

# 一种新型偏振无关光交错复用器的设计\*

邵永红<sup>1,2</sup> 冯进良<sup>2</sup> 姜耀亮<sup>1</sup> 郑 权<sup>1</sup> 钱龙生<sup>1</sup>

(1 中科院长春光学精密机械与物理研究所新产业公司, 长春 130021)

(2 长春理工大学, 长春 130022)

**摘 要** 设计了信道间隔为 50 GHz、纹波小于 0.05 dB、0.5 dB 带宽大于 0.27 nm、20 dB 带宽小于 0.32 nm 的新型 Gires-Tournois 谐振腔式 Michelson 干涉仪型偏振无关光交错复用器(即 Interleaver)。该滤波器由两个 c-偏振器、两个 Gires-Tournois 谐振腔和 s-光分光棱镜组成。入射光经该干涉系统产生两组等间隔互补条纹,形成了梳状分离谱,通过合理选取 Gires-Tournois 谐振腔各参量值和 Michelson 干涉仪两臂长值,可实现不同种类滤波器件,这类 Interleaver 具有零畸变、宽平坦带宽、高隔离度以及结构简单,易于装调等优点。

**关键词** 光交错复用器;滤波器;Gires-Tournois 谐振腔;Michelson 干涉仪

**中图分类号** TN253 **文献标识码** A

## 0 引言

光交错复用器<sup>[1-4]</sup>是将一路波长光信号分成两路,分别包含奇数路波长和偶数路波长,信道间隔倍增,利用这种技术既可以减轻现有 DWDM 器件复用/解复用对波长间隔要求的负担,又能提高系统传输容量。目前实现光交错复用器的技术有很多,如 BGTI 型<sup>[5]</sup>,光纤马赫-曾得(fiber Mach-Zehnder)干涉仪型<sup>[6]</sup>,晶体偏振光干涉型<sup>[7,8]</sup>,光纤光栅组合型<sup>[9]</sup>等。FM-Z 干涉仪型属于全光纤设计、插入损耗小、信道均匀性高、偏振相关损耗低。但光纤耦合器在控制工艺方面难度大。晶体偏振型光交错复用器是利用晶体的双折射效应和偏振光干涉原理,其插入损耗大,并且由于双折射晶体较长,温度补偿、加工尺寸控制及封装难度大。利用光纤光栅与环形器构成光纤光栅组合型光交错复用器,对温度敏感,稳定性差并且造价高。

本文设计了由两个 c-偏振器、两个 Gires-Tournois 谐振腔和 s-光分光棱镜组成的新型偏振无关光交错复用器,解决了以往制作该类器件需要镀制 50:50 消偏振分光膜的难题。

## 1 原理和实验

Gires-Tournois 谐振腔式 Michelson 干涉仪型光交错复用器<sup>[10,11]</sup>是基于 Michelson 干涉仪的干涉效应 Gires-Tournois 谐振腔的调相作用设计的,结构如

图 1,分别用 Gires-Tournois 谐振腔 1,2 代替 Michelson 干涉仪的两全反射镜,ΔL 控制器用于调整器件的位相变化。

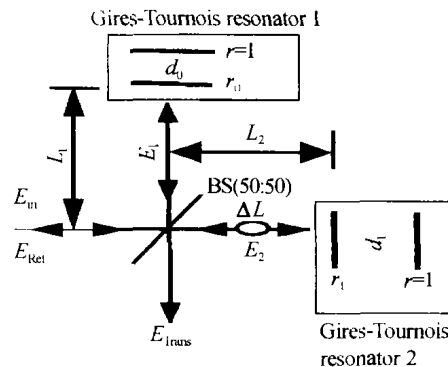


图 1 法布里-珀罗复合型光交错复用器结构图  
Fig.1 Schematic of interleaver using a michelson interferometer with gires-tournois resonator 1,2, as its reflecting mirrors 其透射方向和反射方向光强分别为

$$I_{Trans} = \sin^2 \left[ \frac{2kn(L_1 - L_2) + (\Theta_1 - \Theta_2)}{2} \right] \quad (1)$$

$$I_{Ref} = \cos^2 \left[ \frac{2kn(L_1 - L_2) + (\Theta_1 - \Theta_2)}{2} \right] \quad (2)$$

式中  $L_1$  和  $L_2$  为 Michelson 干涉仪的两个臂长,  $n$  为介质折射率(空气介质  $n = 1$ ),  $k = 2\pi/\lambda$ ,  $\lambda$  为真空波长,  $\Theta_1$  和  $\Theta_2$  分别为 Gires-Tournois 谐振腔 1、2 的位相应,即

$$\Theta_2(r_0, d_0) = -2\arctan \left[ \frac{1 - r_0}{1 + r_0} \tan(knd_0) \right] \quad (3)$$

$$\Theta_1(r_1, d_1) = -2\arctan \left[ \frac{1 - r_1}{1 + r_1} \tan(knd_1) \right] \quad (4)$$

式中  $d_0$  和  $d_1$  为 Gires-Tournois 谐振腔 1,2 的腔长,  $r_1$  和  $r$  分别为 Gires-Tournois 谐振腔 2 的第一面和第二面的光波电振幅反射系数,  $r_0$  和  $r$  为 Gires-Tournois 谐振腔 2 的第一个面和第二个面的光波电振

\*国家 863 计划项目(863-307-22-52)、中科院光电科技集团基金项目(KGCX2-405)  
Tel:0431-5696601 Email:yhszz@163.com  
收稿日期:2003-05-13

幅反射系数.

利用 Gires-Tournois 谐振腔的调相作用选择信道 ITU 信道中心波长,通过调节臂长差  $\Delta = L_1 - L_2$  和  $\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2$  (通过调节  $r_0, r_1, d_0, d_1$  实现)值可以实现各种信道间隔如(100 GHz, 50 GHz, 25 GHz, ...)的梳状滤波器,带通滤波器,带阻滤波器及可调滤波器等.

结构中 BS(50:50)是消偏振分光膜,由于光束以  $45^\circ$  入射,由菲涅尔公式知 s 光与 p 光反射系数不同,产生偏振效应.消偏振分光膜的偏振效应对器件性能的影响如图 2.

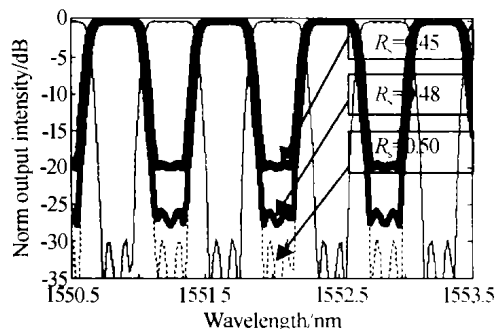


图 2 在不同反射率  $R_s$  (或透过率  $T_s$ ) 时,归一化输出强度波长曲线

Fig. 2 The normalized output intensity of the interleaver as a function of frequency at various  $R_s$  or  $T_s$ .

偏振效应对器件的隔离度产生严重影响,消偏振膜镀制的好坏,直接决定着器件是否具有实用价值,由于这种消偏振膜系必须是精确控制的多种膜料的非  $\lambda/4$  膜系,实际的镀膜工艺极难实现这种完全的消偏振分光,这无疑限制了器件的实用化.我们采用了 c-polarizer (产生两束振动方向相同的线偏振光)和强度比 50:50 的线偏振光(如偏振方向平行于入射面的 p 光或偏振方向垂直于入射面的 s 光)分光镜,实现了偏振无关的光交错复用器的设计.实验装置如图 3 所示.我们设计了信道间隔为 50 GHz 的光交错复用器,具体设计参量如下  $\Delta L = 5 \text{ mm}$ ,  $r_0 = 18\%$ ,  $r_1 = 36\%$ ,  $r = 100\%$ ,  $d_0 = 1.5 \text{ mm}$ ,  $d_1 = 3.2 \text{ mm}$ . 图 4 为归一化理论输出光强度曲线,图 5 为实验数据曲线.

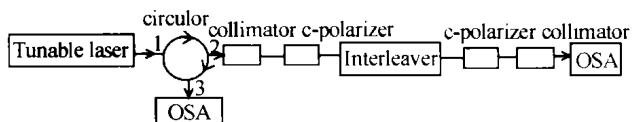


图 3 偏振无关光交错复用器实验装置

Fig. 3 Setting up of interleaver independent to polarization

容易看出,信道间隔为 50 GHz,通带平坦性相当好(畸变  $< 0.05 \text{ dB}$ ),0.5 dB 带宽大于 0.27 nm, 20 dB 带宽小于 0.32 nm,器件在整个工作频带内具有较高的一致性.理论曲线和实验曲线除中心波长位置略有偏差外,其它性质基本一致.中心波长的

偏差由制作 G-T 腔的腔长误差产生.由于该结构对 G-T 腔腔长要求很严格,中心波长偏差  $\pm 0.04 \text{ nm}$ ,要求腔长误差小于  $\pm 0.2 \mu\text{m}$ .

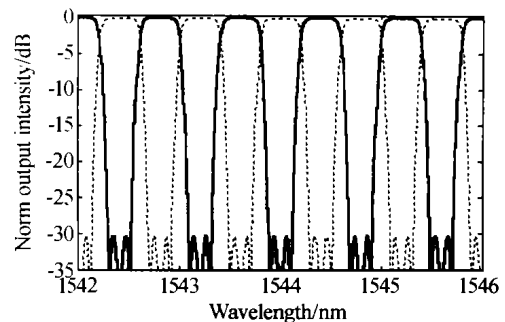


图 4 归一化输出强度随波长的变化曲线

Fig. 4 The normalized output intensity of the interleaver as a function of frequency

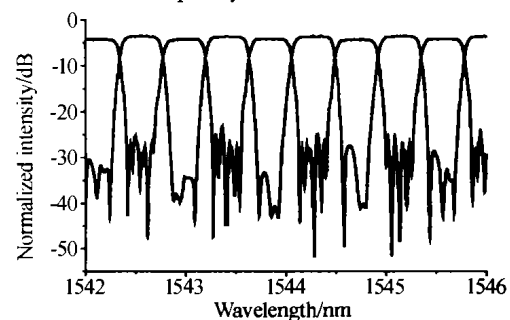


图 5 归一化输出强度随波长的变化实验曲线

Fig. 5 The normalized experiment output intensity of the interleaver as a function of frequency

## 2 结论

分析了 MGTI 型光交错复用器中关键器件的偏振影响,采用简单的 s-光 50:50 分光棱镜和 c-偏振器的结合,取代了难于制作的消偏振分光膜,实现偏振无关梳状滤波的作用.具体设计了信道间隔为 50 GHz、纹波  $< 0.05 \text{ dB}$ 、0.5 dB 带宽大于 0.27 nm、20 dB 带宽小于 0.32 nm 的新型偏振无关光交错复用器,实验结果满足实际需要,通过提高光学件的精度,可进一步提高器件性能指标.

## 参考文献

- 1 Shine B, Bautista J. Interleavers make high-channel-count systems economical. *Lightwave*, 2000, 8(8): 140 ~ 144
- 2 Li H S. The application and technical approaches of interleaver. *Proc SPIE*, 2001, 4581: 79 ~ 87
- 3 Zeng A, Chon J. Ultra-high capacity and high speed DWDM optical devices for telecom and datacom application. *Proc SPIE*, 2001, 4581: 13 ~ 20
- 4 葛文萍,殷宗敏.光通信中的波分复用/解复用器技术. *飞通光电子技术*, 2001, 1(1): 30 ~ 33  
Ge W P, Yin Z M. *Photon Technology*, 2001, 1(1): 30 ~ 33
- 5 Li W Z, Guo Q D, Gu S J. Interleaver technology review. *Proc SPIE*, 2002, 4906: 73 ~ 80
- 6 Liang F, Zeng H P, Wu L, et al. A bulk optical interleaver

- with flat passband by using cascaded Mach-Zehnder interferometer. *Proc SPIE*, 2002, **4906**:442 ~ 452
- 7 Guo H T, *et al.* A novel design method for birefringent interleaver. *Proc SPIE*, 2002, **4906**:398 ~ 406
- 8 Ke C J, Liu D M, Huang D X. Novel architecture of wavelength interleaving filter with fourier-transform-based crystal waveplate. *Proc SPIE*, 2002, **4906**:526 ~ 532
- 9 Loh W H, Zhou F Q, Pan J J. Novel designs for sampled grating-based multiplexers-demultiplexers. *Opt Lett*, 1999, **24**(21):1457 ~ 1459
- 10 Benjamin B D, Masayuki I, Koji M. Optical wave-front transformer using the multiple-reflection interference effect inside a resonator. *Opt Lett*, 1997, **22**(19):1449 ~ 1451
- 11 Benjamin B D, Aruga T. Properties of a novel noncascaded type, easy-to-design, ripple-free optical bandpass filter. *J of Lightwave Tech*, 1999, **17**(8):1461 ~ 1469

## A Novel Design of Interleaver Independent to Polarization

Shao Yonghong<sup>1,2</sup>, Feng Jinliang<sup>2</sup>, Jiang Yaoliang<sup>1</sup>, Zheng Quan<sup>1</sup>, Qian Longsheng<sup>1</sup>

<sup>1</sup> New Industries Corporation, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,  
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021

<sup>2</sup> Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022

Received date: 2003-05-13

**Abstract** A novel device possessing channel spacing of 50 GHz, ripple less than 0.05 dB, 0.5 dB bandwidth more than 0.27 nm, and 20 dB bandwidth less than 0.32 nm has been designed, which comprises two c-polarizers, two G-T resonators and one s-splitter. One incidence beam is splitted into two sub-beams with the same wavelength spacing. Through choosing right G-T spacing, reflectivity and Michelson arm lengths, various filters can be produced. This type of filter has square-like frequency response with zero ripple, wide flat-top, unity contrast, simple structure, stable performance and so on.

**Keywords** Interleaver; Filter; Gires-Tournois resonator; Michelson interferometer



**Shao Yonghong** was born in 1972, in Jilin, China. He received the B. S. degree in 1996 and the M. S. degree in 2001 from Changchun University of Science and Technology. He is presently pursuing the Ph. D. in optics at Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics. He is interested in optical communications and high performance solid-state laser.