

文章编号: 0253-2239(2003)04-0438-03

# 光纤光栅和环形器组成的光分插复用器 同频串扰特性研究\*

黄勇林 项 阳 李 杰 童峥嵘 开桂云 董孝义

(南开大学现代光学研究所, 天津 300071)

**摘要:** 对三种不同结构的光纤光栅和环形器组成的光分插复用器的同频串扰进行了实验研究。实验表明, 与常规的 I 型结构光分插复用器相比, II 型和 III 型结构中由上载端泄漏到下载端的同频串扰分别减少了 24.4 dB 和 39.3 dB, 由下载端泄漏到上载端的同频串扰分别减少了 23.6 dB 和 24.6 dB。

**关键词:** 波分复用; 光分插复用器; 光纤光栅; 同频串扰

中图分类号: TN256 文献标识码: A

## 1 引 言

光分插复用器(OADM)作为光传送网的重要器件,将在波分复用(WDM)系统中得到广泛应用。由于光纤光栅具有体积小、插入损耗低、波长可调、与偏振无关,而且容易与光纤系统耦合等特点,光纤光栅型光分插复用器器件倍受人們的青睐<sup>[1~3]</sup>。但是光网络中光分插复用器会引入串扰,如何减小串扰特别是同频串扰是亟待解决的问题。本文对三种不同结构的光纤光栅和环形器组成的光分插复用器的同频串扰进行了实验研究。实验结果表明,与常规的 I 型结构光分插复用器相比,在光纤光栅的反射率相同的情况下,II 型和 III 型结构中由上载端泄漏到下载端的同频串扰分别减少了 24.4 dB 和 39.3 dB,由下载端泄漏到上载端的同频串扰分别减少了 23.6 dB 和 24.6 dB。

## 2 光分插复用器的结构及实验结果

图 1 表示由光纤光栅和光环形器组成的三种不同结构的光分插复用器。图 1(a)是常规的 I 型结构,它包括一个光纤光栅和两个三端口环形器。多波长波分复用信号由输入端进入光环形器,光纤光栅对准一个波长,与光栅中心波长匹配的信号被光栅反射经环形器下路到本地,其他波长的线路信号

通过光栅经环形器跟上路波长合波,继续在线路上向前传输。在图 1(b)所示的 II 型结构中,另串联一个与第一个光纤光栅常量相同的光栅。当多波长波分复用信号进入环形器时,与光栅中心波长相匹配的信号绝大部分被第一个光栅反射,串接第二个光栅的目的是用来反射由第一个光栅泄漏的光,这样可以减少上载通道与下载通道以及上载通道与光分插复用器输出端口的同频串扰。图 1(c)所示的 III 型结构是在图 1(b) II 型结构基础上,在两个光栅之间串接一个光隔离器。这种结构不但能降低上载与输出端的同频串扰,而且能阻止上载通道的泄漏光,因此从上载通道到下载通道的串扰将大大减小。

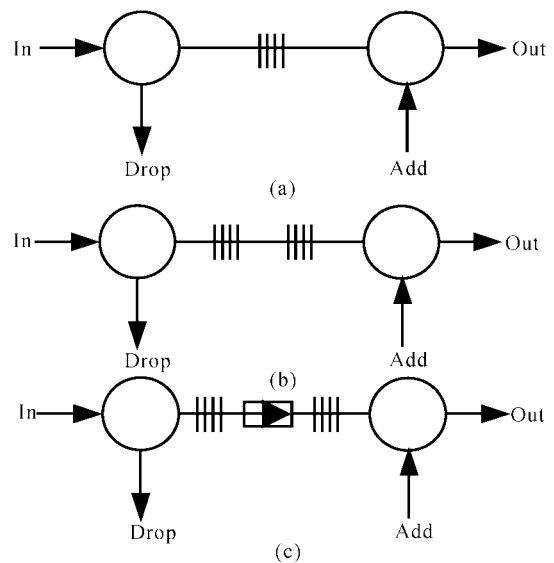


Fig. 1 Structures of optical add-drop multiplexers (a) I-type structure; (b) II-type structure; (c) III-type structure

\* 国家自然科学基金(6077012)、天津市自然科学基金(013601811)资助课题。

E-mail-huangyonglin@eyou.com

收稿日期:2002-04-08; 收到修改稿日期:2002-06-17

这种结构所具有的特性尤其适合上载通道的功率远大于下载通道功率情况下的光分插复用。

对三种不同结构的光分插复用器的同频串扰特性进行了实验研究。众所周知,光纤光栅型光分插复用器的性能与所选用光纤光栅的谱特性密切相关,为了提高性能,通常使用反射率高、平顶且反射谱轮廓陡峭的光栅。本实验采用的光纤光栅是自行研制的平顶光栅,其反射谱和透射谱特性如图 2 所示。从图可以看出,光栅反射谱的中心反射波长为 1550.948 nm, 3 dB 带宽为 0.348 nm, 反射率为 99.3%。所用光环形器的隔离度大于 51 dB,插入损耗小于 1 dB。

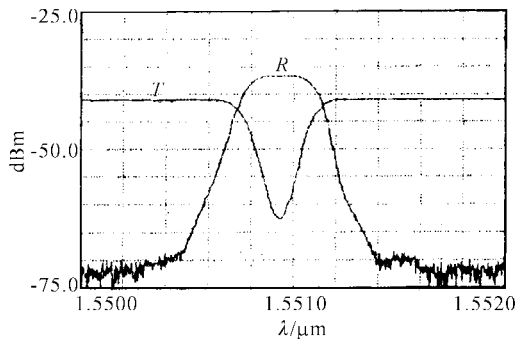


Fig.2 The reflection and transmission spectra of the fiber Bragg grating

为了研究三种不同结构光分插复用器的同频串扰,实验采用与光栅反射谱中心波长相近的连续输出光纤激光器作入射光源,其波长为 1550.840 nm。

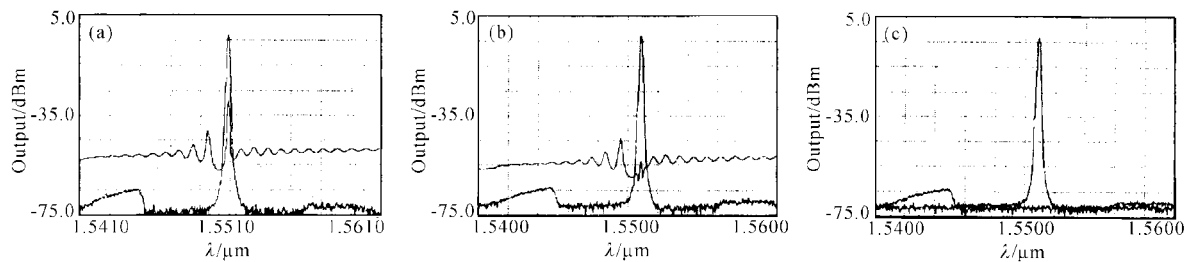


Fig.3 Output spectra of the dropped channel in optical add-drop multiplexers. (a) I-type structure; (b) II-type structure; (c) III-type structure

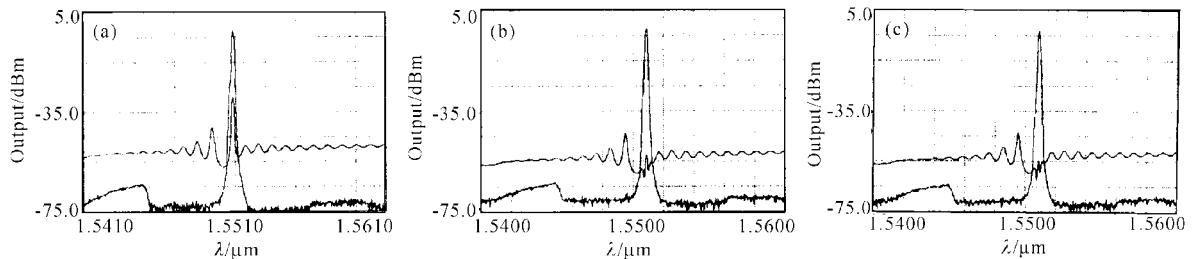


Fig.4 Output spectra of the added channel in optical add-drop multiplexers. (a) I-type structure; (b) II-type structure; (c) III-type structure

图 3(a)~图 3(c)分别表示 I 型、II 型和 III 形结构光分插复用器下载通道的输出谱,图 3(a)中上面较强的谱对应 I 型结构波长 1550.840 nm 的下载谱,图 3(a)中下面较弱的谱对应由上载通道泄漏的光,从图中可以看出下载通道的同频串扰约 -26.8 dB,这种下载通道的同频串扰是由于本实验所用的光纤光栅的反射率为 99.3% 未达到 100% 的缘故。因此接近 100% 反射率的光纤光栅是光分插复用器获得较低串扰的关键。然而,如果采用 II 型和 III 形结构的光分插复用器,下载通道的同频串扰会显著减小,如图 3(b)、图 3(c)所示。由图 3(b)、图 3(c)可知,II 型和 III 型结构光分插复用器下载通道的同频串扰分别为 -51.2 dB 和 -66.1 dB,与 I 型结构相比,串扰水平减少了 24.4 dB 和 39.3 dB。图 4(a)~图 4(c)分别表示 I 型、II 型和 III 型结构光分插复用器上载通道的输出谱,图 4(a)中上载通道的同频串扰水平为 -26.4 dB,同样,当采用 II 型和 III 型结构的光分插复用器时,这种串扰显著减小,II 型和 III 型结构光分插复用器上载通道的同频串扰分别为 -50 dB 和 -51 dB,比 I 型结构光分插复用器串扰水平减少了 23.6 dB 和 24.6 dB。实验结果表明,在光纤光栅反射率相同的情况下,II 型和 III 型结构光分插复用器的同频串扰较小,相比之下,III 型结构光分插复用器具有更低的同频串扰同时具有更好的性能。因此当光纤光栅的反射率不是太高的情况下,采用 III 型结构的光分插复用器将会使系统的性能大大改善。

串扰将导致系统功率恶化,由同频串扰产生的最大的功率恶化为<sup>[4]</sup>

$$P = -10 \lg(1 - 4\sqrt{\epsilon})$$

对 I 型结构和 II 型、III 型结构的光分插复用器,式中  $\epsilon$  分别为  $(1-R)/R$  和  $(1-R)^2/R$ ,  $R$  为光纤光栅的峰值反射率。图 5 给出了 II 型、III 型结构的光分插复用器与 I 型结构光分插复用器的功率恶化比较。从图中可以看出,光纤光栅的反射率越高功率恶化越小,反之就越大。在光纤光栅透射率相同的情况下,II 型、III 型结构的光分插复用器能有效地抑制同频串扰引起的功率恶化,与实验结果相一致。

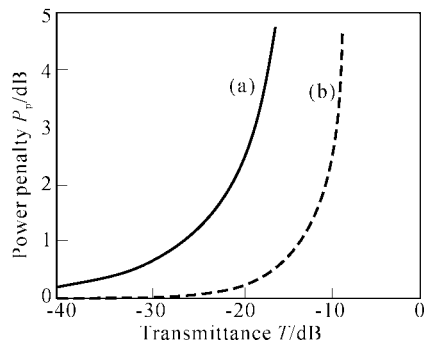


Fig. 5 Power penalty in optical add-drop multiplexers.  
(a) I-type structure; (b) II-type and III-type structure

**结论** 本文给出了三种不同结构的由光纤光栅和环形器组成的光分插复用器,并对这三种光分插复用器上下载的同频串扰进行了实验研究。与常规的 I 型结构光分插复用器相比,II 型和 III 型结构的光分插复用器下载端的同频串扰分别减少了 24.4 dB 和 39.3 dB,上载端的同频串扰分别减少了 23.6 dB 和 24.6 dB。在这三种结构中,III 型结构的光分插复用器比 I 型、II 型结构的光分插复用器具有更低的同频串扰特性和更好的系统性能。

### 参 考 文 献

- 1 Chen Y K, Hu C J, Lee C C *et al.*. Low-crosstalk and compact optical add-drop multiplexer using a multiport circulator and fiber Bragg gratings. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 2000, **12**(10):1394~1396
- 2 Zhao Hao, Qu Ronghui, Cai Haiwen *et al.*. Characteristics adjustment of an all-optical Mach-Zehnder add/drop multiplexer. *Acta Optica Sinica* (光学学报), 2001, **21**(5):589~592 (in Chinese)
- 3 Se Yoon Kim, Sang Bac Lee, Seo Won Kwon *et al.*. Channel-switching active add/drop multiplexer with tunable gratings. *Electron. Lett.*, 1998, **34**(1):104~105
- 4 Goldstein E L, Eskildsen L, Elrefaie A F. Performance implications of component crosstalk in transparent lightwave networks. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1994, **6**(5):657~660

## Homodyne Crosstalk Performance of Optical Add-Drop Multiplexer Based on Fiber Gratings and Circulators

Huang Yonglin Xiang Yang Li Jie Tong Zhengrong Kai Guiyun Dong Xiaoyi

(Institute of Modern Optics, Nankai University, Tianjin 300071)

(Received 8 April 2002; revised 17 June 2002)

**Abstract:** Three kinds of add-drop multiplexers (OADMs) based on fiber gratings and circulators are proposed and demonstrated. There is significant homodyne crosstalk reduction of about 24.4 dB, 39.3 dB and 23.6 dB, 24.6 dB on the dropped and added channels, respectively, for the best proposed II-type structure and III-type structure as compared with the conventional I-type structure.

**Key words:** wavelength division multiplexer (WDM); optical add-drop multiplexers (OADM); fiber grating; homodyne crosstalk