷腔。大的光子晶体绝对禁带可以在缺陷模式的光子晶体激光器中抑制自发辐射，尤其是在自发辐射光谱范围很宽的情况下。如果我们想得到拥有窄谐振峰的光子晶体谐振腔时，较大的光子晶体绝对禁带是必需的。在各种光学器件中，偏振无关的光子晶体绝对禁带是非常重要的。正是因为光子晶体的许多器件都要利用光子禁带，所以世界各国的科学家都力求设计出具有更大的绝对禁带的光子晶体结构。

发明内容

本发明的目的是克服现有技术的不足之处，提供一种易于光路集成，且具有大的绝对禁带相对值的二维正方晶格光子晶体结构。

本发明的目的通过下述技术方案予以实现。

本发明的基于十字连杆与旋转空心正方柱的二维正方晶格光子晶体包括高折射率介质柱和低折射率背景介质柱；所述光子晶体结构由元胞按正方晶格排列而成；所述正方晶格光子晶体的晶格常数为 a ；所述正方晶格光子晶体的元胞由高折射率旋转空心正方柱、十字平板介质杆和背景介质组成；所述空心正方柱的外部轮廓线为第一旋转正方柱，其旋转角度 α 为 $45^\circ \sim 65^\circ$ ，边长 b 为 $0.6a \sim 0.75a$ ；所述空心正方柱的空心部位的截面为第二旋转正方柱，其旋转角度 β 为 $25^\circ \sim 50^\circ$ ，边长 c 为 $0.33a \sim 0.5a$ ；所述第一旋转正方柱与十字平板介质杆

说明书

相连接；所述十字平板介质杆位于正方晶格正方形边缘的中间部位；所述十字平板介质杆沿水平方向和竖直方向的杆具有不同的宽度；所述水平方向平板介质杆的宽度 d 为 $0.01a \sim 0.03a$ ；所述竖直方向平板介质杆的宽度 e 为 $0.01a \sim 0.03a$ 。

所述高折射率介质为硅、砷化镓、二氧化钛或者折射率大于 2 的高折射率介质。

所述高折射率介质材料为硅，其折射率为 3.4。

所述背景介质为低折射率介质。

所述低折射率背景介质为空气、真空、氟化镁、二氧化硅或者折射率低于 1.6 的介质。

所述高折射率介质材料为硅，所述低折射率介质材料为空气；所述第一旋转正方柱的旋转角度为 $45^\circ < \alpha < 65^\circ$ ，其边长为 $0.6a < b < 0.75a$ ；所述第二旋转正方柱的旋转角度为 $25^\circ < \beta < 50^\circ$ ，其边长为 $0.33a < c < 0.5a$ ；所述水平方向平板介质杆的宽度为 $0.01a < d < 0.03a$ ；所述竖直方向平板介质杆的宽度为 $0.01a < e < 0.03a$ ；所述光子晶体结构的绝对禁带相对值大于 10%。

所述高折射率介质材料为硅，所述低折射率介质材料为空气；所述第一旋转正方柱的旋转角度 α 为 60.04° ，其边长 b 为 $0.6927a$ ；所述第二旋转正方柱的旋转角度 β 为 27.348° ，其边长 c 为 $0.45344a$ ；所述水平方向平板介质杆的宽度 d 为 $0.0216a$ ；所述竖直方向平板介质杆的宽度 e 为 $0.0256a$ ；所述光子晶体结构的绝对禁带相对值为 19.51%。

说明书

本发明的基于十字连杆与旋转空心正方柱的二维正方晶格光子晶体，可广泛应用于大规模集成光路的设计中。它与现有技术相比，有如下优点：

(1) 本发明光子晶体结构具有非常大的绝对禁带，可以为光子晶体器件的设计和制造带来更大的方便和灵活性。

(2) 光子晶体集成光路中，光路中不同光学器件之间以及不同光路之间易于连接和耦合，采用正方晶格结构可以使光路简洁，且易于提高光路的集成度。

(3) 设计简洁，易于制作，降低了制作成本。

附图说明

图 1 为本发明的基于十字连杆与旋转空心正方柱的二维正方晶格光子晶体的元胞结构示意图。

图 2 为图 1 所示采用辅助线的参数结构截面图。

图 3 为实施例 1 采用元胞参数值所对应的光子带结构图。

图 4 为实施例 2 采用元胞参数值所对应的光子带结构图。

图 5 为实施例 3 采用元胞参数值所对应的光子带结构图。

图 6 为实施例 4 采用元胞参数值所对应的光子带结构图。

图 7 为实施例 5 采用元胞参数值所对应的光子带结构图。

图 8 为实施例 6 采用元胞参数值所对应的光子带结构图。

图 9 为实施例 7 采用元胞参数值所对应的光子带结构图。

图 10 为实施例 8 采用元胞参数值所对应的光子带结构图。

图 11 为实施例 9 采用元胞参数值所对应的光子带结构图。

说明书

图 12 为实施例 10 采用元胞参数值所对应的光子带结构图。

图 13 为实施例 11 采用元胞参数值所对应的光子带结构图。

图 14 为实施例 12 采用元胞参数值所对应的光子带结构图。

图 15 为实施例 13 采用元胞参数值所对应的光子带结构图。

图 16 为实施例 14 采用元胞参数值所对应的光子带结构图。

图 17 为实施例 15 采用元胞参数值所对应的光子带结构图。

图 18 为实施例 16 采用元胞参数值所对应的光子带结构图。

图 19 为实施例 17 采用元胞参数值所对应的光子带结构图。

图 20 为实施例 18 采用元胞参数值所对应的光子带结构图。

具体实施方式

下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细阐述：

如图 1 所示，本发明的基于十字连杆与旋转空心正方柱的二维正方晶格光子晶体包括高折射率介质柱、十字平板介质杆和低折射率背景介质柱；光子晶体结构由元胞按正方晶格排列而成；正方晶格光子晶体的元胞由高折射率旋转空心正方柱、十字平板介质杆和背景介质组成，背景介质为低折射率介质，正方晶格光子晶体的晶格常数为 a ；如图 2 所示，本发明空心正方柱的外部轮廓线为第一旋转正方柱，该第一旋转正方柱的旋转角度 α 为 $45^\circ \sim 65^\circ$ ，其边长 b 为 $0.6a \sim 0.75a$ ；本发明空心正方柱的空心部位的截面为第二旋转正方柱，该第二旋转正方柱的旋转角度 β 为 $25^\circ \sim 50^\circ$ ，其边长 c 为 $0.33a \sim 0.5a$ ；第一旋转正方柱与十字平板介质杆相连接；十字平板介质杆位于正方晶格正方形边缘的中间部位；十字平板介质杆沿水平方向和竖直方向的杆具有

说明书

不同的宽度；水平方向平板介质杆的宽度 d 为 $0.01a \sim 0.03a$ ；竖直方向平板介质杆的宽度 e 为 $0.01a \sim 0.03a$ 。高折射率介质为硅、砷化镓、二氧化钛或者折射率大于 2 的高折射率介质；低折射率背景介质为空气、真空、氟化镁、二氧化硅或者折射率低于 1.6 的介质。

实施例 1

高折射率材料采用硅，低折射率材料为空气， $\alpha=45^\circ$ ， $\beta=27.348^\circ$ ， $b=0.6927a$ ， $c=0.45344a$ ， $d=0.0216a$ ， $e=0.0256a$ 。本实施例的数值模拟结果如图 3 所示可知，具有大绝对禁带相对值为 6.19%。

实施例 2

高折射率材料采用硅，低折射率材料为空气， $\alpha=55^\circ$ ， $\beta=27.348^\circ$ ， $b=0.6927a$ ， $c=0.45344a$ ， $d=0.0216a$ ， $e=0.0256a$ 。本实施例的数值模拟结果如图 4 所示可知，具有大绝对禁带相对值为 16.04%。

实施例 3

高折射率材料采用硅，低折射率材料为空气， $\alpha=65^\circ$ ， $\beta=27.348^\circ$ ， $b=0.6927a$ ， $c=0.45344a$ ， $d=0.0216a$ ， $e=0.0256a$ 。本实施例的数值模拟结果如图 5 所示可知，具有大绝对禁带相对值为 17.18%。

实施例 4

高折射率材料采用硅，低折射率材料为空气， $\alpha=60.04^\circ$ ， $\beta=27.348^\circ$ ， $b=0.6a$ ， $c=0.45344a$ ， $d=0.0216a$ ， $e=0.0256a$ 。本实施例的数值模拟结果如图 6 所示可知，具有大绝对禁带相对值为 12.4%。

实施例 5

高折射率材料采用硅，低折射率材料为空气， $\alpha=60.04^\circ$ ，

说明书

$\beta=27.348^\circ$, $b=0.7a$, $c=0.45344a$, $d=0.0216a$, $e=0.0256a$ 。本实施例的数值模拟结果如图 7 所示可知, 具有大绝对禁带相对值为 19.21%。

实施例 6

高折射率材料采用硅, 低折射率材料为空气, $\alpha=60.04^\circ$, $\beta=27.348^\circ$, $b=0.75a$, $c=0.45344a$, $d=0.0216a$, $e=0.0256a$ 。本实施例的数值模拟结果如图 8 所示可知, 具有大绝对禁带相对值为 15.75%。

实施例 7

高折射率材料采用硅, 低折射率材料为空气, $\alpha=60.04^\circ$, $\beta=25^\circ$, $b=0.6927a$, $c=0.45344a$, $d=0.0216a$, $e=0.0256a$ 。本实施例的数值模拟结果如图 9 所示可知, 具有大绝对禁带相对值为 18.5%。

实施例 8

高折射率材料采用硅, 低折射率材料为空气, $\alpha=60.04^\circ$, $\beta=37^\circ$, $b=0.6927a$, $c=0.45344a$, $d=0.0216a$, $e=0.0256a$ 。本实施例的数值模拟结果如图 10 所示可知, 具有大绝对禁带相对值为 16.63%。

实施例 9

高折射率材料采用硅, 低折射率材料为空气, $\alpha=60.04^\circ$, $\beta=50^\circ$, $b=0.6927a$, $c=0.45344a$, $d=0.0216a$, $e=0.0256a$ 。本实施例的数值模拟结果如图 11 所示可知, 具有大绝对禁带相对值为 11.19%。

实施例 10

高折射率材料采用硅, 低折射率材料为空气, $\alpha=60.04^\circ$, $\beta=27.348^\circ$, $b=0.6927a$, $c=0.33a$, $d=0.0216a$, $e=0.0256a$ 。本实施例的数值模拟结果如图 12 所示可知, 具有大绝对禁带相对值为 11.64%。

说明书

实施例 11

高折射率材料采用硅，低折射率材料为空气， $\alpha=60.04^\circ$ ， $\beta=27.348^\circ$ ， $b=0.6927a$ ， $c=0.45344a$ ， $d=0.0216a$ ， $e=0.0256a$ 。本实施例的数值模拟结果如图 13 所示可知，具有大绝对禁带相对值为 19.51%。

实施例 12

高折射率材料采用硅，低折射率材料为空气， $\alpha=60.04^\circ$ ， $\beta=27.348^\circ$ ， $b=0.6927a$ ， $c=0.5a$ ， $d=0.0216a$ ， $e=0.0256a$ 。本实施例的数值模拟结果如图 14 所示可知，具有大绝对禁带相对值为 3.3%。

实施例 13

高折射率材料采用硅，低折射率材料为空气， $\alpha=60.04^\circ$ ， $\beta=27.348^\circ$ ， $b=0.6927a$ ， $c=0.45344a$ ， $d=0.01a$ ， $e=0.0256a$ 。本实施例的数值模拟结果如图 15 所示可知，具有大绝对禁带相对值为 19.3%。

实施例 14

高折射率材料采用硅，低折射率材料为空气， $\alpha=60.04^\circ$ ， $\beta=27.348^\circ$ ， $b=0.6927a$ ， $c=0.45344a$ ， $d=0.015a$ ， $e=0.0256a$ 。本实施例的数值模拟结果如图 16 所示可知，具有大绝对禁带相对值为 19.31%。

实施例 15

高折射率材料采用硅，低折射率材料为空气， $\alpha=60.04^\circ$ ， $\beta=27.348^\circ$ ， $b=0.6927a$ ， $c=0.45344a$ ， $d=0.03a$ ， $e=0.0256a$ 。本实施例的数值模拟结果如图 17 所示可知，具有大绝对禁带相对值为 19.25%。

实施例 16

说明书

高折射率材料采用硅，低折射率材料为空气， $\alpha=60.04^\circ$ ， $\beta=27.348^\circ$ ， $b=0.6927a$ ， $c=0.45344a$ ， $d=0.0216a$ ， $e=0.01a$ 。本实施例的数值模拟结果如图 18 所示可知，具有大绝对禁带相对值为 19.24%。

实施例 17

高折射率材料采用硅，低折射率材料为空气， $\alpha=60.04^\circ$ ， $\beta=27.348^\circ$ ， $b=0.6927a$ ， $c=0.45344a$ ， $d=0.0216a$ ， $e=0.015a$ 。本实施例的数值模拟结果如图 19 所示可知，具有大绝对禁带相对值为 19.346%。

实施例 18

高折射率材料采用硅，低折射率材料为空气， $\alpha=60.04^\circ$ ， $\beta=27.348^\circ$ ， $b=0.6927a$ ， $c=0.45344a$ ， $d=0.0216a$ ， $e=0.03a$ 。本实施例的数值模拟结果如图 20 所示可知，具有大绝对禁带相对值为 19.317%。

以上之详细描述仅为清楚理解本发明，而不应将其看作是对本发明不必要的限制，因此对本发明的任何改动对本领域中的技术熟练的人是显而易见的。

权利要求书

1. 一种基于十字连杆与旋转空心正方柱的二维正方晶格光子晶体，其特征在于，它包括高折射率介质柱、十字平板介质杆和低折射率背景介质柱；所述光子晶体结构由元胞按正方晶格排列而成；所述正方晶格光子晶体的晶格常数为 a ；所述正方晶格光子晶体的元胞由高折射率旋转空心正方柱、十字平板介质杆和背景介质组成；所述空心正方柱的外部轮廓线为第一旋转正方柱，其旋转角度 α 为 $45^\circ \sim 65^\circ$ ，边长 b 为 $0.6a \sim 0.75a$ ；所述空心正方柱的空心部位的截面为第二旋转正方柱，其旋转角度 β 为 $25^\circ \sim 50^\circ$ ，边长 c 为 $0.33a \sim 0.5a$ ；所述第一旋转正方柱与十字平板介质杆相连接；所述十字平板介质杆位于正方晶格正方形边缘的中间部位；所述十字平板介质杆沿水平方向和竖直方向的杆具有不同的宽度；所述水平方向平板介质杆的宽度 d 为 $0.01a \sim 0.03a$ ；所述竖直方向平板介质杆的宽度 e 为 $0.01a \sim 0.03a$ 。

2. 按照权利要求 1 所述的基于十字连杆与旋转空心正方柱的二维正方晶格光子晶体，其特征在于，所述高折射率介质为硅、砷化镓、二氧化钛或者折射率大于 2 的高折射率介质。

3. 按照权利要求 2 所述的基于十字连杆与旋转空心正方柱的二维正方晶格光子晶体，其特征在于，所述高折射率介质材料为硅，其折射率为 3.4。

4. 按照权利要求 1 所述的基于十字连杆与旋转空心正方柱的二维正方晶格光子晶体，其特征在于，所述背景介质为低折射率介质。

5. 按照权利要求 1 所述的基于十字连杆与旋转空心正方柱的二

权利要求书

维正方晶格光子晶体，其特征在于，所述低折射率背景介质为空气、真空、氟化镁、二氧化硅或者折射率低于 1.6 的介质。

6. 按照权利要求 1 或 2 或 5 所述的基于十字连杆与旋转空心正方柱的二维正方晶格光子晶体，其特征在于，所述高折射率介质材料为硅，所述低折射率介质材料为空气；所述第一旋转正方柱的旋转角度为 $45^\circ < \alpha < 65^\circ$ ，其边长为 $0.6a < b < 0.75a$ ；所述第二旋转正方柱的旋转角度为 $25^\circ < \beta < 50^\circ$ ，其边长为 $0.33a < c < 0.5a$ ；所述水平方向平板介质杆的宽度为 $0.01a < d < 0.03a$ ；所述竖直方向平板介质杆的宽度为 $0.01a < e < 0.03a$ ；所述光子晶体结构的绝对禁带相对值大于 10%。

7. 按照权利要求 1 或 2 或 5 所述的基于十字连杆与旋转空心正方柱的二维正方晶格光子晶体，其特征在于：所述高折射率介质材料为硅，所述低折射率介质材料为空气；所述第一旋转正方柱的旋转角度 α 为 60.04° ，其边长 b 为 $0.6927a$ ；所述第二旋转正方柱的旋转角度 β 为 27.348° ，其边长 c 为 $0.45344a$ ；所述水平方向平板介质杆的宽度 d 为 $0.0216a$ ；所述竖直方向平板介质杆的宽度 e 为 $0.0256a$ ；所述光子晶体结构的绝对禁带相对值为 19.51%。

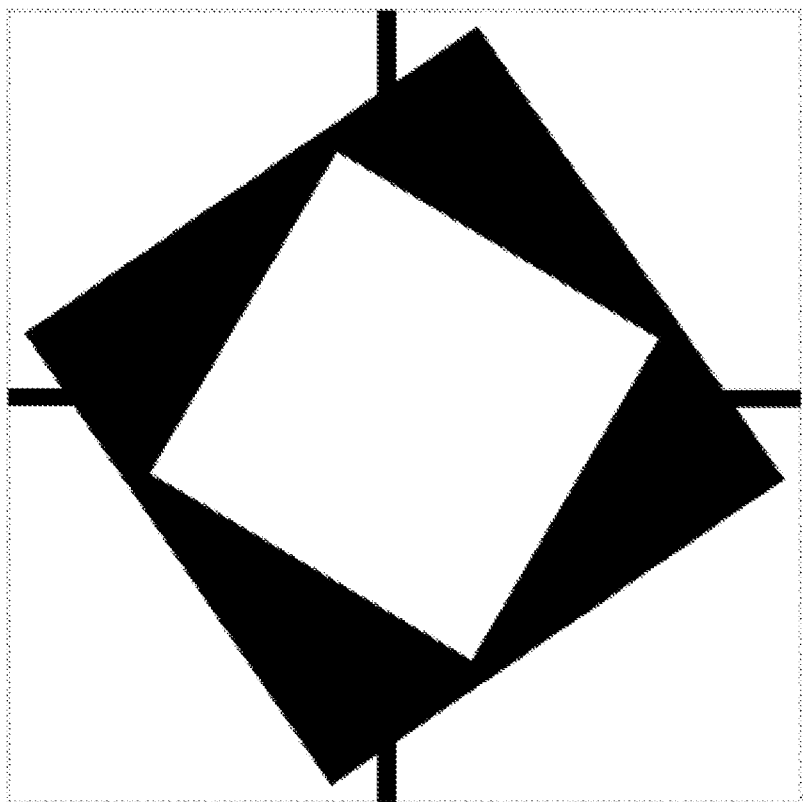


图 1

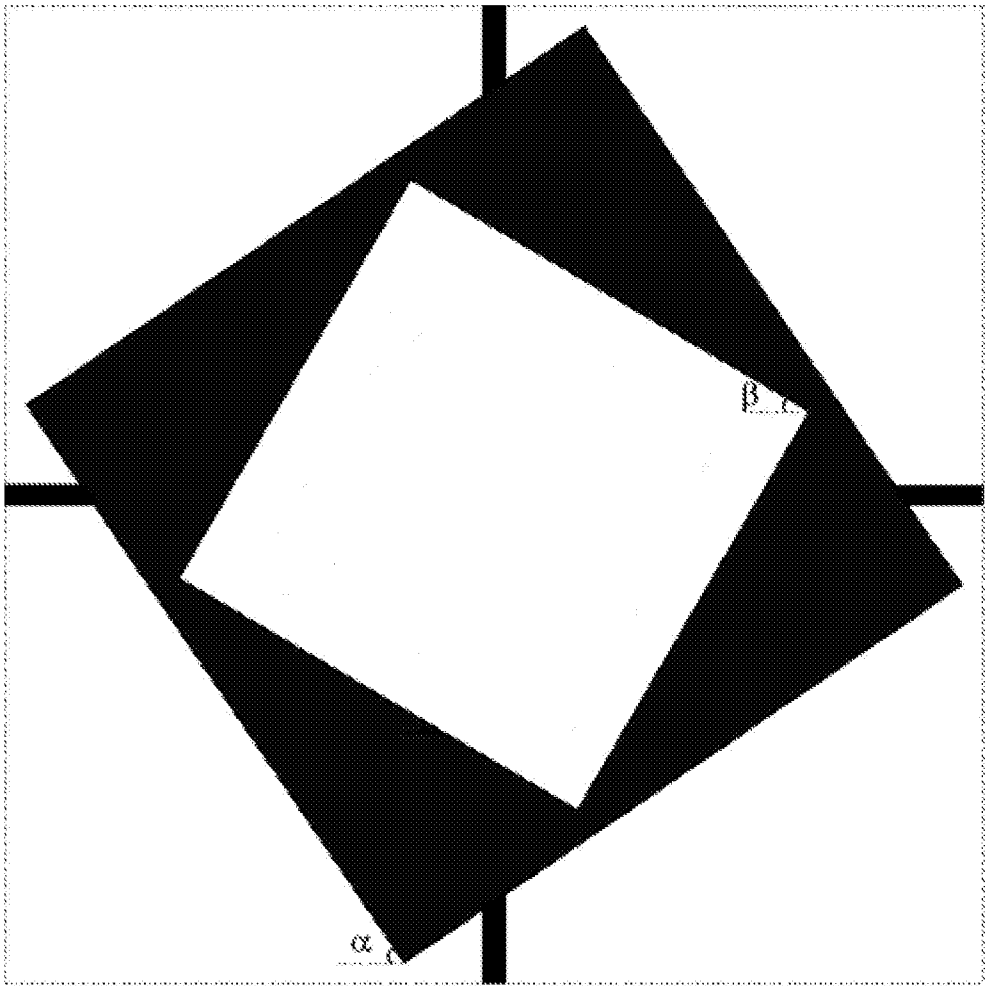


图 2

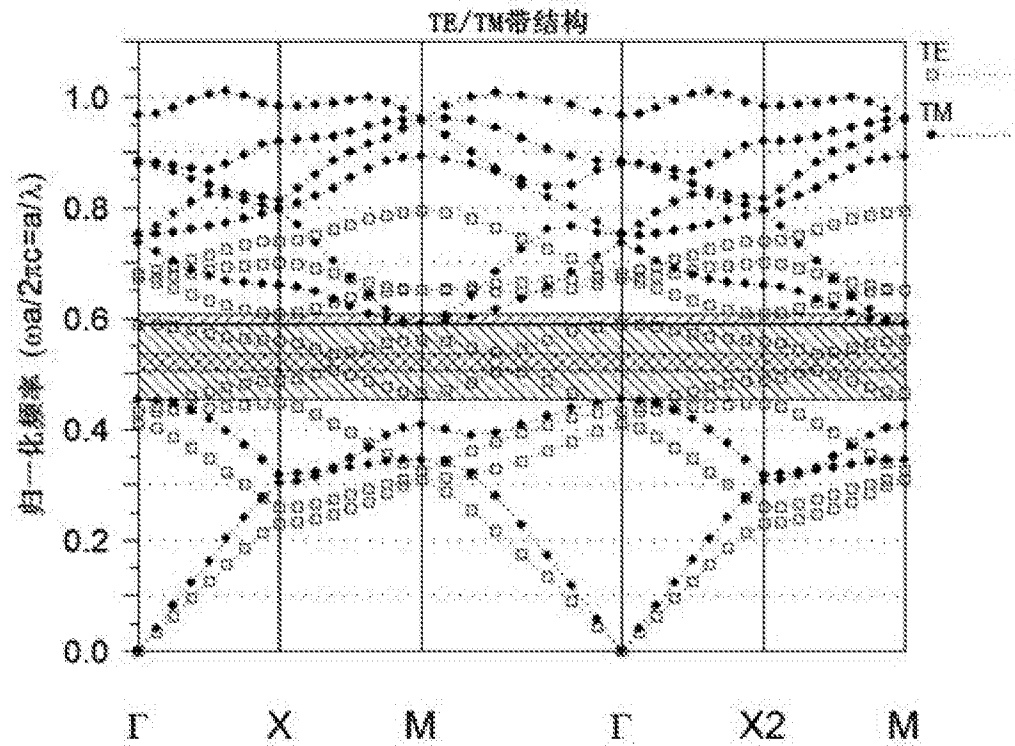


图 3

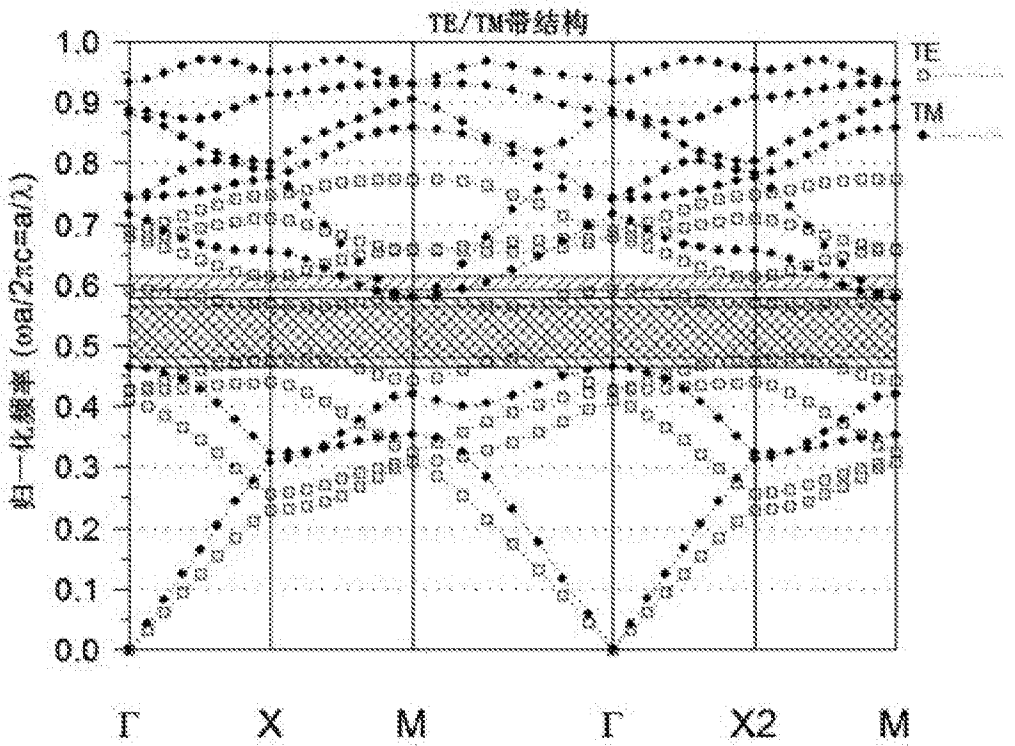


图 4

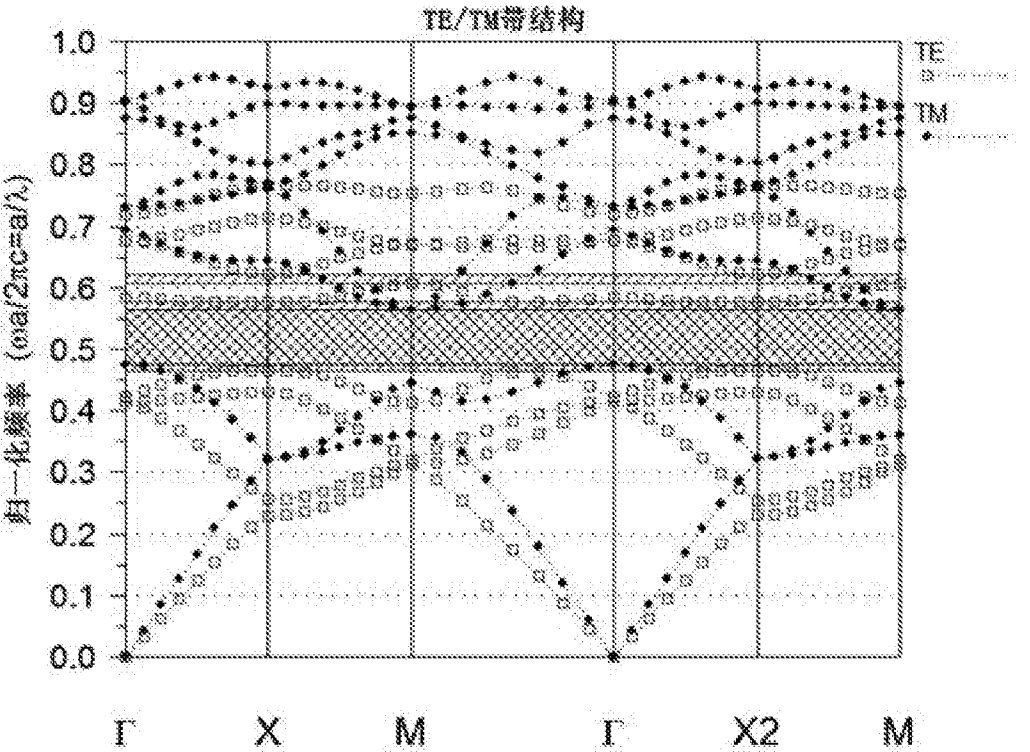


图 5

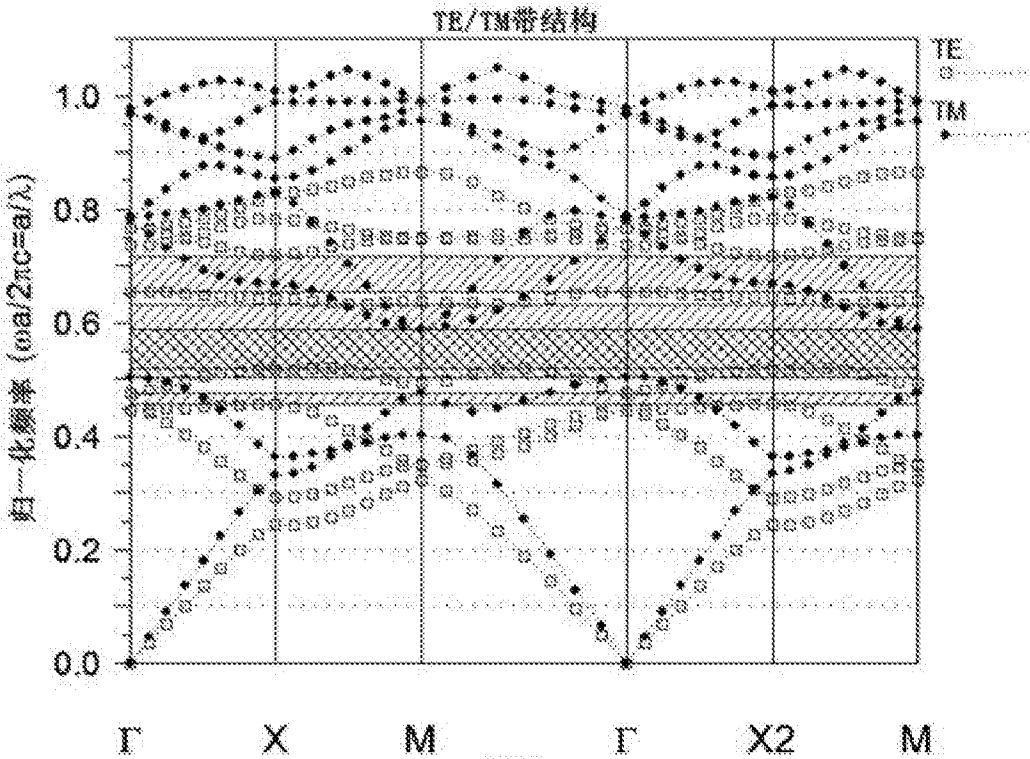


图 6

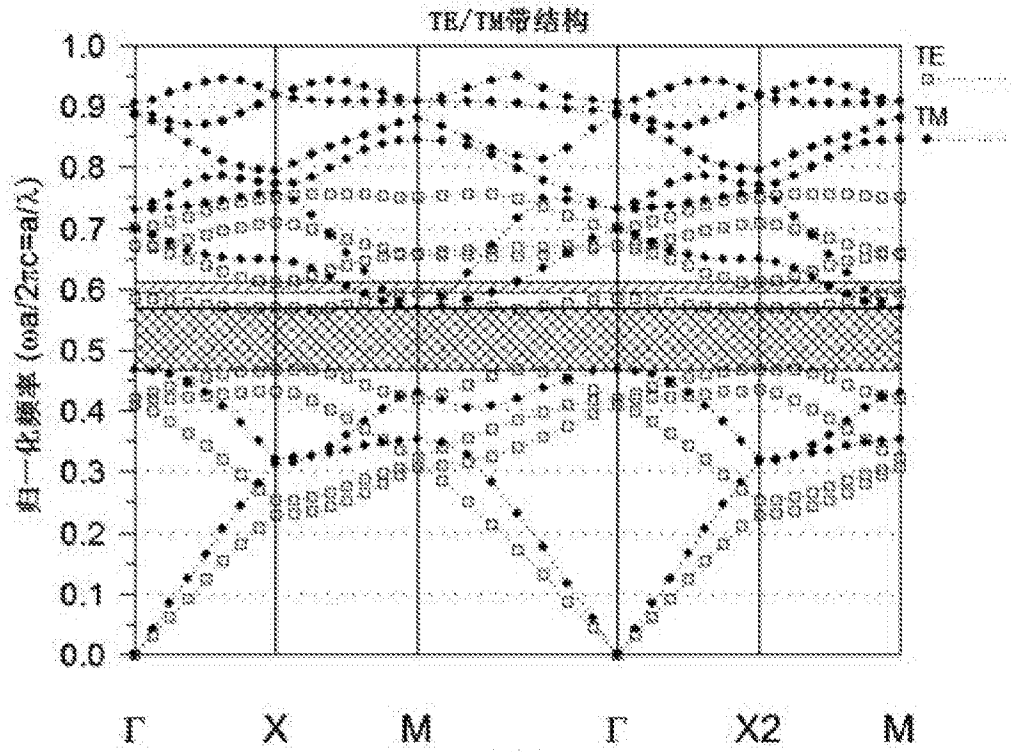


图 7

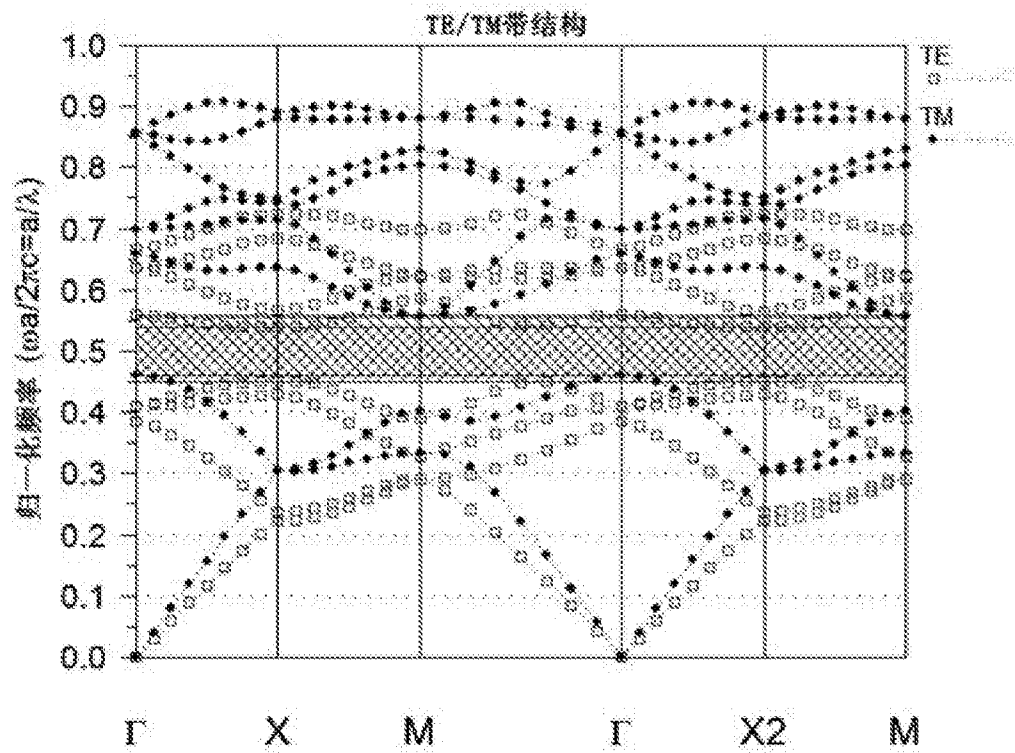


图 8

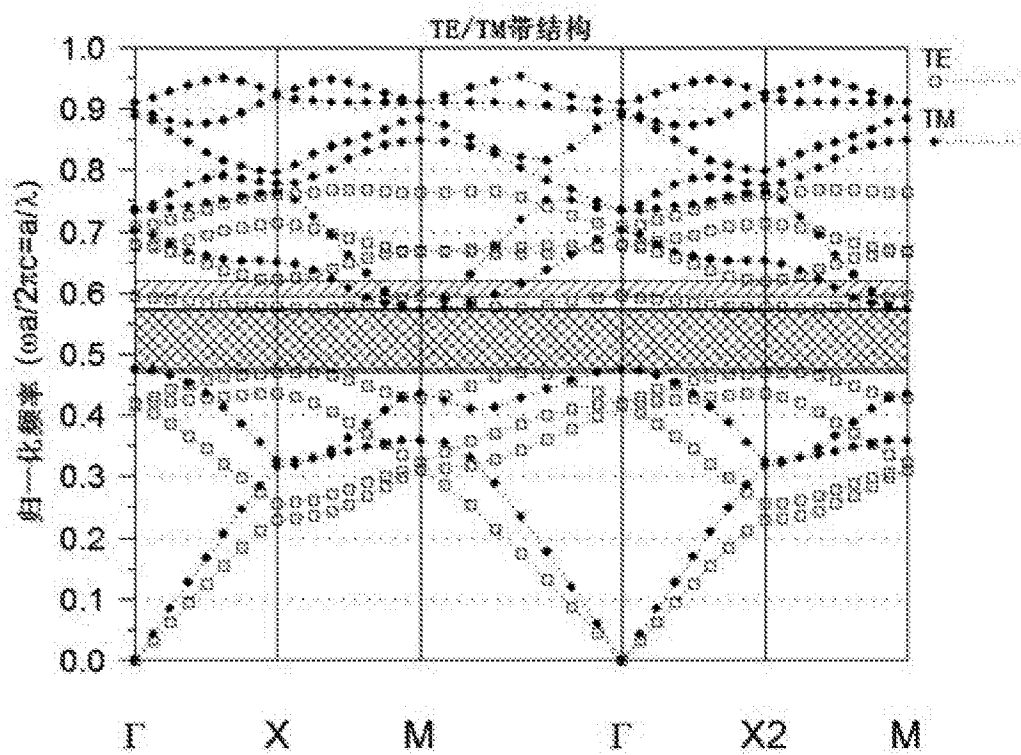


图 9

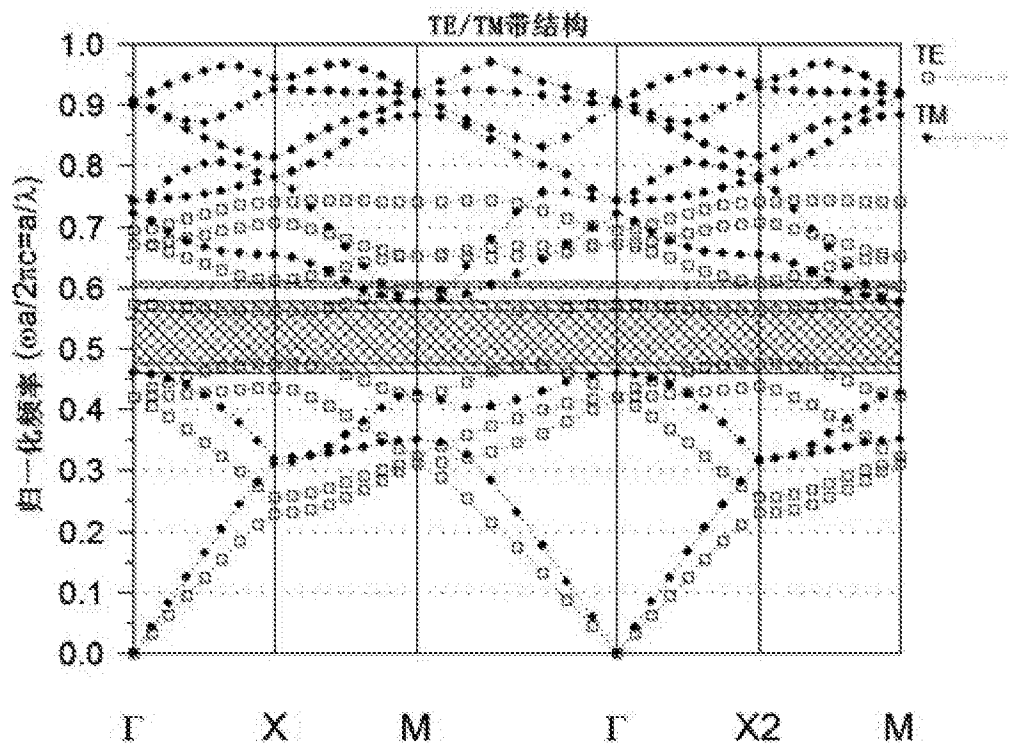


图 10

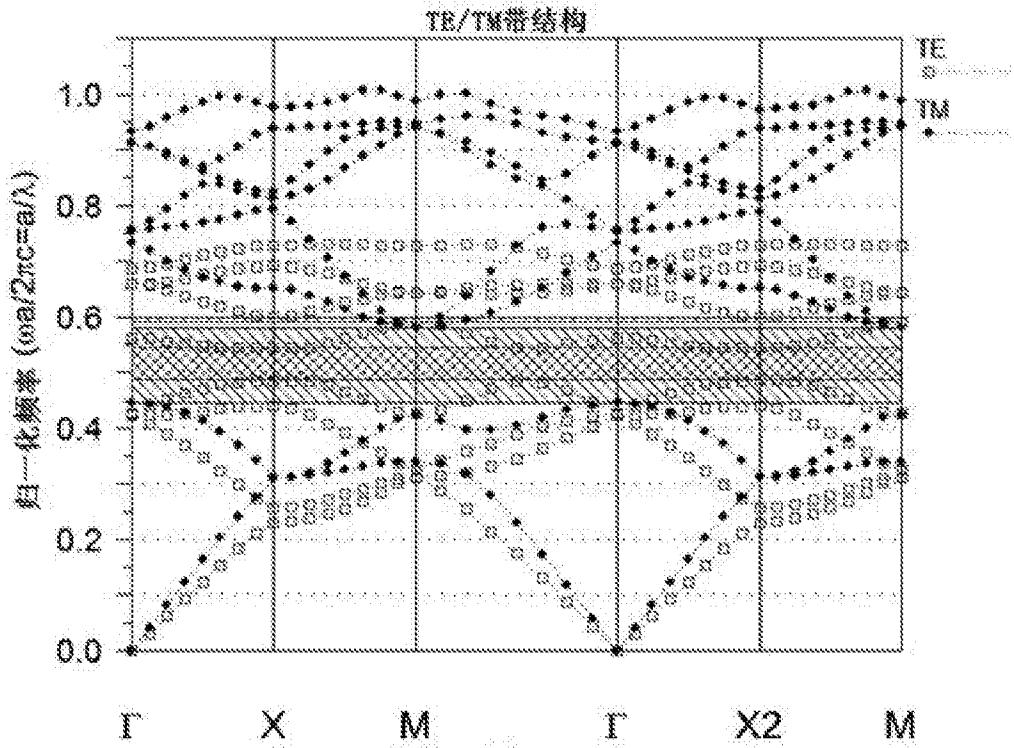


图 11

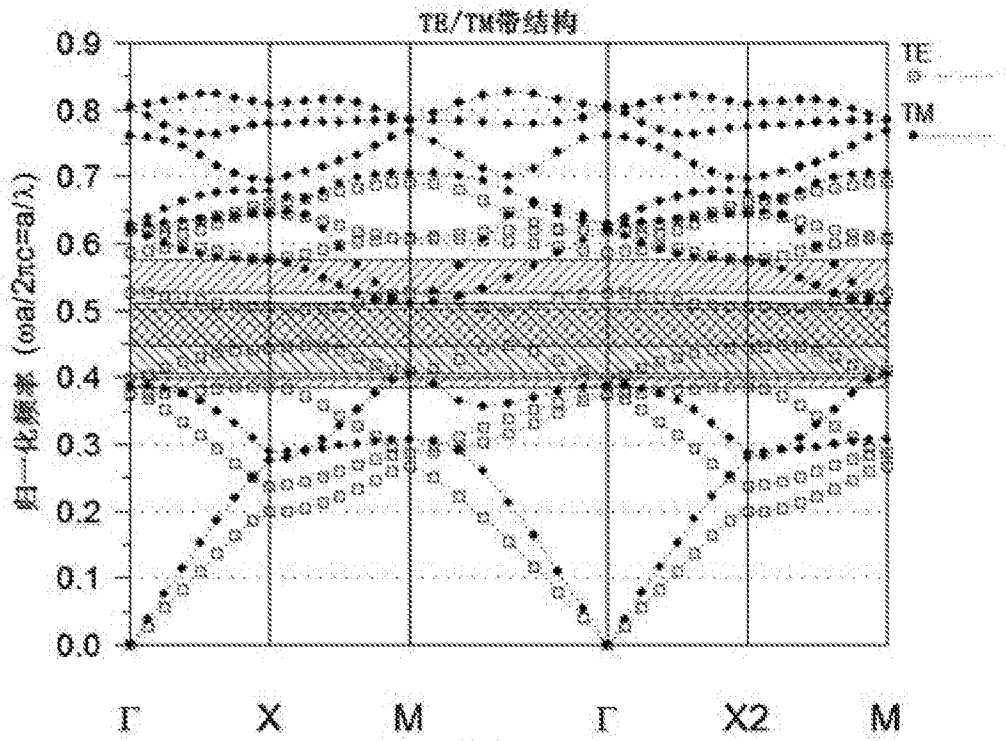


图 12

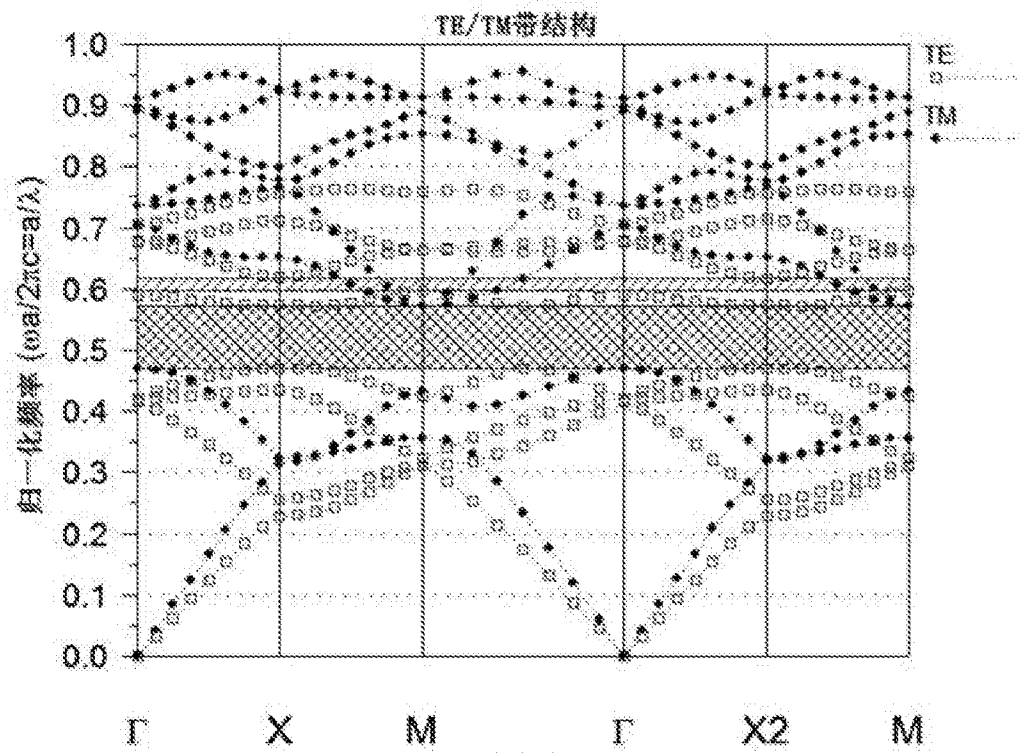


图 13

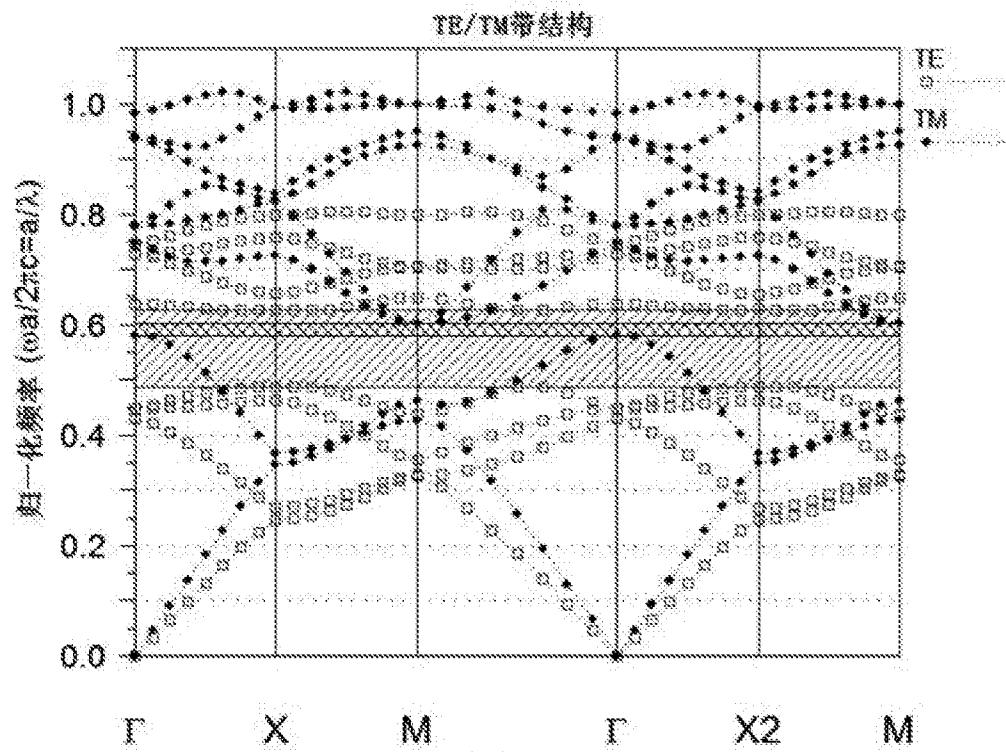


图 14

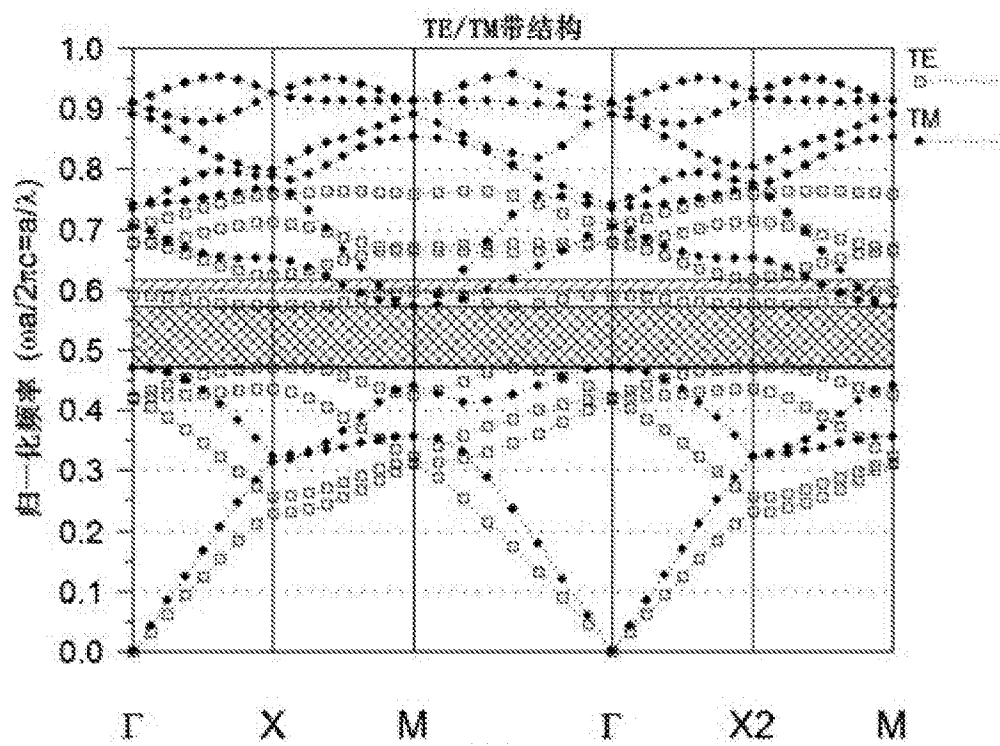


图 15

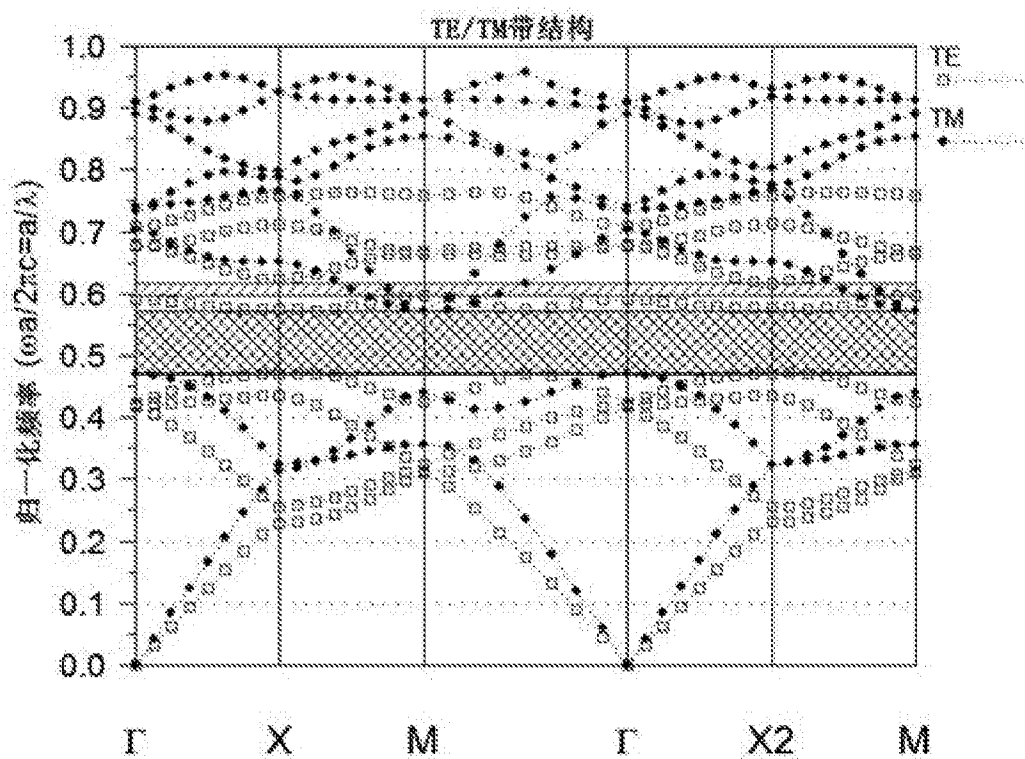


图 16

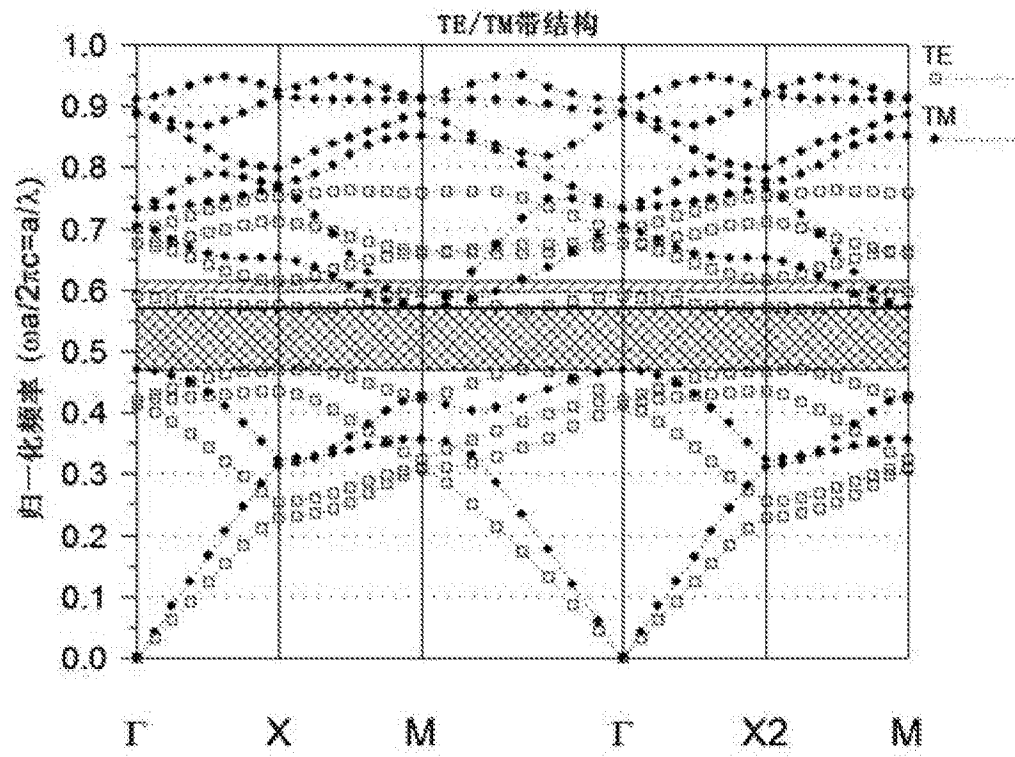


图 17

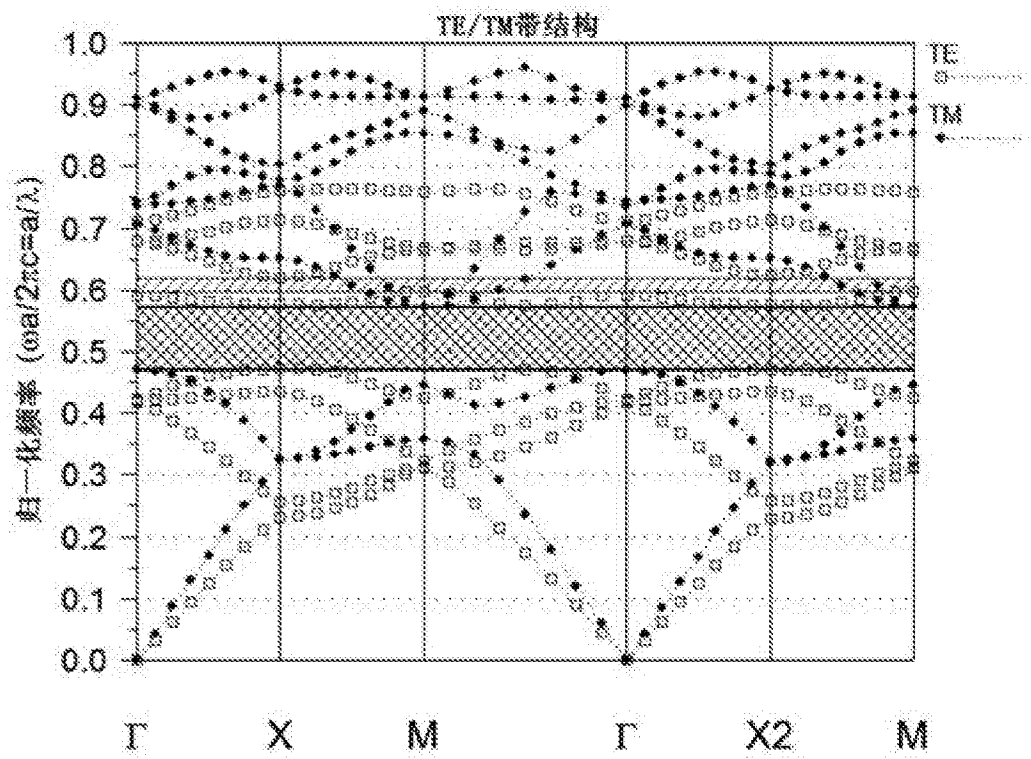


图 18

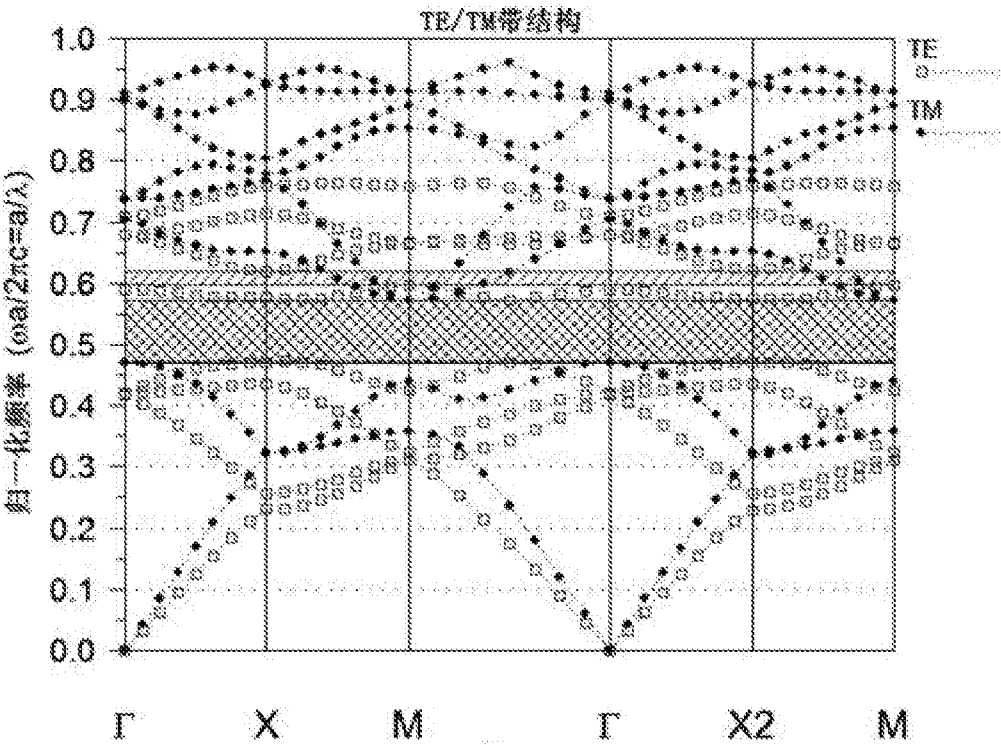


图 19

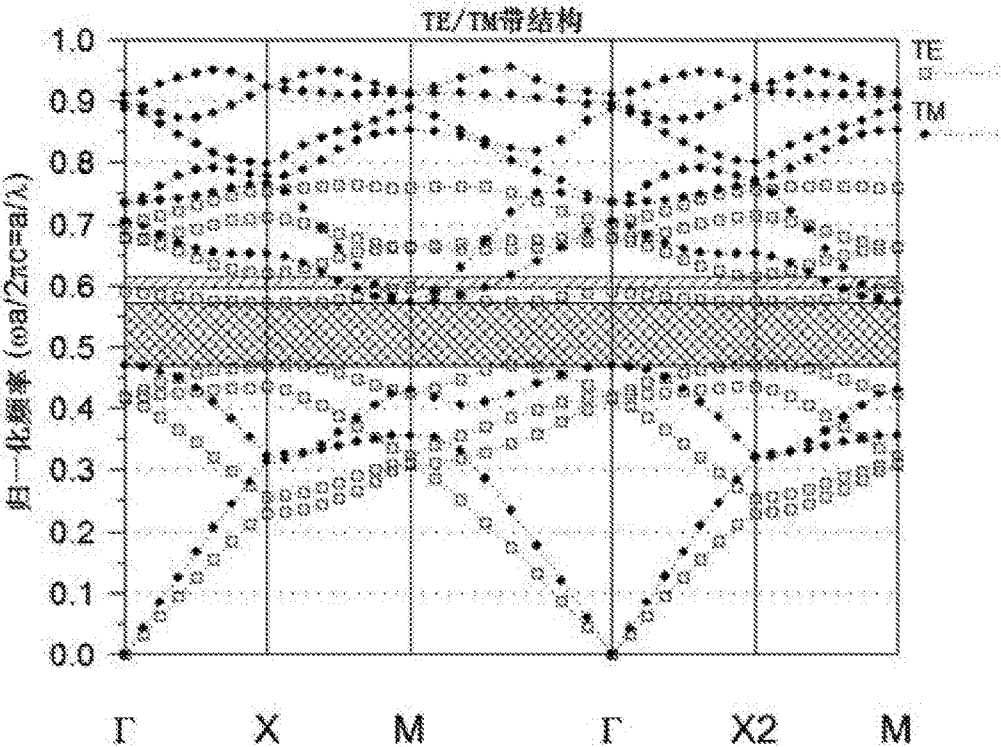


图 20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/083060

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 6/122 (2006.01) i; B82Y 20/00 (2011.01) 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)

G02B6, B82Y20

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; USTXT; VEN; CNKI: dielectric cylinder, unit cell, side length, absolute band gap, photonic crystal, hollow, rotat+, rod?, column?, pillar?, lattice?, cell, band gap, forbidden, square, angle, cross+, width

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 104849806 A (OUYANG, Zhengbiao et al.), 19 August 2015 (19.08.2015), the whole document	1-7
A	CN 104297842 A (OUYANG, Zhengbiao et al.), 21 January 2015 (21.01.2015), the whole document	1-7
A	CN 104101949 A (OUYANG, Zhengbiao et al.), 15 October 2014 (15.10.2014), the whole document	1-7
A	CN 104122607 A (OUYANG, Zhengbiao et al.), 29 October 2014 (29.10.2014), the whole document	1-7
A	US 2007253660 A1 (CANON KK), 01 November 2007 (01.11.2007), the whole document	1-7

☐ 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 09 August 2016 (09.08.2016)	Date of mailing of the international search report 16 August 2016 (16.08.2016)
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 WANG, Ruishuang Telephone No.: (86-10) 62085607

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2016/083060

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104849806 A	19 August 2015	None	
CN 104297842 A	21 January 2015	WO 2016050185 A1	07 April 2016
CN 104101949 A	15 October 2014	WO 2016015630 A1	04 February 2016
CN 104122607 A	29 October 2014	CN 104122607 B	20 January 2016
		WO 2016015631 A1	04 February 2016
US 2007253660 A1	01 November 2007	US 7403671 B2	22 July 2008
		JP 2007298840 A	15 November 2007
		JP 4881056 B2	22 February 2012

A. 主题的分类 G02B 6/122 (2006.01) i; B82Y 20/00 (2011.01) 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) G02B6, B82Y20 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)) CNXTXT; CNABS; USTXT; VEN; CNKI: 柱, 杆, 旋转, 介质柱, 光子晶体, 空心, 元胞, 晶胞, 边长, 绝对禁带, 正方, 十字, photonic crystal, hollow, rotat+, rod?, column?, pillar?, lattice?, cell, band gap, forbidden, square, angle, cross+, width																														
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 104849806 A (欧阳征标等) 2015年 8月 19日 (2015 - 08 - 19) 全文</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104297842 A (欧阳征标等) 2015年 1月 21日 (2015 - 01 - 21) 全文</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104101949 A (欧阳征标等) 2014年 10月 15日 (2014 - 10 - 15) 全文</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104122607 A (欧阳征标等) 2014年 10月 29日 (2014 - 10 - 29) 全文</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2007253660 A1 (CANON KK) 2007年 11月 1日 (2007 - 11 - 01) 全文</td> <td>1-7</td> </tr> </tbody> </table> ☐ 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: <table border="0"> <tr> <td>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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)</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</td> <td>“&” 同族专利的文件</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 104849806 A (欧阳征标等) 2015年 8月 19日 (2015 - 08 - 19) 全文	1-7	A	CN 104297842 A (欧阳征标等) 2015年 1月 21日 (2015 - 01 - 21) 全文	1-7	A	CN 104101949 A (欧阳征标等) 2014年 10月 15日 (2014 - 10 - 15) 全文	1-7	A	CN 104122607 A (欧阳征标等) 2014年 10月 29日 (2014 - 10 - 29) 全文	1-7	A	US 2007253660 A1 (CANON KK) 2007年 11月 1日 (2007 - 11 - 01) 全文	1-7	“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“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	“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“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	“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)	“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	“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件	“&” 同族专利的文件	“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	
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																												
PX	CN 104849806 A (欧阳征标等) 2015年 8月 19日 (2015 - 08 - 19) 全文	1-7																												
A	CN 104297842 A (欧阳征标等) 2015年 1月 21日 (2015 - 01 - 21) 全文	1-7																												
A	CN 104101949 A (欧阳征标等) 2014年 10月 15日 (2014 - 10 - 15) 全文	1-7																												
A	CN 104122607 A (欧阳征标等) 2014年 10月 29日 (2014 - 10 - 29) 全文	1-7																												
A	US 2007253660 A1 (CANON KK) 2007年 11月 1日 (2007 - 11 - 01) 全文	1-7																												
“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“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																													
“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“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																													
“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)	“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																													
“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件	“&” 同族专利的文件																													
“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																														
国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期																													
2016年 8月 9日	2016年 8月 16日																													
ISA/CN的名称和邮寄地址	授权官员																													
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	王睿爽																													
传真号 (86-10) 62019451	电话号码 (86-10) 62085607																													

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/083060

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	104849806	A	2015年 8月 19日	无			
CN	104297842	A	2015年 1月 21日	WO	2016050185	A1	2016年 4月 7日
CN	104101949	A	2014年 10月 15日	WO	2016015630	A1	2016年 2月 4日
CN	104122607	A	2014年 10月 29日	CN	104122607	B	2016年 1月 20日
				WO	2016015631	A1	2016年 2月 4日
US	2007253660	A1	2007年 11月 1日	US	7403671	B2	2008年 7月 22日
				JP	2007298840	A	2007年 11月 15日
				JP	4881056	B2	2012年 2月 22日