

补充材料

漏斗型完全光子带隙光波导单向传输

智文强¹⁾²⁾ 费宏明^{1)2)†} 韩雨辉¹⁾²⁾ 武敏¹⁾²⁾ 张明达¹⁾²⁾ 刘欣¹⁾²⁾

曹斌照¹⁾²⁾ 杨毅彪¹⁾²⁾

1) (太原理工大学物理与光电工程学院, 太原 030024)

2) (太原理工大学, 新型传感器与智能控制教育部重点实验室, 太原 030024)

1 单向光传输器件不同位置的模式分布

为了进一步阐释我们的器件的工作原理, 这里计算了器件不同位置的模式分布。

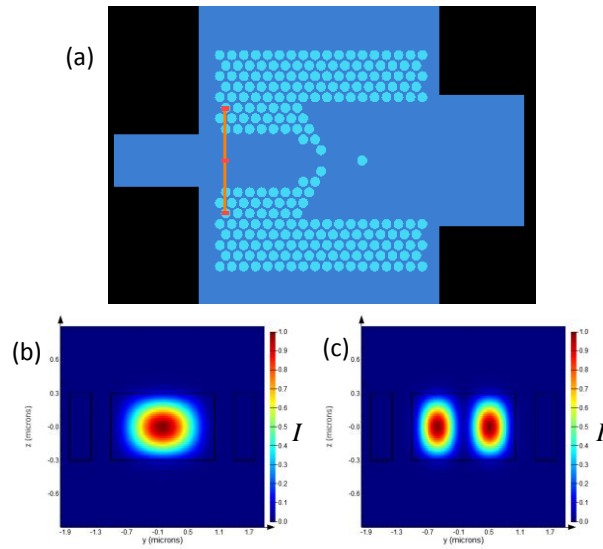


图 S1 单向光传输器件位置 1 所支持的模式的光强分布 (a) 计算位置示意图; (b) 基模的光强分布; (c) 二阶模的光强分布

Fig. S1. Light intensity distribution of the mode supported by the UTD position 1: (a) Computed position; (b) the intensity distribution of the fundamental mode; (c) the intensity distribution of the second order mode.

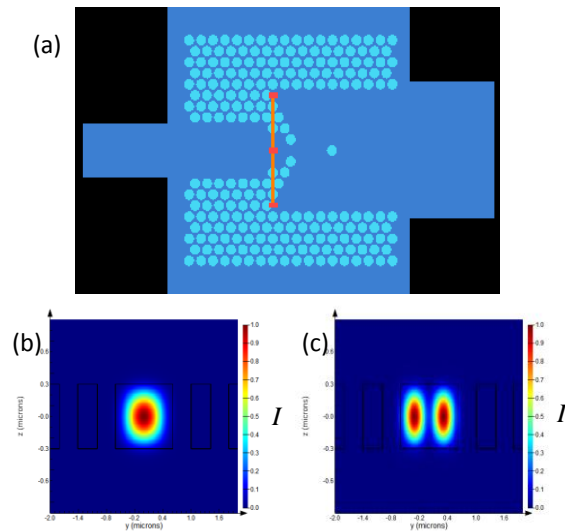


图 S2 单向光传输器件位置 2 所支持的模式的光强分布 (a) 计算位置示意图; (b) 基模的光强分布; (c) 二阶模的光强分布

Fig. S2. Light intensity distribution of the mode supported by the UTD position 2: (a) Computed position; (b) the intensity distribution of the fundamental mode; (c) the intensity distribution of the second order mode.

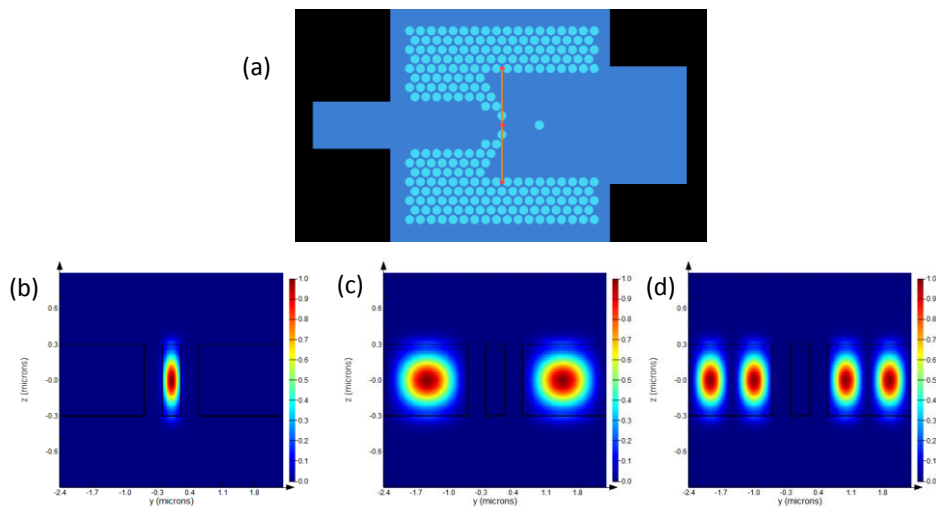


图 S3 单向光传输器件位置 3 所支持的模式的光强分布 (a) 计算位置示意图; (b) 基模的光强分布; (c) 二阶模的光强分布; (d) 高阶模的光强分布

Fig. S3. Light intensity distribution of the mode supported by the UTD position 3: (a) Computed position; (b) the intensity distribution of the fundamental mode; (c) the intensity distribution of the second order mode; (d) the intensity distribution of the high-order mode.

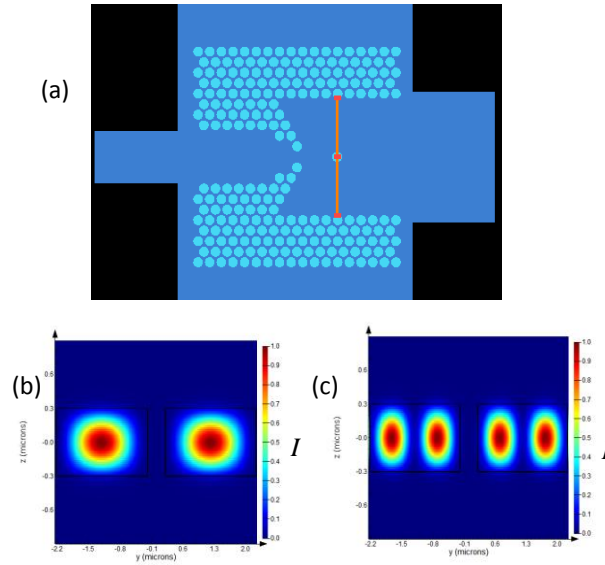


图 S4 单向光传输器件位置 4 所支持的模式的光强分布 (a) 计算位置示意图; (b) 基模的光强分布; (c) 二阶模的光强分布

Fig. S4. Light intensity distribution of the mode supported by the UTD position 4: (a) Computed position; (b) the intensity distribution of the fundamental mode; (c) the intensity distribution of the second order mode.

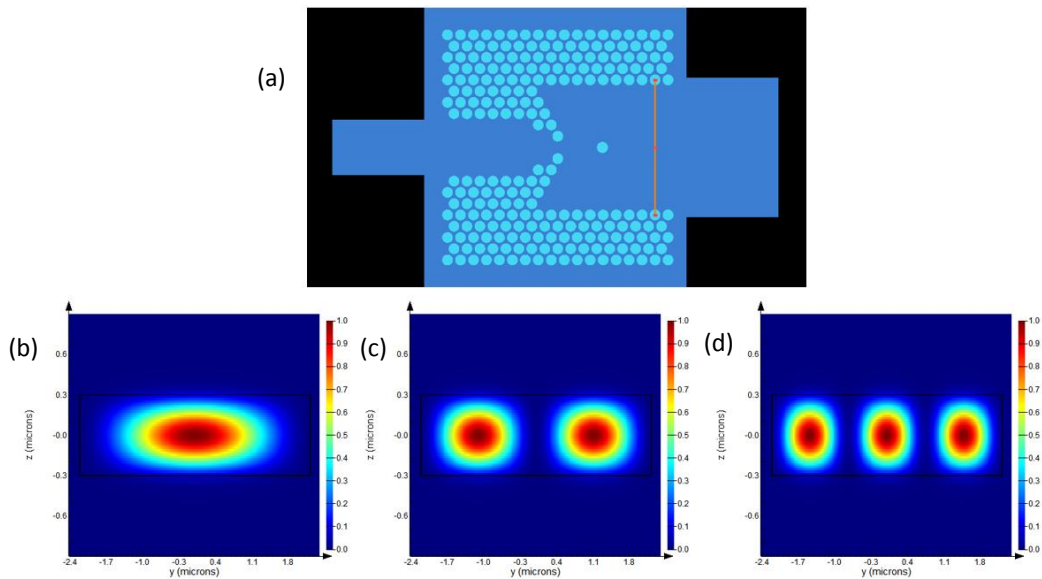


图 S5 单向光传输器件位置 5 所支持的模式的光强分布 (a) 计算位置示意图; (b) 基模的光强分布; (c) 二阶模的光强分布; (d) 高阶模的光强分布

Fig. S5. Light intensity distribution of the mode supported by the UTD position 5: (a) Computed position; (b) the intensity distribution of the fundamental mode; (c) the intensity distribution of the second order mode; (d) the intensity distribution of the high-order mode.

如图 S1—图 S3 所示, 左侧漏斗形光子晶体波导都支持基模(图 S1(b)、图 S2(b)、图 S3(b)), 因此, 正向传输的光, 当以基模光场入射时可以逐步的从位置 1 耦合至位置 2 至位置 3, 然后通过位置 3 耦合进入右侧相对较宽的波导中。由于右侧波导较宽, 可以支持不同的基模和高阶模式(如图 S5 所示), 因此, 无论是否存在点缺陷, 绝大部分的正向传输光能量可以通过右侧光波导向外耦合实现高正向透射。

反向透射时, 可以分析两种不同的情况: 1) 没有点缺陷的情况; 2) 有点缺陷的情况。

1) 没有点缺陷的情况: 这种情况下, 当反向入射的光波导在模式 3 上有光强分布时(图 S5(d)), 其中心光强模式仍可以少量与位置 3 的基模耦合, 实现少量反向透射。因此, 在这种情况下, 反向透射率受到反向入射光强在不同模式的分布的影响。

2) 有点缺陷的情况: 这种情况下, 由于点缺陷, 其基模的光强中心值为 0 (如图 S4 所示), 这种情况下无法耦合到位置 3 的基模(图 S3(b))实现反向透过。相反地, 该模式将耦合到位置 3 的二阶模式和高阶模式(图 S3(c)和图 S3(d)), 被反向截止。因此, 点缺陷的设置大大降低了反向耦合效率和透过率。而且, 反向透射率不再受到反向入射光强在不同模式的分布的影响。实现了鲁棒性 (robust) 反向截止。

2 单向光传输器件正向和反向传输模拟入射光场的设置

为了准确模拟正向入射光和反向入射光在所设计的单向光传输器件的传输特性, 模拟了光从硅光波导传输到单向光传输器件的情况(如正文中图 4(a)所示), 因此我们将光源放置于硅光波导内部, 并使用宽带 TE 偏振基模作为模式光源(波长范围为 1400 — 1700 nm, 均为基模)进行模拟。其在 1550 nm 波长的入射电场强度分布如图 S6 和图 S7 所示。

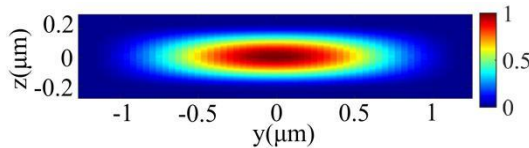


图 S6 正向入射光源在 1550 nm 波长的电场强度分布图

Fig. S6. Electric field intensity distribution diagrams of forward incident light at the wavelength of 1550 nm.

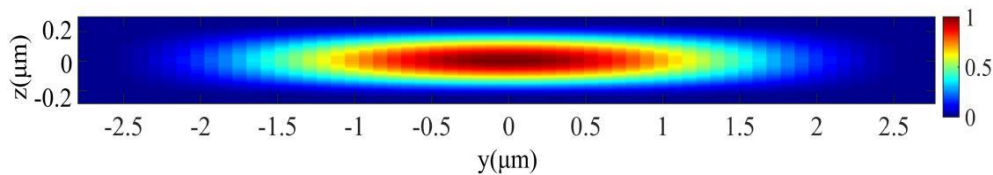


图 S7 反向入射光源在 1550 nm 波长的电场强度分布图

Fig. S7. Electric field intensity distribution diagrams of backward incident light at the wavelength of 1550 nm.

虽然这里基于模式转换原理, 正向和反向传输的光波导都支持多个空间模式。但是由于我们在这个工作中进行的是机理阐述, 因此选取基模入射可以有效将光传输到中间漏斗口 (位置 3) 的位置, 实现高效率的正向光透过。同时反向的透射光由于模式转换的原理, 在基模输入的情况下也无法实现反向传输。因此, 我们认为选取基模能有效阐

述该器件工作的原理。将来在实际应用中,有可能遇到需要使用不同空间模式进行耦合的情况,那可以根据空间模式的需求选取特定的模式作为入射光源,也可能需要进一步优化器件设计来配合,这部分需要有大量的计算和优化的工作超出了本工作的范围,可以作为未来的工作。