

文章编号: 0258-7025(2010)06-1430-04

熊猫型保偏光纤光栅耦合器制备工艺及光分插复用实验研究

杨华勇 姜 暖 张学亮 胡永明

(国防科学技术大学光电科学与工程学院, 湖南 长沙 410073)

摘要 提出一种熊猫型的保偏光纤光栅耦合器,综合了光纤光栅优良的波长选择特性和光纤耦合器的多端口特点,最重要的是具有偏振保持能力,非常适用于全保偏光纤传感阵列系统的光分插复用。提出了熊猫保偏光纤光栅耦合器制作工艺,制作了三支熊猫保偏光纤光栅耦合器,测试发现在耦合区刻写光纤光栅对器件的偏振消光比没有产生明显的劣化影响。对器件进行了光分插复用实验,成功实现了 1536.6 nm 光的上行和下行,即光分插复用。

关键词 光纤光栅;光纤光栅耦合器;熊猫保偏光纤;光分插复用

中图分类号 TN253 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/CJL20103706.1430

Study on Fabrication and Optical Add-Drop Multiplexing Experiments with Panda Fiber Grating Coupler

Yang Huayong Jiang Nuan Zhang Xueliang Hu Yongming

(College of Optoelectric Science and Engineering, National University of Defense Technology, Changsha, Hunan 410073, China)

Abstract A new type of panda fiber grating coupler is proposed, which has the characteristics of fiber grating and fiber coupler, especially the capability of maintaining polarization. Fabrication technics is performed and three panda fiber grating couplers are successfully fabricated. Experimental research indicates that the polarization extinction ratio does not decrease after grating writing. The experiments of optical add multiplexing (OAM) and optical drop multiplexing (ODM) are carried out and the results show that the light with center wavelength 1536.6 nm can be add and drop multiplexing by this new device.

Key words fiber grating; fiber grating coupler; panda fiber; optical add-drop multiplexing

1 引 言

在波分复用(WDM)光纤系统中,光分插复用器(OADM)是一个关键器件,它从传输线路中有选择性地下载通往本地的特定波长光信号,同时上载本地发往另一节点的特定波长光信号。目前,常用的 OADM 主要由多个分立的光学(光纤)元器件组合搭建而成,这种结构的 OADM 有一些不可避免的缺陷,如结构比较复杂、尺寸较大、非全光纤器件、插入损耗大、稳定性差。1994 年, J. L. Archambault 等^[1]提出光纤光栅耦合器(FGC)的概念,将光纤光栅和

光纤耦合器两个器件有机地融为一体,综合了光纤光栅优良的波长选择特性和光纤耦合器的多端口特点,轻松地实现了光分插复用。到目前为止,国内外学者已经提出了几种结构的光纤光栅耦合器^[2~7],且有一些理论分析,如超模理论^[8]、统一耦合模理论^[9,10]。但现有文献所报道的光纤光栅耦合器均采用单模光纤制成,虽然已在制作工艺和技术指标上有所突破,但是光纤光栅耦合器仍存在损耗大、下载和上载效率低的缺陷。事实上,由于在光纤光栅耦合器的耦合区存在光的干涉,从干涉的角度分析,上

收稿日期: 2010-02-26; 收到修改稿日期: 2010-04-02

基金项目: 国家自然科学基金(60507010)资助课题。

作者简介: 杨华勇(1974—),男,博士,副教授,主要从事光纤信息技术和光纤光栅传感等方面的研究。

E-mail: yanghuayong@21cn.com

述缺陷本质上是由于光的偏振态不稳定导致基于干涉原理的光纤光栅耦合器输出的光功率存在波动。另一方面,对于全保偏光纤传感波分复用系统而言,若采用基于单模光纤的光纤光栅耦合器进行光分插复用,无法保证上、下载光信号的偏振态稳定。

本文提出一种熊猫型的保偏光纤光栅耦合器,该器件综合了光纤光栅优良的波长选择特性和光纤耦合器的多端口特点。最重要的是它具有偏振保持能力,既确保了耦合区干涉的稳定和器件性能的稳定,又属于全保偏光纤器件,适用于全保偏光纤传感阵列系统的光分插复用。

2 熊猫型保偏光纤光栅耦合器的原理和制备工艺

如图 1(a)所示,熊猫型保偏光纤光栅耦合器是一种 4 端口 OADM 器件。入射光从端口 1 入射,由

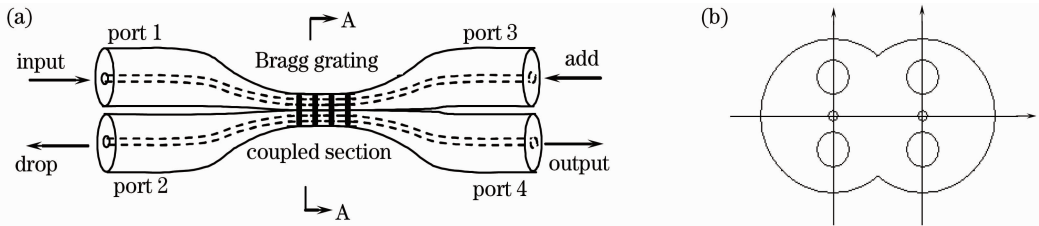


图 1 (a)保偏光纤光栅耦合器结构;(b)耦合区 A-A 横截面示意图

Fig.1 (a) Sketch structure of polarization-maintaining FGC; (b) cross section of A-A

保偏光纤光栅耦合器本身集成了光纤光栅和光纤耦合器两者的功能,因此制作工艺较为复杂。先将两根长度为 1.0~1.5 m 的熊猫型保偏光纤设定耦合区剥去包层,在对轴安装台上进行对轴和固定,保证两光纤的猫眼-纤芯-猫眼的连线平行;再采用成熟的熔锥型光纤耦合器工艺制作分光比为

于光栅的存在,满足 Bragg 反射波长条件的入射光将被光栅反射并从端口 2 输出,不满足 Bragg 波长条件的入射光依然从端口 4 输出,这样,就实现了光波下行复用(ODM)功能。同样,端口 3 入射的光满足 Bragg 反射波长条件时,被光栅反射,连同从端口 1 入射的不包含满足 Bragg 波长条件的光,一起从端口 4 输出,实现了光波上行复用(OAM)功能。这样,就完成了光的上/下行,即光分插复用。此外,由于采用的是保偏光纤制作的器件,在器件中传输的光的偏振态始终保持不变。

在耦合区中部采用相位掩模技术写入光纤布拉格光栅(FBG),且保偏光纤光栅耦合器的外部封装有不锈钢套管,不锈钢套管尺寸小于 $\phi 3.0 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$,对耦合器进行保护,耦合区截面结构如图 1(b)所示。

100%、未封装的保偏光纤耦合器,然后进行 V 型玻璃槽一次封装;取下器件后在高压条件下载氢 3 周,再采用 248 nm 的准分子激光器照射相位母板,直接在未封装的保偏光纤耦合器的耦合区写入光纤光栅;最后将该光纤光栅耦合器进行温度去敏封装。整个工艺流程如图 2 所示。

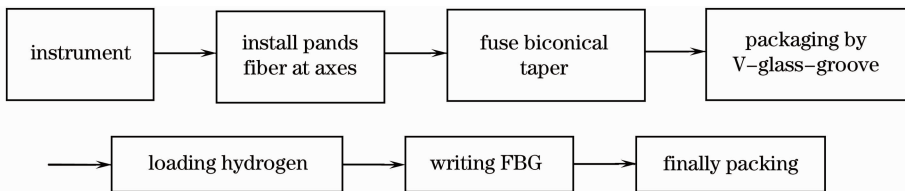


图 2 熊猫保偏熔锥型光纤光栅耦合器制作流程图

Fig.2 Flow chart of fused-tapered polarization-maintaining FGC

首先制作了 3 个保偏光纤耦合器,对耦合器仅进行了 V 型槽一次封装后的性能指标如表 1 所示。将保偏光纤耦合器高压载氢,3 周后取出刻栅。表 1 最后一栏是 3 个器件的刻栅以后的参数及刻栅后测

得的偏振消光比。刻栅前后对比可以看出,刻栅工艺过程对保偏耦合器的偏振消光比没有劣化影响,即该器件同时具有偏振保持特性。

表 1 V 型玻璃槽封装的保偏光纤耦合器的性能指标
Table 1 Characteristic of polarization-maintaining fiber coupler

Number	Splitting ratio /%	Added loss /dB	Extinction ratio before writing FBG /dB	Length and position of FBG	Extinction ratio after writing FBG /dB
BFGC-1	99.93	0.022	-21	10 mm, center	-26
BFGC-2	99.97	0.050	-20	6 mm, center	-24
BFGC-3	99.79	0.022	-20	6 mm, lean to right	-22

3 保偏型光纤光栅耦合器特性测试

3.1 光波下行复用实验

如图 3 所示,用波分复用器将两台光源[窄线宽可调谐激光器 Plus10 和一台分布反馈布拉格(DFB)光源]合束,Plus10 光源设与光纤光栅中心

波长 1536.6 nm 一致,DFB 光源设定中心波长 1553.1 nm,合束后用光谱仪(OSA)观测的光谱如图 4(a)所示。波分复用器的合波端接待测器件的端口 1,用光谱仪观察保偏光纤光栅耦合器的端口 2 输出光谱,如图 4(b)所示。

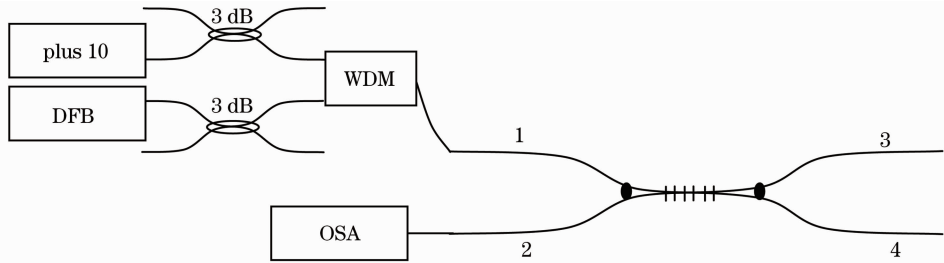


图 3 保偏型光纤光栅耦合器的 ODM 实验装置
Fig. 3 Schematic diagram of ODM experiment

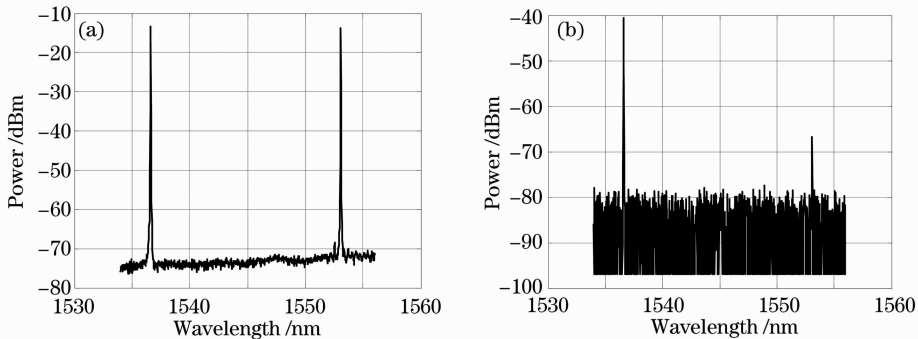


图 4 (a)两台光源合束后的光谱图;(b)测得的端口 2 输出光谱图
Fig. 4 (a) Spectrogram of lasers; (b) spectrogram of port 2

可见,与耦合区光纤光栅中心波长一致的 1536.6 nm 光实现了下行,不过下行光功率非常小,毫瓦量级的光输入,下行的仅为微瓦量级,衰减达 28 dB。通过与另一波长 1553.1 nm 的比较可得,信道隔离度大于 26 dB(间隔 16 nm)。

3.2 光波上行复用实验

如图 5 所示,为测试该保偏光纤光栅耦合器的上行功能,将 DFB 光源输出光的中心波长设定为 1553.1 nm,接入器件的端口 1;与耦合区光纤光栅

中心波长一致、输出光波长为 1536.6 nm 的 Plus10 光源接器件的端口 3,同时光谱仪监测端口 4 的输出光谱。

图 6(a),(b)分别是 Plus10 和 DFB 光源各自的输出光谱图,图 6(c)是光谱仪测得的器件端口 4 的输出光谱图。可见与光纤光栅中心波长匹配的 1536.6 nm 光在端口 4 有输出,实现了上行功能。不过输出光功率很小,衰减达 30 dB,上行效率较低。

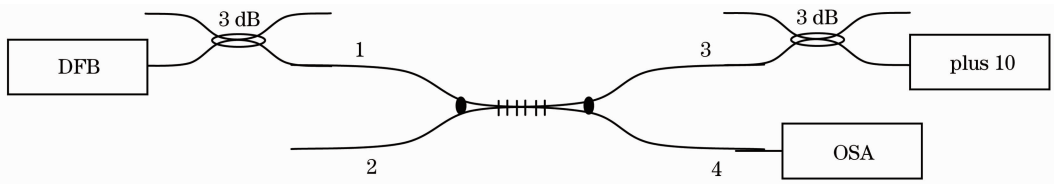


图 5 保偏型光纤光栅耦合器的 OAM 实验装置

Fig. 5 Schematic diagram of OAM experiment

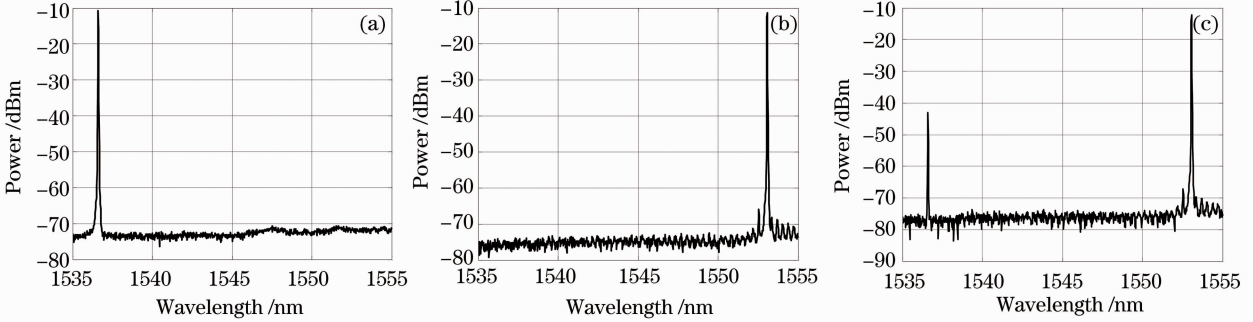


图 6 光谱图。(a)Plus10 光源；(b)DFB 光源；(c)端口 4

Fig. 6 Spectrogram of Plus10 (a), DFB (b), port 4 (c)

实验测得上下行的效率都较低,可能是因为耦合区的拉锥强度过大,过细的耦合区影响了光栅反射率,实际写入的光栅反射率并不高,而且由于光栅长度和位置是影响其性能的关键因素,要求耦合区的均匀部分区域要足够长,所以自制的耦合器耦合区形状还有待进一步研究。

4 结 论

针对采用熊猫保偏光纤制成光纤光栅耦合器的具体情况,提出了熊猫保偏光纤光栅耦合器制作工艺,制作了三支熊猫保偏光纤光栅耦合器,测试发现在耦合区刻写光纤光栅对器件的偏振消光比没有产生明显的劣化影响。对器件进行了 OAM 和 ODM 实验,成功实现了对 1536.6 nm 波长光的上、下行,即光分插复用。虽然器件的上、下行效率较低,但为将来在大规模全保偏型 DWDM 光纤传感系统中的应用展示了潜在的优势。

参 考 文 献

- 1 J. L. Archambault, P. St. J. Russell, S. Barcelos *et al.*. Grating-frustrated coupler: a novel channel-dropping filter in single-mode optical fiber[J]. *Opt. Lett.*, 1994, **19**(3): 180~182
- 2 F. Bilodeau, D. C. Johnson, S. Theriault *et al.*. An all-fiber dense wavelength-division multiplexer/demultiplexer using photoimprinted Bragg gratings [J]. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1995, **7**(4): 388~390
- 3 L. Dong, P. Hua, T. A. Birks *et al.*. Novel add/drop filters for wavelength-division-multiplexing optical fiber systems using a

- Bragg grating assisted mismatched coupler[J]. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1996, **8**(12): 1656~1658
- 4 I. Baumann, J. Seifert, W. Nowak *et al.*. Compact all-fiber add-drop-multiplexer using fiber Bragg grating [J]. *IEEE Photon. Technol. Lett.*, 1996, **8**(10): 1331~1333
- 5 F. Bakhti, P. Sansonetti, C. Sinet *et al.*. Optical add/drop multiplexer based on UV-written Bragg grating in a fused 100% coupler[J]. *Electron. Lett.*, 1997, **33**(9): 803~804
- 6 Pei Li, Zhao Ruifeng, Ning Tigang *et al.*. Wavelength-division demultiplexer based on FBG coupler [J]. *Acta Optica Sinica*, 2009, **29**(2): 308~311
- 裴 丽,赵瑞峰,宁提纲 等. 基于光纤光栅辅助耦合的 WDM 下话路研究[J]. *光学学报*, 2009, **29**(2): 308~311
- 7 Li Ming, Wu Yaming. Design of an optical add-drop multiplexer based on grating-assisted asymmetric coupler [J]. *Acta Optica Sinica*, 2005, **25**(11): 1543~1548
- 李 明,吴亚明. 一种基于斜光栅辅助的非对称耦合器型光分插复用器[J]. *光学学报*, 2005, **25**(11): 1543~1548
- 8 Luo Aiping. The theoretical and experimental investigations of fusion-tapered fiber devices[D]. Shanghai: Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, 2004
- 罗爱平. 若干熔锥型光纤器件的理论和实验研究[D]. 中国科学院上海光学精密机械研究所博士学位论文, 2004
- 9 Zhu Songlin, Zhang Xianmin, Chi Hao *et al.*. Analysis of Bragg grating-assisted optical fiber symmetric couplers employing the unified coupled-mode theory [J]. *Acta Optica Sinica*, 2001, **21**(8): 990~995
- 朱松林,章献民,池 灏 等. 用统一耦合模理论分析含布拉格光栅的对称光纤耦合器的传输特性[J]. *光学学报*, 2001, **21**(8): 990~995
- 10 Jiang Weiwei, Li Jian, Zhao Ruifeng *et al.*. Analysis of fiber grating written in fiber coupler by employing the unified coupled-mode theory[J]. *Acta Optica Sinica*, 2010, **30**(3): 644~649
- 江微微,李 坚,赵瑞峰 等. 用统一耦合模理论分析光纤光栅耦合器型滤波器的滤波特性 [J]. *光学学报*, 2010, **30**(3): 644~649