

文章编号: 0258-7025(2009)Supplement 2-0095-04

新型 $1 \times N$ 光功率分束器的设计与分析

罗文 唐雄贵 廖进昆 冯蔚 徐伟

(电子科技大学光电信息学院, 四川 成都 610054)

摘要 提出了一种新型树型结构 $1 \times N$ 光功率分束器设计方法, 该分束器以非对称 Y 分支为基本单元, 采用级联的方式来实现对光功率的分束输出。基于有限差分光束传播法(FD-BPM), 对该分束器光学性能进行了深入模拟与分析, 结果表明在波长为 $1.55 \mu\text{m}$ 时各输出端口的功率均匀性要小于 0.3 dB 。其设计结构简单、损耗低、波长敏感性与偏振敏感性小。

关键词 集成光学; 光功率分束器; 非对称 Y 分支; 全内反射

中图分类号 TN256 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/CJL200936s2.0095

Design and Analysis for a Novel $1 \times N$ Optical Power Splitter

Luo Wen Tang Xiongguai Liao Jinkun Feng Wei Xu Wei

(School of Opto-Electronic Information, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu, Sichuan 610054, China)

Abstract The layout of $1 \times N$ optical power splitters with uniform outputs and low excess loss is presented in this paper. The novel splitter consists of cascaded asymmetric Y-branch waveguides based on total internal reflection. Its optical characteristic is thoroughly simulated and analyzed by using finite-difference beam propagation method (FD-BPM). The simulated results show that the power uniformity of the splitters is less than 0.3 dB at wavelength of $1.55 \mu\text{m}$. The proposed structure has the advantages such as simple structure, low-loss, little dependence of wavelength and polarization.

Key words integrated optics; optical power splitter; asymmetric Y-branch; total internal reflection

1 引言

从集成光学诞生之日起, 人们就开始研究各种结构的光功率分束器, 包括光纤型分束器、光波导型分束器等。光功率分束器作为光接入网的一种核心器件, 在光通信系统、光纤电视、无源光网络等领域有着广泛的应用。光波导型分束器主要有 Y 分支型、定向耦合器型和多模干涉耦合型。其中, 由于 Y 分支型有易于设计以及对波长不敏感等优点, 使它成为设计光波导型分束器时广泛采用的一种结构。

20 世纪 70 年代初, Yajima^[1] 就用实验证实了 Y 分支型波导结构具有功率分离的作用。Y 分支型功率分束器有对称型和非对称型之分。对称 Y 分支型

光功率分束器是一种将光功率进行均分的器件, 人们对此研究较为深入, 已提出了多种不同结构以实现大角度、低损耗输出^[2-6]。而对于非对称 Y 分支型光功率分束器, 有关文献报道不多, 这是由于设计与制作非对称 Y 分支波导难度相对较大。Lin 等在文献[7]中提出了使用微棱镜做相位补偿以减少辐射损耗, 通过移动一分支端微棱镜来改变分支输出功率比。此设计能够实现较低损耗, 但是由于微棱镜的使用, 以及分支输出功率比对两分支波导上微棱镜之间的横向距离(Δl)很敏感等原因, 使得工艺制作的难度将大大提高, 且容差性差。Shirafuji 等^[8]采用非对称 Y 分支结构, 通过改变空气槽的宽度来调节输出端功率

基金项目: 国家 863 计划(2007AA01Z269)、国家自然科学基金(60736038, 60908024)、新世纪优秀人才支持计划(NCET-06-0805)和电子科技大学青年科技基金资助课题。

作者简介: 罗文(1981—), 男, 硕士研究生, 主要从事光波导器件与技术方面的研究。E-mail: sofulw@163.com

导师简介: 唐雄贵(1974—), 男, 博士, 副教授, 主要从事光波导器件与技术、微光学等方面的研究。

E-mail: tangxg@uestc.edu.cn

1.55 μm , 光波场为 TM 模。通过变分有效折射率法计算, 该波导处于单模工作状态, 有效折射率 $N_1 = N_3 = 1.6074, N_2 = 1.6399$ 。

模拟结果如图 5 和图 6 所示。图 5 表示在 TM 偏振状态下, 非对称 Y 分支归一化总输出功率 η 与偏移量 Δx 的关系; 图 6 表示 Y 分支两输出端的分束比与偏移量 Δx 的关系。其中, 实线表示的是分支角为 3° 时的曲线, 点划线表示的是分支角为 10° 时的曲线。图 5 表明在 3° 时 Y 分支输出光功率损耗受 Δx 影响较小。图 6 表明其分束比随偏移量增加而单调增加, 且增大速度变快。

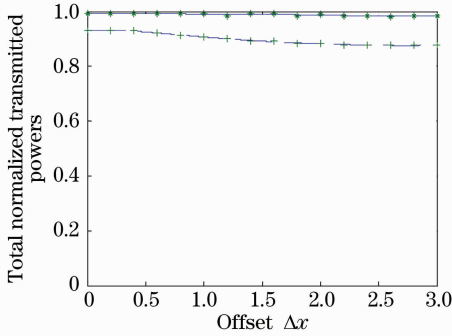


图 5 归一化总输出功率 η 与 Δx 的关系

Fig. 5 Relations between total normalized transmitted powers η and Δx

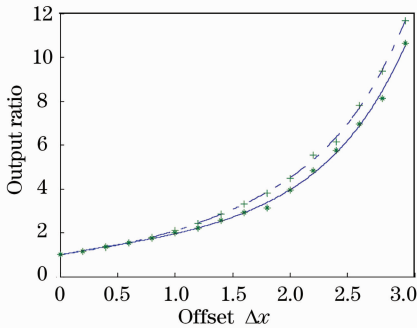


图 6 分束比 κ 与 Δx 的关系

Fig. 6 Relations between output ratio κ and Δx

上节推出了(2)式, 由它可知, 要实现 1×4 分束器均匀输出, 需要使各 Y 分支满足一定的分束比。由图 5 可知, 在 3° 时近似有 $\eta_1 = \eta_2 = \eta_3 = \eta = 0.98$ 。可得

$$\begin{cases} P_1 : P_1^* = 3.10 \\ P_2 : P_2^* = 2.04. \\ P_3 : P_3^* = 1 : 1 \end{cases} \quad (3)$$

由图 6 可求出各 Y 分支偏移量 Δx 的值, 得到 Y_1, Y_2, Y_3 这 3 个 Y 分支 Δx 偏移量分别为 1.7670, 1.0353, 0。

采用上面的结果在波长为 1.55 μm 时进行模拟, 数值结果为: 平行型的 4 个输出分别是: 0.2406,

0.2406, 0.2481, 0.2331; 交叉型的 4 个输出分别为: 0.2406, 0.2331, 0.2481, 0.2406, 其对应曲线如图 7 和图 8 所示, 此时各输出端口的功率均分性要小于 0.3 dB。

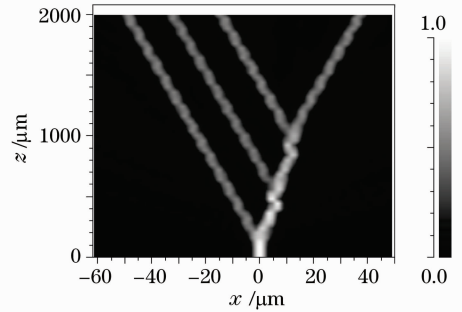


图 7 波长为 1.55 μm 时平行型结构模拟图

Fig. 7 Simulation graph of parallel type at wavelength of 1.55 μm

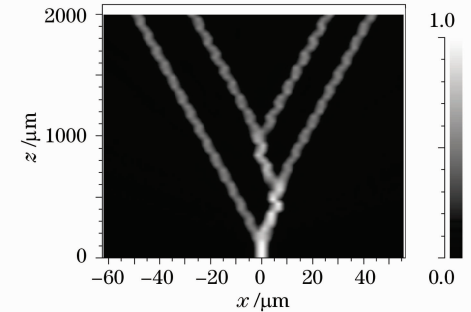


图 8 波长为 1.55 μm 时交叉型结构模拟图

Fig. 8 Simulation graph of cross type at wavelength of 1.55 μm

当光波长为 1.53 μm 和 1.57 μm 时, 其平行型的 4 个输出的模拟结果分别为: 0.2406, 0.2180, 0.2481, 0.2556 (1.53 μm) 和 0.2406, 0.2556, 0.2406, 0.2180 (1.57 μm); 交叉型输出的模拟结果分别为: 0.2406, 0.2256, 0.2256, 0.2707 (1.53 μm) 和 0.2406, 0.2256, 0.2481, 0.2406 (1.57 μm), 此时各输出端口的功率均分性要小于 0.8 dB, 其对应曲线如图 9 和图

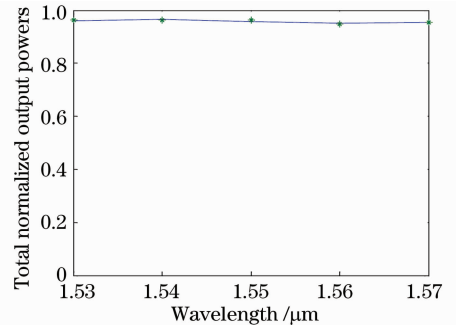


图 9 平行型输出功率与波长的关系

Fig. 9 Relationship between output power of parallel type and wavelength

10 所示,可知分束器总的光功率输出在一定波长范围内变化很小。当用 TE 模进行模拟时,也有此相似的结果。这说明所设计的 1×4 光功率分束器对波长和偏振态敏感性小。

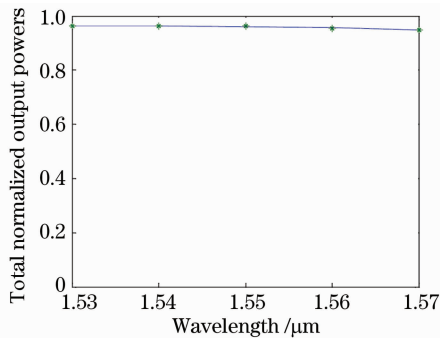


图 10 交叉型输出功率与波长的关系

Fig. 10 Relationship between output power of cross type and wavelength

4 结 论

以新型非对称 Y 分支波导结构为基础,设计出一种 1×4 光功率分束器,并通过二维有限差分光束传播法予以验证。结果表明,在 1.53, 1.55 和 1.57 μm 波长时各输出端口的 TM 模模拟功率均分性分别要好于 0.8, 0.3 和 42 dB, 在 TE 模时,也有相近似的数值结果。

参 考 文 献

- 1 H. Yajima. Dielectric thin-film optical branching waveguide[J]. *Appl. Phys. Lett.*, 1973, **22**(12): 647~649
- 2 S. H. Tao, Q. Fang, J. F. Song *et al.*. Cascade wide-angle Y-junction 1×16 optical power splitter based on silicon wire waveguides on silicon-on-insulator [J]. *Opt. Express*, 2008, **16**(26): 21456~21461

- 3 He Xiaowei. Design and application on a new wide-angle Y-branch waveguide with low radiation loss[J]. *J. University of Electronic Science and Technology of China*, 2004, **33**(1): 56~70
何晓薇. 一种新型低损耗 1×4 光分路器的设计[J]. *电子科技大学学报*, 2004, **33**(1): 56~70
- 4 Tong Xizhou, Zhou Jun, Zhen Huiru. Optimized design of a low-loss 1×3 optical splitter[J]. *J. Optoelectronics • Laser*, 2007, **18**(8): 927~930
佟西周, 周俊, 郑慧茹. 新型低损耗 1×3 光分路器的优化设计[J]. *光电子·激光*, 2007, **18**(8): 927~930
- 5 Zigang Zhou, Desen Liu. 1×4 buried optical power splitter fabricated by ion-exchange[J]. *Chin. Opt. Lett.*, 2003, **1**(11): 651~652
- 6 Massimo Olivero, Mikael Svalgaard. UV written 2×8 optical power splitter for FTTH applications[J]. *Opt. Express*, 2006, **14**(1): 162~170
- 7 Hanbin Lin, Jungyoung Su, Reishin Cheng *et al.*. Novel optical single-mode asymmetric-branches for variable power splitting[J]. *IEEE J. Quantum Electron.*, 1999, **35**(7): 1092~1096
- 8 K. Shirafuji, S. Kurazono. Transmission characteristics of optical asymmetric Y junction with a gap region [J]. *J. Lightwave Technol.*, 1991, **17**(9): 426~429
- 9 Tang Xionggui, Liao Jinkun, Li Heping *et al.*. Design and analysis for novel asymmetric Y-branch waveguides [J]. *Acta Optica Sinica*, 2009, **29**(8): 2077~2081
唐雄贵, 廖进昆, 李和平等. 新型非对称 Y 分支波导设计与分析[J]. *光学学报*, 2009, **29**(8): 2077~2081
- 10 Liao Jinkun, Tang Xionggui, Lu Rongguo *et al.*. Variational effective index analysis of polymer rib optical waveguide[J]. *Acta Optica Sinica*, 2008, **28**(12): 2267~2271
廖进昆, 唐雄贵, 陆荣国等. 聚合物脊形光波导的变分有效折射率法分析[J]. *光学学报*, 2008, **28**(12): 2267~2271
- 11 Tang Xionggui, Liao Jinkun, Li Heping *et al.*. Design and analysis for Y-branch waveguides with wide angle and low loss [J]. *Optoelectron. Lett.*, 2009, **5**(6): 401~404