

(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 2 月 4 日 (04.02.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/015631 A1

- (51) 国际专利分类号:
G02B 6/122 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/085347
- (22) 国际申请日: 2015 年 7 月 28 日 (28.07.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201410363175.9 2014 年 7 月 28 日 (28.07.2014) 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: 及
- (71) 申请人: 欧阳征标 (OUYANG, Zhengbiao) [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: 王晶晶 (WANG, Jingjing); 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号, Guangdong 518000 (CN)。
- (74) 代理人: 深圳市科吉华烽知识产权事务所 (普通合伙) (SHENZHEN KINDWOLF INTELLECTUAL PROPERTY FIRM); 中国广东省深圳市南山区深南西路深南花园裙楼 A 区四层 402 室, 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。

[见续页]

(54) Title: LARGE ABSOLUTE BAND-GAP SQUARE-LATTICE PHOTONIC CRYSTAL BASED ON THREE-ROD CYLINDERS AND CIRCULAR CYLINDERS

(54) 发明名称: 基于三连杆柱和圆环柱的大绝对禁带正方晶格光子晶体

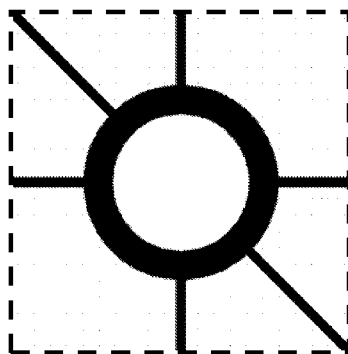


图 1 / Fig. 1

(57) Abstract: Provided is a large absolute band-gap square-lattice photonic crystal based on a three-rod cylinders and circular cylinders, comprising a high-refractive-index medium cylinder and a low-refractive-index background medium cylinder; the high-refractive-index medium cylinder consists of a flat medium cylinder three-rod connected to a circular medium cylinder; the flat medium cylinder is constituted by a horizontal flat medium, a vertical flat cylinder, and an oblique flat cylinder having a square lattice cellular horizontal lattice vector at an angle of 45° or 135°; the cells of the photonic crystal structure are arranged according to the square lattice; the crystal constant of the square lattice photonic crystal is a ; the width (D) of the flat medium cylinder is $0.0286a$, the outer diameter (R) of the circular cylinder is $0.286a$; the ratio (T) of the difference between the inner and outer diameters of the circular cylinder to the circular outer diameter (R) is 0.99 , corresponding to the relative value of the maximum absolute band gap being 10.401486% . The photonic crystal structure has a very large absolute band gap, and is widely applicable to the design of large-scale integrated optical circuits.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2016/015631 A1



(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))。

一种基于三连杆柱和圆环柱的大绝对禁带正方晶格光子晶体, 包括高折射率介质柱和低折射率背景介质柱, 高折射率介质柱由平板介质柱三连杆连接圆环介质柱组成; 平板介质柱由水平方向平板柱、垂直方向平板柱及正方晶格元胞的水平格矢量成 45° 或 135° 角的斜向平板柱构成; 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晶格常数为 a , 平板介质柱的宽度 (D) 为 $0.0286a$, 圆环柱的外径 (R) 为 $0.286a$, 圆环柱的内外径之差与圆环外径 (R) 的比值 (T) 为 0.99 , 对应最大绝对禁带的相对值为 10.401486% 。光子晶体结构具有非常大的绝对禁带, 可广泛应用于大规模集成光路设计中。

基于三连杆柱和圆环柱的大绝对禁带正方晶格光子晶体

技术领域

本发明涉及宽绝对禁带二维光子晶体。

背景技术

1987 年，美国 Bell 实验室的 E.Yablonovitch 在讨论如何抑制自发辐射和 Princeton 大学的 S.John 在讨论光子区域各自独立地提出了光子晶体（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，通常由两种或两种以上具有不同介电常数材料构成的人工晶体。

在频域，对任意方向传播的 TE 或 TM 波，电磁场态密度为零的频率区间定义为光子晶体的 TE 或 TM 完全禁带，同时为 TE 和 TM 完全禁带的频率区间被称为光子晶体的绝对禁带。设计具有完全禁带或绝对禁带的光子晶体，能够简单而有效地调控介质的宏观电磁特性，包括选择其中传播电磁波的频带、模式和传输路径，控制其中介质的吸收或辐射等特性，是控制光子运动、制作各种光子器件的基础。

对于各种光子晶体器件而言，光子禁带越宽，器件的性能越好，例如，光子禁带越宽，则光子晶体波导的工作频带越宽、传输损耗越小，光子晶体谐振腔和激光器的品质因子越高，光子晶体对自发辐射的约束效果越好，光子晶体反射镜的反射率越高等。具有完全禁带和绝对禁带的光子晶体因对不同传播方向上的光都存在光子带隙而最有实用意义，因此具有完全禁带和绝对禁带的光子晶体受到了广泛关

注。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。

传统上,要获得大的相对禁带,需要采用三角晶格、六角晶格等非正方晶格结构,但是在光子晶体集成光路中,采用正方晶格结构可以使光路简洁,并易于提供光路的集成度,而传统的正方晶格光子晶体的绝对禁带宽度很小,因此具有大的绝对禁带的正方晶格光子晶体是人们一直追求的目标。

发明内容

本发明的目的是克服现有技术中的不足之处,提供一种易于光路集成,大绝对禁带宽度相对值的新型正方晶格光子晶体结构。

为实现以上目的,本发明是通过以下技术方案予以实现。

本发明的基于三连杆柱和圆环柱的大绝对禁带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;所述的高折射率介质柱由平板介质柱三连杆连接圆环介质柱组成;所述的平板介质柱由水平方向平板柱、垂直方向平板柱及正方晶格元胞的水平格矢量成 45° 角或 135° 角的斜向平板柱构成;所述的光子晶体结构由所述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 ;所述平板介质柱的宽度 D 为 $0.0286a$,所述圆环柱外径 R 为 $0.286a$,所述圆环柱的内外径之差与圆环外径的比值 T 为 0.99 ,对应最大绝对禁带的相对值为 10.401486% ;

所述高折射率介质为硅、砷化镓、二氧化钛或折射率大于 2 的高折射率介质。

所述高折射率介质为硅，其折射率为 3.4。

所述背景介质为低折射率介质，该低折射率介质为空气、氟化镁、二氧化硅或低折射率介质；

所述低折射率介质为空气。

所述的水平方向平板柱左平板连接杆的最左端到右平板连接杆的最右端的距离为 a 。

所述垂直方向平板柱连接杆的下平板连接杆的最底端到上平板连接杆的最顶端的距离为 a 。

所述的斜向平板连杆的左平板连接杆的最左端到右平板连接杆的最右端的距离为 $\sqrt{2}a$ 。

所述元胞的下平板连接杆的最底端到上平板连接杆的最顶端的距离为 $\sqrt{2}a$ 。

所述平板介质柱的宽度为 $0.01a \leq D \leq 0.048a$ ，所述圆环柱的外径为 $0.22a \leq R \leq 0.34a$ ，所述圆环柱的内外径之差与圆环外径的比值为 $0.34 \leq T \leq 0.99$ ，高折射率介质为硅，低折射率介质为空气，所述光子晶体结构的绝对禁带相对值大于 5%。

所述平板介质柱的宽度为 $0.0195a \leq D \leq 0.029a$ ，所述圆环柱的外径为 $0.26a \leq R \leq 0.34a$ ，所述圆环柱的内外径之差与圆环外径的比值为 $0.765 \leq T \leq 0.99$ ，高折射率介质为硅，低折射率介质为空气，所述光子晶体结构的绝对禁带相对值大于 7%。

本发明的光子晶体结构可广泛应用于大规模集成光路设计中。它与现有技术相比，有如下积极效果。

1. 本发明的光子晶体结构具有非常大的绝对禁带，为光子晶体的应用提供了更大的空间，同时也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. 本发明的光子晶体属于正方晶格，光路简洁，便于设计，易于大规模光路集成；

3. 本发明的光子晶体属于正方晶格，光路中不同光学元件之间以及不同光路之间易于实现连接和耦合，有利于降低成本。

附图说明

图 1 为本发明的平板连杆与正方晶格元胞的水平格矢量成 45° 角的正方晶格二维光子晶体的结构示意图。

图 2 为本发明的平板连杆与正方晶格元胞的水平格矢量成 135° 角的正方晶格二维光子晶体的结构示意图。

图 3 为本发明平板介质柱的宽度对于绝对禁带相对值的影响图。

图 4 为本发明的光子晶体结构对应于最大绝对禁带宽度相对值能带图。

图 5 为图 1 所示的光子晶体最大绝对禁带相对值的参数结构图。

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的阐述。本发明的光子晶体结构包括高折射率介质柱和低折射率背景介质柱，整个光子晶体结构是由元胞按正方晶格生成的。参照图 1、2 所示为

光子晶体的一个元胞，该元胞按正方晶格排列构成所述的光子晶体，图中虚线表示元胞的边界；所述正方晶格光子晶体的晶格常数为 a ；所述平板介质柱的宽度 D 为 $0.0286a$ ，所述圆环柱外径 R 为 $0.286a$ ，所述圆环柱的内外径之差与圆环外径的比值 T 为 0.99 ，对应最大绝对禁带的相对值为 10.401486% ；所述平板介质柱的宽度为 $0.01a \leq D \leq 0.048a$ ，所述圆环柱的外径为 $0.22a \leq R \leq 0.34a$ ，所述圆环柱的内外径之差与圆环外径的比值为 $0.34 \leq T \leq 0.99$ ，高折射率介质为硅，低折射率介质为空气，所述光子晶体结构的绝对禁带相对值大于 5% ；所述平板介质柱的宽度为 $0.0195a \leq D \leq 0.029a$ ，所述圆环柱的外径为 $0.26a \leq R \leq 0.34a$ ，所述圆环柱的内外径之差与圆环外径的比值为 $0.765 \leq T \leq 0.99$ ，高折射率介质为硅，低折射率介质为空气，所述光子晶体结构的绝对禁带相对值大于 7% 。

所述高折射率介质柱分为两个部分：圆环柱和连接圆环的平板介质柱，高折射率介质柱由平板介质柱三连杆连接圆环介质柱组成，所述的高折射率介质包括硅（Si），砷化镓、二氧化钛等；背景介质为低折射率介质，包括空气、氟化镁、二氧化硅等；所述平板介质柱由水平方向平板柱、垂直方向平板柱及正方晶格元胞的水平格矢量成 45° 角或 135° 角的斜向平板柱构成；所述的水平方向平板柱左平板连接杆的最左端到右平板连接杆的最右端的距离为 a ；所述垂直方向平板柱连接杆的下平板连接杆的最底端到上平板连接杆的最顶端的距离为 a ；所述的斜向平板连杆的左平板连接杆的最左端到右平板连

接杆的最右端的距离为 $\sqrt{2}a$ ；所述元胞的下平板连接杆的最底端到上平板连接杆的最顶端的距离为 $\sqrt{2}a$ 。

通常将绝对禁带宽度与禁带中心频率的比值作为禁带宽度的考察指标，称之为绝对禁带宽度相对值。

利用平面波展开法进行大量的精细研究得到，最大的绝对禁带相对值和其对应的参数。

通过最速下降法对所述光子晶体结构进行优化搜索研究，能获得最大绝对禁带相对值，具体方法如下：

(1) 确定三个参数的初扫描范围为：平板介质柱的宽度 $D = (0.01a \sim 0.2a)$ ，圆环柱的外径 $R = (0.1a \sim 0.5a)$ ，圆环柱的内外径之差与圆环外径的比值 $T = (0.01 \sim 0.99)$ 。

(2) 基于平面波展开法做粗扫描，得到比较好的参数 T 为 0.9， R 为 $0.3a$ 。

(3) 高折射率材料采用硅，低折射率介质为空气，固定 T 为 0.9， R 为 $0.3a$ ，基于平面波展开法对 D 进行扫描，得到图 3 所示的结果。图 3 中， D 的值在 $0.01 \sim 0.048$ 的范围内都有完全禁带，且在 D 等于 $0.0328a$ 处有最大绝对禁带相对值，为 $\text{gapratio1} = 9.55243\%$ 。

(4) 高折射率材料采用硅，低折射率介质为空气，固定 D 为 $0.0328a$ ， T 为 0.9，基于平面波展开法对 R 进行扫描，得到最佳绝对禁带相对值 $\text{gapratio2} = 9.55243\%$ ，对应的 R 值为 $0.3a$ 。

(5)高折射率材料采用硅,低折射率介质为空气,固定 R 为 $0.3a$, D 为 $0.0328a$, 基于平面波展开法对 T 进行扫描, 得到最佳绝对禁带相对值 $\text{gapratio2}=9.78866\%$, 对应的 T 值为 0.99 。

(6)判断 $|(\text{gapratio2}-\text{gapratio1})/(\text{gapratio2}+\text{gapratio1})|$ 是否小于 1% , 若否, 则以前述各步的结果, 对各参数进行新一轮扫描, 直到 $|(\text{gapratio2}-\text{gapratio1})/(\text{gapratio2}+\text{gapratio1})|<1\%$ 才结束搜索, 最终获得最优化的绝对禁带相对值及其所对应的结构参数。

最终得到的优化结果为: 高折射率材料采用硅, 低折射率介质为空气, $D=0.0286a$, $R=0.286a$, $T=0.99$ 时, 最大绝对禁带的相对值 $=10.401486\%$ 。其能带图如图 4 所示, 最终结构参数下的光子晶体结构如图 5 所示, 图中虚线表示元胞的边界。

根据以上结果给出如下 9 个实施例:

实施例 1. 高折射率介质采用硅, 低折射率介质为空气, $a=0.325$, 平板介质柱宽度 $D=0.0286a=0.009295$ 微米, 圆环柱外径 $R=0.286a=0.09295$ 微米, 圆环柱内径为 0.00093 微米, 所得到光子晶体的绝对禁带范围为 $(0.769449\sim 0.693378)$, 绝对禁带的相对值对应为 10.401486% 。

实施例 2. 高折射率介质采用硅, 低折射率介质为空气, $a=0.45$, 平板介质柱宽度 $D=0.0286a=0.1287$ 微米, 圆环柱外径 $R=0.286a=0.1287$ 微米, 圆环柱内径为 0.001287 微米, 所得到光子晶体的绝对禁带范围为 $(1.65391\sim 0.960061)$, 绝对禁带相对值对应为 10.401486% 。

实施例 3. 高折射率介质采用硅, 低折射率介质为空气, $a=0.65$, 平板介质柱宽度 $D=0.0286a=0.01859$ 微米, 圆环柱外径 $R=0.286a=0.1859$ 微米, 圆环柱内径为 0.001859 微米, 得到光子晶体的绝对禁带范围为 $(1.538899 \sim 1.386755)$, 绝对禁带的相对值对应为 10.401486% 。

实施例 4. 高折射率介质采用硅, 低折射率介质为空气, $a=0.35$, 平板介质柱宽度 $D=0.0385a=0.013475$ 微米, 圆环柱外径 $R=0.28a=0.098$ 微米, 圆环柱内径为 0.01372 微米, 得到光子晶体的绝对禁带范围为 $(0.816784 \sim 0.776897)$, 绝对禁带的相对值对应为 5.00664% 。

实施例 5. 高折射率介质采用硅, 低折射率介质为空气, $a=0.475$, 平板介质柱宽度 $D=0.01a=0.00475$ 微米, 圆环柱外径 $R=0.268a=0.1273$ 微米, 圆环柱内径为 0.042646 微米, 得到光子晶体的绝对禁带范围为 $(0.937383 \sim 0.882719)$, 绝对禁带的相对值对应为 6.00848% 。

实施例 6. 高折射率介质采用硅, 低折射率介质为空气, $a=0.5$, 平板介质柱宽度 $D=0.029a=0.0145$ 微米, 圆环柱外径 $R=0.268a=0.134$ 微米, 圆环柱内径为 0.01005 微米, 得到光子晶体的绝对禁带范围为 $(1.128999 \sim 1.05241)$, 绝对禁带的相对值对应为 7.02191% 。

实施例 7. 高折射率介质采用硅, 低折射率介质为空气, $a=0.685$, 平板介质柱宽度 $D=0.029a=0.019865$ 微米, 圆环柱外径 $R=0.316a=0.21646$ 微米, 圆环柱内径为 0.030304 微米, 得到光子晶体的绝对禁带范围为 $(1.660244 \sim 1.532438)$, 绝对禁带的相对值对应为 8.0057% 。

实施例 8. 高折射率介质采用硅, 低折射率介质为空气, $a=0.75$, 平板介质柱宽度 $D=0.029a=0.02175$ 微米, 圆环柱外径 $R=0.28a=0.21$ 微米, 圆环柱内径为 0.0294 微米, 所得到光子晶体的绝对禁带范围为 $(1.74817 \sim 1.597138)$, 绝对禁带的相对值对应为 9.03088% 。

实施例 9. 高折射率介质采用硅, 低折射率介质为空气, $a=0.7$, 平板介质柱宽度 $D=0.0286a=0.02002$ 微米, 圆环柱外径 $R=0.294a=0.2058$ 微米, 圆环柱内径为 0.002058 微米, 所得到光子晶体的绝对禁带范围为 $(1.671442 \sim 1.512075)$, 绝对禁带的相对值对应为 10.01218% 。

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. 一种基于三连杆柱和圆环柱的大绝对禁带正方晶格光子晶体，其特征在于，它包括高折射率介质柱和低折射率背景介质柱，所述的高折射率介质柱由平板介质柱三连杆连接圆环介质柱组成；所述的平板介质柱由水平方向平板柱、垂直方向平板柱及正方晶格元胞的水平格矢量成 45° 角或 135° 角的斜向平板柱构成；所述的光子晶体结构由所述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 ；所述平板介质柱的宽度 D 为 $0.0286a$ ，所述圆环柱的外径 R 为 $0.286a$ ，所述圆环柱的内外径之差与圆环外径的比值 T 为 0.99 ，对应最大绝对禁带的相对值为 10.401486% 。

2. 按照权利要求 1 所述的基于三连杆柱和圆环柱的大绝对禁带正方晶格光子晶体，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 所述的基于三连杆柱和圆环柱的大绝对禁带正方晶格光子晶体，其特征在于，所述高折射率介质为硅，其折射率为 3.4。

4. 按照权利要求 1 所述的基于三连杆柱和圆环柱的大绝对禁带正方晶格光子晶体，其特征在于，所述背景介质为低折射率介质，该低折射率介质为空气、氟化镁、二氧化硅或低折射率介质。

5. 按照权利要求 4 所述的基于三连杆柱和圆环柱的大绝对禁带正方晶格光子晶体，其特征在于，所述低折射率介质为空气。

6. 按照权利要求 1 所述的基于三连杆柱和圆环柱的大绝对禁带

正方晶格光子晶体，其特征在于，所述的水平方向平板柱左平板连接杆的最左端到右平板连接杆的最右端的距离为 a 。

7. 按照权利要求 1 所述的基于三连杆柱和圆环柱的大绝对禁带正方晶格光子晶体，其特征在于，所述垂直方向平板柱连接杆的下平板连接杆的最底端到上平板连接杆的最顶端的距离为 a 。

8. 按照权利要求 1 所述的基于三连杆柱和圆环柱的大绝对禁带正方晶格光子晶体，其特征在于，所述的斜向平板连杆的左平板连接杆的最左端到右平板连接杆的最右端的距离为 $\sqrt{2}a$ 。

9. 按照权利要求 1 所述的基于三连杆柱和圆环柱的大绝对禁带正方晶格光子晶体，其特征在于，所述元胞的下平板连接杆的最底端到上平板连接杆的最顶端的距离为 $\sqrt{2}a$ 。

10. 所述平板介质柱的宽度为 $0.01a \leq D \leq 0.048a$ ，所述圆环柱的外径为 $0.22a \leq R \leq 0.34a$ ，所述圆环柱的内外径之差与圆环外径的比值为 $0.34 \leq T \leq 0.99$ ，高折射率介质为硅，低折射率介质为空气，所述光子晶体结构的绝对禁带相对值大于 5%。

11. 所述平板介质柱的宽度为 $0.0195a \leq D \leq 0.029a$ ，所述圆环柱的外径为 $0.26a \leq R \leq 0.34a$ ，所述圆环柱的内外径之差与圆环外径的比值为 $0.765 \leq T \leq 0.99$ ，高折射率介质为硅，低折射率介质为空气，所述光子晶体结构的绝对禁带相对值大于 7%。

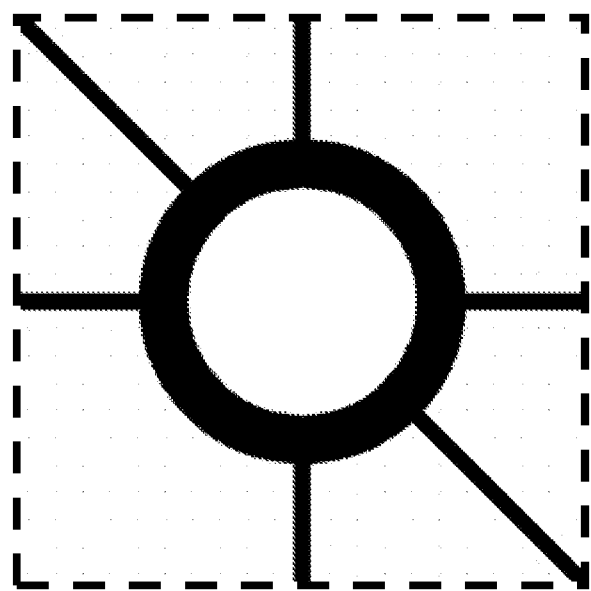


图 1

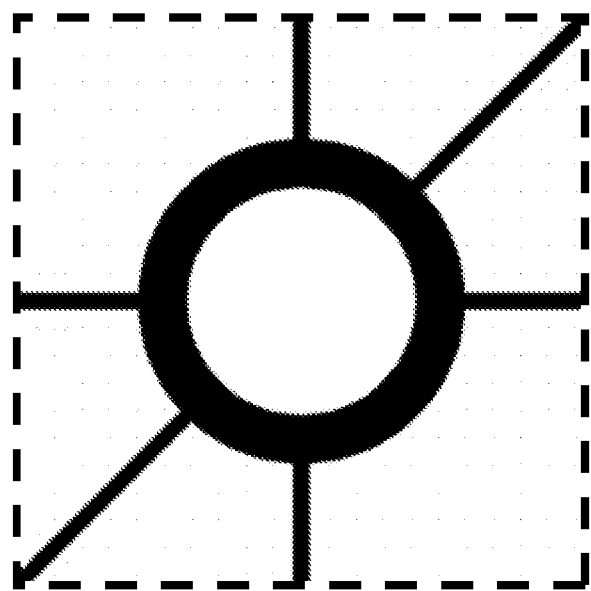


图 2

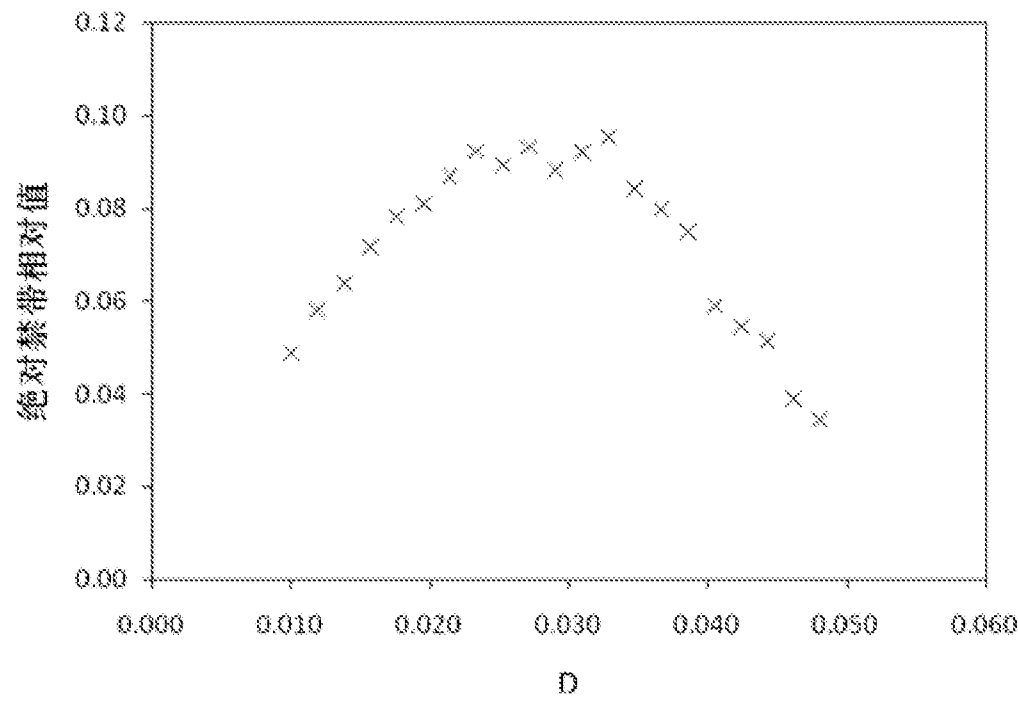


图 3

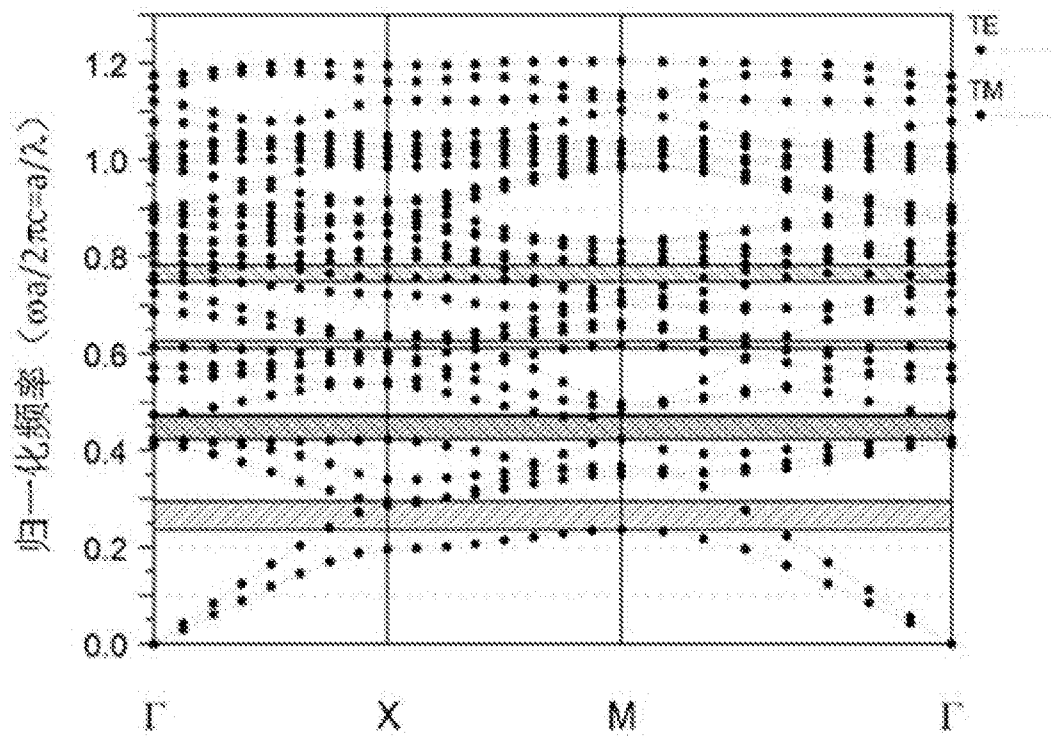


图 4

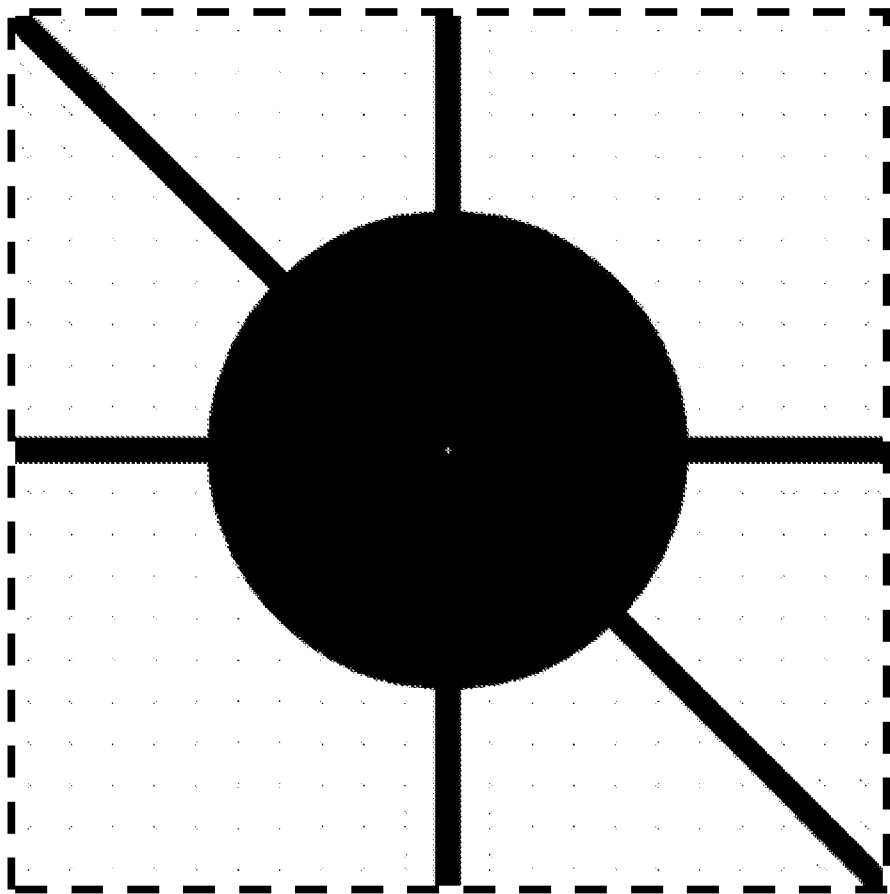


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/085347

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 6/122 (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)

G02B

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: absolute band gap, photonic crystal, square lattice, large absolute band gap, absolute band gap, three-link, flat connecting rod, connect+, rod, crystal, photonic, gap, large

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 103901536 A (SHENZHEN UNIVERSITY), 02 July 2014 (02.07.2014), see description, paragraphs 27-37, and figure 1	1-11
A	CN 1978716 A (INSTITUTE OF SEMICONDUCTORS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES), 13 June 2007 (13.06.2007), the whole document	1-11
A	CN 103176272 A (BEIJING UNIVERSITY OF POSTS AND TELECOMMUNICATIONS), 26 June 2013 (26.06.2013), the whole document	1-11
A	US 2013028553 A1 (MASSACHUSETTS INST TECHNOLOGY), 31 January 2013 (31.01.2013), the whole document	1-11
PX	CN 104122607 A (OUYANG, Zhengbiao et al.), 29 October 2014 (29.10.2014), claims 1-10	1-11

☐ 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 27 October 2015 (27.10.2015)	Date of mailing of the international search report 03 November 2015 (03.11.2015)
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 HU, Yang Telephone No.: (86-10) 62085567

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2015/085347

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103901536 A	02 July 2014	None	
CN 1978716 A	13 June 2007	CN 100424236 C	08 October 2008
CN 103176272 A	26 June 2013	CN 103176272 B	01 July 2015
US 2013028553 A1	31 January 2013	US 8923661 B2	30 December 2014
		WO 2013015906 A2	31 January 2013
		WO 2013015906 A3	04 July 2013
CN 104122607 A	29 October 2014	None	

A. 主题的分类 G02B 6/122 (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) G02B 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: 绝对禁带, 光子晶体, 正方晶格, 大, 大绝对禁带, 绝对带隙, 三连杆, 平板连杆, connect+, rod, crystal, photonic, gap, large		
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 103901536 A (深圳大学) 2014年 7月 2日 (2014 - 07 - 02) 参见说明书27-37段, 附图1	1-11
A	CN 1978716 A (中国科学院半导体研究所) 2007年 6月 13日 (2007 - 06 - 13) 全文	1-11
A	CN 103176272 A (北京邮电大学) 2013年 6月 26日 (2013 - 06 - 26) 全文	1-11
A	US 2013028553 A1 (MASSACHUSETTS INST TECHNOLOGY) 2013年 1月 31日 (2013 - 01 - 31) 全文	1-11
PX	CN 104122607 A (欧阳征标 等) 2014年 10月 29日 (2014 - 10 - 29) 权利要求1-10	1-11
☐ 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		国际检索报告邮寄日期
2015年 10月 27日		2015年 11月 3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) 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 中国		胡阳
传真号 (86-10)62019451		电话号码 (86-10)62085567

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/085347

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	103901536	A	2014年 7月 2日	无	
CN	1978716	A	2007年 6月 13日	CN	100424236 C 2008年 10月 8日
CN	103176272	A	2013年 6月 26日	CN	103176272 B 2015年 7月 1日
US	2013028553	A1	2013年 1月 31日	US	8923661 B2 2014年 12月 30日
				WO	2013015906 A2 2013年 1月 31日
				WO	2013015906 A3 2013年 7月 4日
CN	104122607	A	2014年 10月 29日	无	