

文章编号: 1001-3806(2002)02-0111-03

双信道解复用长周期光纤光栅的实验研究

何万迅 施文康

(上海交通大学自动检测研究所, 上海, 200030)

叶爱伦

(上海交通大学区域光纤通信网与新型光通信系统国家重点实验室, 上海, 200030)

摘要: 长周期光纤光栅是近几年出现的一种波长选择滤波器件。利用其波长选择损耗特性, 提出将之用于 1310nm/1550nm 波分复用系统的解复用。采用电弧熔融刻槽的方法, 制备了长周期光纤光栅。并通过控制电弧放电过程和光栅的周期长短及周期数, 得到了较为理想的谱特性。结果显示, 其通道插入损耗能够小于 0.5dB, 20dB 损耗阻带带宽可达 15nm, 信道隔离度估计约 25dB。

关键词: 长周期光纤光栅; 波分复用; 电弧放电; 插入损耗

中图分类号: TN929.11 文献标识码: A

Experimental study on long period fiber grating applied in two channel wavelength division demultiplexer

He Wanxun, Shi Wenkang

(Institute of Automatic Detection, Shanghai Jiaotong University, Shanghai, 200030)

Ye Ailun

(State Key Laboratory on Local Fiber Communication Networks and Advanced Optical Fiber Communication Systems, Shanghai Jiaotong University, Shanghai, 200030)

Abstract: A long period fiber grating (LPFG) is a wavelength selective filter developed in recent years. According to its behavior of wavelength dependent loss, a LPFG is used as wavelength division demultiplexer for 1310nm/1550nm-wavelength division multiplexing (WDM) system. By means of groove curving with electric arc discharge, several LPFGs are fabricated. Ideal spectra of LPFGs are obtained by controlling the process of electric arc discharge and the period and the length of LPFGs. The results show that insertion loss of pass channel is able to be less than 0.5dB, 20dB-loss-bandwidth of rejection band is nearly 15nm, and that isolation of neighboring channel is about 25dB.

Key words: long period fiber grating (LPFG); wavelength division multiplexing (WDM); electric arc discharge; insertion loss

引言

波分复用技术是目前光纤通信中解决日益激增容量需求最为有效的方法。而波分复用器(包括复用器和解复用器)是实现波分复用技术的核心器件。迄今为止, 已经出现了多种波分复用器件^[1,2]。总的看来, 这些器件有的难于集成; 有的结构复杂, 加工困难, 成本昂贵; 有的对光路要求严格; 而有的插入损耗较大。

长周期光纤光栅是近几年出现的一种波长选择损耗无源光纤器件, 有着广泛的应用领域^[3], 也有一系列制备方法^[4]: 利用 Ar 离子激光器或者 KrF 激光器产生的紫外光束, 垂直扫描一块幅值掩模, 对掩模后载氢光纤横向曝光, 可以将长周期光纤光栅写入光纤纤芯; 利用 CO₂ 激光器熔融刻槽或者氢氟酸腐蚀刻槽, 然后退火的方法也可以制备长周期光纤光栅; 还可以利用电弧或者激光光源, 沿光纤轴向逐点释放光纤残余应力的方法在光纤纤芯中形成长周期光纤光栅。

根据长周期光纤光栅的波长选择损耗特性进行波分复用(解复用)。制备长周期光纤光栅采用电弧刻槽的方法, 要优于幅值掩模、激光刻槽及释放残余

作者简介: 何万迅, 男, 1974 年出生。博士研究生。主要从事光纤传感, 光纤通信, 信号检测方面的研究。

收稿日期: 2001-03-08; 收到修改稿日期: 2001-05-28

应力的方法。这是由于: (1) 光纤可用普通常规光纤; (2) 光纤无需预载氢, 也不同于基于微弯的电弧刻槽法^[5], 因为基本不形成微弯(放大镜下观察), 所以插入损耗可以很低, 而产生较大的折射率指数调制(达 10^{-3})。测试的损耗谱特性表明, 这是一种较为理想的有着潜在应用价值的解复用器。

1 工作原理

由模式耦合理论, 长周期光纤光栅是前向传播的纤芯基模与前向传播的各阶包层模式之间的耦合, 满足相位匹配条件的波长由纤芯基模转化为包层模式, 由于包层与空气之间的界面, 使包层中传播的模式强烈衰减, 而其余的波长保持在纤芯中传播。这样, 在光栅谱特性中表现为特定波长处出现损耗峰值。因此, 长周期光纤光栅是一种波长选择损耗光纤器件, 可以实现特定波长(谐振波长)的带阻滤波。谐振波长与长周期光纤光栅的周期及折射率指数调制深度有关, 阻带带宽与光栅的长度(周期数)等有关。控制长周期光纤光栅的周期与折射率指数调制深度(通过控制电弧放电过程来控制折射率指数调制深度), 使制备的长周期光纤光栅在 1310nm 波长插入损耗极低, 而在 1550nm 波长出现阻带损耗峰, 也就是说, 1310nm 的光能够基本无衰减的通过该器件, 而 1550nm 的光被截止。这样, 它就可以用于 1310nm/1550nm 波分复用系统 1300nm 信道的解复用。反之, 就可以实现 1550nm 信道的解复用。

2 器件制备

制备长周期光纤光栅的系统配置如图 1。图 1a 为长周期光纤光栅制备装置示意图, 图 1b 为 a 图圆内部分放大后的情况。

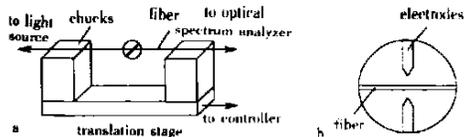


Fig. 1 Diagram of experimental setup for fabrication of LPFG

其中光源采用 Anritusu 公司的 MG922A 型宽带白光光源; 光栅用光纤采用 Lucent 公司的 G. 652 常规光纤; 刻有微型 V 槽准直的移动平台用于固定光纤; 由 GQR-2 型光纤熔接器改制的电弧发生装置对光纤进行刻槽; Anritusu 公司的 MS96A 型光谱分析仪分析光栅谱特性。制备过程大致如下: 首先将光纤中间一段剥除涂覆层, 用酒精擦拭干净以制备光

栅, 光纤两端同样处理, 保证一端与光源、另一端与光谱分析仪之间产生较理想的光耦合。将光纤固定在移动平台上, 略加轴向拉力保证光纤平直固定, 微型 V 槽进行光纤位置的准直, 使光纤中制备光栅的部分位于两电极之间, 高度略高于两电极所在平面。两电极同轴相对放置, 相距 1~1.5mm。电弧放电电流为 20~30mA。逐次热融刻槽以形成光栅的轴向周期性调制。控制每次放电时间, 太长会使光纤发生微弯, 明显增加插入损耗。分别以 540 μ m, 700 μ m 为周期, 周期数为 15 制备长周期光纤光栅。为得到较为理想的谱特性, 进行了多次重复电弧放电过程。来自宽带光源的光经连接器耦合进入光纤, 光纤另一端接光谱分析仪, 对制备的光栅进行光谱分析。之后, 将制备好的光纤光栅固定于封装平台上, 利用环氧树脂, 对制备的光纤光栅进行封装, 并采用紫外光源加速环氧树脂的凝固。

3 结果与分析

制备的长周期光纤光栅损耗谱特性如图 2, 图 3。

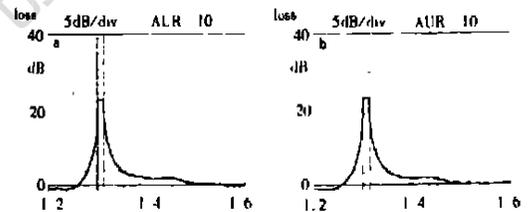


Fig. 2 Spectra of LPFG used in demultiplexing of 1550nm channel

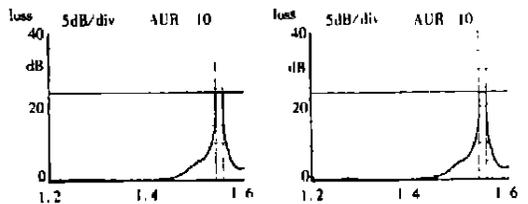


Fig. 3 Spectra of LPFG used in demultiplexing of 1310nm channel

图 2 为 540 μ m 周期的长周期光纤光栅损耗谱特性。图 2a, 图 2b 分别为封装前、后的长周期光纤光栅谱特性。图 2a 中, 1550nm 信道插入损耗为 1.4dB, 1310nm 信道 20dB 损耗阻带带宽为 14nm。如果采用更高强度的光源, 峰值损耗可超过 25dB, 峰值波长估计为 1305nm, 1550nm 信道对 1310nm 信道的信道隔离度可达 24dB。图 2b 为封装后的长周期光纤光栅谱特性, 与图 2a 相比, 谱特性略有变化: 1310nm 信道阻带中心波长略有移动, 但是 1550nm 信道插入损耗有所降低, 为 1.2dB。

图 3 为 700 μ m 周期的长周期光纤光栅损耗谱

特性。图 3a 为封装前,图 3b 为封装后。图 3a 中,1310nm 信道插入损耗约为 0.2dB,1550nm 信道 20dB 损耗阻带带宽为 15nm,采用更高强度的光源,1310nm 信道对 1550nm 信道隔离度可望超过 25dB。对比 a, b 两图可知,封装前后长周期光纤光栅谱特性基本不变。

显然,700 μm 周期的长周期光纤光栅是较为理想的 1310nm 信道解复用器件。由于实验条件的限制,制备的 1550nm 信道解复用器件效果不甚理想,插入损耗略显过大。

图 2 和图 3 中,阻带为平顶,原因在于白光光源强度有限。图 2 中,封装前后谱特性有所变化,经分析,原因在于封装过程与制备过程光纤状态不同,封装时,光纤轴向拉力有所增加,使得光栅谱特性表现为阻带向短波方向略有移动,而且在 1410nm 处有出现谐振峰的趋势。因此,为保证解复用器能够符合要求,应尽量使光纤在制备过程与封装过程状态保持一致。

在光栅制备之前,光纤固定于 3 轴移动平台时略加了轴向应力,这是为了光纤能够平直。如果光纤较松弛,电弧放电就会引起光纤颤动,影响刻槽效果。实验还发现,电弧放电会使光纤有所松弛,位置向下移动,因此,固定光纤位置略高于两电极。

在制备了 1310nm 阻带的长周期光纤光栅后,测试了外部折射率对其谱特性的影响。将制备的长周期光纤光栅浸入有甘油配制而成的折射率匹配液中,匹配液折射率指数从 1.33 到 1.467 变化。结果发现,匹配液折射率指数变化时,光栅谱特性有较为明显的变化,阻带中心波长有所漂移。并且对制备的长周期光纤光栅加以不同的轴向应力,发现谱特性也有明显的变化。轴向应力过大,谱中明显出现其它谐振峰。

因此,长周期光纤光栅制备之后需要封装,以稳

定其谱特性。封装之后,多次测试长周期光纤光栅(温度保持恒定),其谱特性基本保持不变。我们研究的是宽阻带的长周期光纤光栅,温度影响比窄带小得多,故没有涉及温度对长周期光纤光栅谱特性的影响。若为窄带时,必须考虑温度对长周期光纤光栅的影响,对光栅进行温度补偿。

4 总 结

利用高压电源通过一对电极产生的电弧放电,在单模常规光纤上实现了热融刻槽,制备了长周期光纤光栅。通过控制电弧放电过程和光栅的周期及长度,使制备的长周期光纤光栅谱特性表现了良好的波分解复用能力。结果表明,通道插入损耗可达 0.2dB,信道隔离度达到 25dB,能够实现 1310nm/1550nm 波分复用系统信道的解复用。如果实验方法进一步完善,实验条件得到改善,通带信道插入损耗小于 0.5dB(540 μm 周期的光栅)是能够实现的。而在特殊设计的光纤上制备两个级联的长期光纤光栅,并且特殊设计光栅及光栅之间的距离,则能够形成多波长带通结构的光栅谱特性,使多个波长的解复用成为可能。

参 考 文 献

- [1] Bilodeau F, Johnson D C, Theriault S *et al.* IEEE Photon Technol Lett, 1995, 7: 388- 390.
- [2] Takahashi H, Nishi I, Hibino Y. Electron Lett, 1992, 28: 380-382.
- [3] 何万迅,施文康,叶爱伦. 光学精密工程, 2001, 9(2): 104~ 108.
- [4] 何万迅,施文康,叶爱伦. 光学技术, 2001, 27(5): 396~ 400.
- [5] Kosinski S G, Vengsarkar A M. Splicer-based long-period fiber gratings, in OFC'98 Tech Dig, 1998: 278~ 279.
- [6] Narayanan C, Presby H M, Vengsarkar A M. Electron Lett, 1997, 33(4): 280~ 281.
- [7] Davis D D, Gaylord T K, Glytsis E N *et al.* Electron Lett, 1999, 35: 740~ 742.

(上接第 110 页)

透镜次之,正球差透镜最小。选用适当的负球差透镜,在实际焦面上可得到较大的 PIB, η 值和较小的 β 值,甚至可实现 β_1, β_2 小于 1。最后,值得指出的是,虽然我们仅以球差为例对矩形域中畸变环状超高斯光束的光束质量做了分析,但所用方法可进一步推广用于有任意位相畸变和振幅分布高功率激光的情况,因而具有普遍性意义。

参 考 文 献

- [1] Martinez-Herrero R, Piguoro G, Mejias P M. Opt & Quant Electron, 1995, 27: 173~ 183.
- [2] 吕百达. 激光光学. 成都: 四川大学出版社, 1992.
- [3] Siegman A E. OSA TOPS, 1998, 17: 184~ 199.
- [4] Li Y, Wolf E. Opt Commun, 1982, 42(3): 151~ 156.
- [5] Garay A. SPIE, 1988, 888: 17~ 22.