

用于 EDFA 泵浦的波分复用器的研制

吕敏¹ 杨笛¹ 张素娟²

(1. 中央民族大学 理学院, 北京 100081; 2. 63713 部队, 山西 036301)

摘要: 掺铒光纤放大器(EDFA)在密集波分复用(DWDM)传输系统中的广泛应用,使EDFA成为光放大器的主流.本文报道了用于EDFA泵浦的熔锥型980nm/1550nm波分复用器(WDM)的设计和制作方法.首先运用光纤耦合器的耦合机理,从理论上得出了耦合功率和拉伸长度的关系,以1550nm作为监控波长,当拉伸长度大约为检测波长的30000倍时,可以实现980~1550nm波分复用;其次采用熔融拉锥系统,制作了样品;测试表明,器件的隔离度大于21dB,附加损耗小于0.1dB,该器件的指标都达到了实用化的要求.

关键词: EDFA; 波分复用; 熔融拉锥; 性能测试

中图分类号: TN622 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-8036(2008)04-0069-04

1 引言

掺铒光纤放大器(EDFA)的出现解决了光电混合中继中信号传输容量扩大的“瓶颈”问题,且该器件不但可对光信号进行直接放大,同时具有高增益、宽带宽、低噪声、增益特性对光偏振状态不敏感、对数据速率和格式透明以及在多路系统中信道交叉串扰可忽略等优点,是光电光放大技术所不可比拟的.EDFA在密集波分复用(DWDM)传输系统中的应用大大增加了光纤的传输信息容量,使EDFA成为光放大器的主流^[1].980~1550nm波分复用器(WDM)是EDFA的关键器件,其性能的优劣对EDFA的质量有决定性的影响^[2].

光波分复用器件的发展经历了分立光学元件型、微光单元型、全光纤型、波导型等.全光纤熔融拉锥型的波分复用器具有体积小、重量轻、与其他光纤器件兼容、插入损耗小等优点,其研制技术一直引起人们的关注.采用熔融拉锥法实现传输光功率耦合的耦合系数与波长有关,因此在耦合过程中,耦合系统对波长是敏感的,利用这一特性可以制作波分复用器.本文首先从理论上设计了980~1550nm波分复用器,其次采用熔融拉锥系统制作了波分复用器样品,并对其进行测试,主要技术指标都达到了实用化的要求,本文对熔融拉锥器件的设计和制作有一定的指导意义.

2 熔锥型波分复用器的耦合模原理

图1表示熔融拉锥波分复用器的工作原理.两种波长的光同时从左边的输入臂进入,经过耦合区的作用后,其中一个波长的光由直通臂接近100%输出,而另一个波长的光在耦合臂接近100%输出,从而将不同波长的光分开.

收稿日期:2008-04-12

基金项目:中央民族大学青年教师科研基金资助项目(CUN36A).

作者简介:吕敏(1975-),女(汉),山西文水人,中央民族大学理学院实验师,硕士,研究方向:全光纤无源器件的制作.

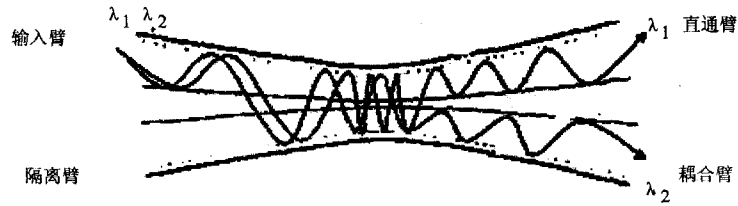


图 1 熔锥型波分复用器的原理图

Fig. 1 Theory chart of fused-taped WDM

在单模光纤中,传导模是两个正交的基模(HE_{11}),在 WDM 熔锥区,两光纤包层合并在一起,纤芯足够逼近,形成弱耦合,将一根光纤看做是另一根光纤的扰动,在弱导近似下,可以得到^[3]:

$$\begin{cases} \frac{dA_1(z)}{dz} = -j\beta_1 A_1(z) + jC_{21} A_2(z) \\ \frac{dA_2(z)}{dz} = -j\beta_2 A_2(z) + jC_{12} A_1(z) \end{cases} \quad (1)$$

式中 $A_1(z)$ 和 $A_2(z)$ 是两根光纤的模场振幅; β_1 和 β_2 是两根光纤在孤立状态的纵向模传播常数; c_{12} 、 c_{21} 是两个波导的耦合系数,与波长有关,当两波导完全相同时, $c_{12} = c_{21} = c$.

假设在 $z=0$ 时, $A_2 = 0$ 则

$$\begin{aligned} P_1(z) &= A_1(z) A_1^*(z) = \cos^2(cz) \\ P_2(z) &= A_2(z) A_2^*(z) = \sin^2(cz) \end{aligned} \quad (2)$$

耦合系数 c 由耦合波导结构决定.对间距为 d 的光纤:

$$c = \frac{\lambda_0}{2\pi n_1} \cdot \frac{u^2}{a^2 V^2} \cdot \frac{K_0(Wd/a)}{K_1(W)} \quad (3)$$

式中: a 为光纤半径; d 为两光纤轴的距离; n_1 为纤芯的折射率; λ_0 为真空中的光波波长; V 为光纤的归一化频率; u 、 W 为场的归一化径向相位常数和衰减常数; K_0 、 K_1 分别是零阶和一阶修正的第二类贝塞尔函数.

由(3)式可知耦合系数与波长有关,利用这一特性可以制作波分复用器.

利用(2)式和(3)式可以作出耦合比率与拉伸长度的关系如图 2 所示,当拉伸停止在图中所示的 E 位置时,则可以实现从一个端口输入的 980nm 和 1550nm 的分波功能,由于耦合系数的对称性,这样的器件也可以用作合波器.

3 实验制作

实验采用美国 Bayspec 公司的拉锥机,选用美国 Corning 公司的 SMF-28 光纤,将检验合格的两根单模光纤在耦合段剥去 20~30mm 的一次涂覆层并做清洁处理,然后将光纤置于精密夹具上.启动计算机,由计算机控制高温火焰喷嘴的移动和微电机的拉伸,同时实行在线监测,从一根光纤输入 1550nm 的稳定光功率,在直通臂和耦合臂检测输出光功率.用光功率计监测两输出端的功率比.

从实验制作情况可以知道,随着拉伸长度的增加,直通臂的功率下降,耦合臂的功率上升,当达到第

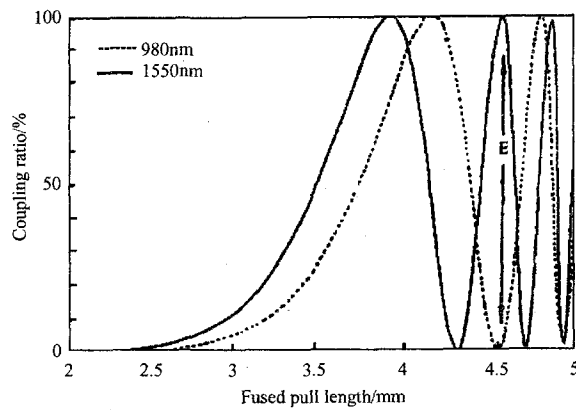


图 2 耦合比率与拉伸长度的关系

Fig. 2 The relationship of coupling ratio and fused pull length

1.5 个周期时,停止拉伸,这时 1550nm 的光基本上全部从一个端口输出.切换输入端为 980nm 的光,从屏幕上可以监测到这个波长的光基本上全部从另外一个端口输出.因为存在误差,要提高隔离度,所以进行了补拉^[4],使隔离度有所改善.

光纤耦合段退出加热区.立即安装石英玻璃基体以保护耦合段.

4 器件测试

本实验采用熔融拉锥系统制作大量样品,随机抽取 5 个样品进行测试.用 Agilent 86142B 型光谱分析仪和 86142B 型可调谐光源搭建了测试系统如图 3 所示:

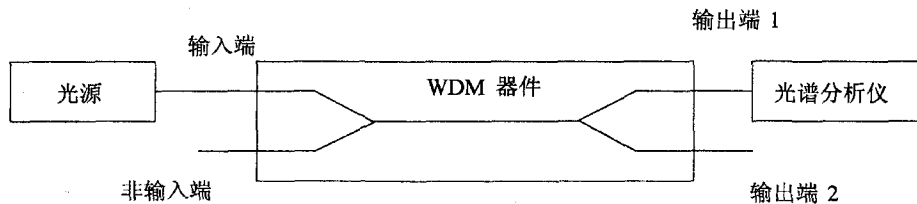


图 3 波分复用器测试框图

Fig. 3 The measuring chart of WDM

可调谐光源为耦合器提供输入光,利用光谱仪的内置功能可获得耦合器光学性能参数曲线,利用光谱仪的运算功能获得了如下主要技术指标如表 1 所示.

表 1 980~1550nm WDM 器件测试数据

Tab.1 The measuring data of 980nm/1550nm WDM

样品(号)	工作带宽 (nm)	隔离度 (dB)	附加损耗 (dB)	插入损耗 (dB)
1	(980 ± 10) ~ (1550 ± 15)	21.8	0.08	0.4
2		21.2	0.07	0.3
3		22.4	0.07	0.4
4		21.4	0.09	0.3
5		22.0	0.10	0.3

从表中可以看出,该器件的各项技术指标都达到了实用化的要求.从实验中验证了理论设计的正确性.

5 结 论

本文运用耦合模理论设计了 EDFA 中的关键器件 980 ~ 1550nm 单模光纤波分复用器,用熔融拉锥系统作平台,制作了大量样品,其隔离度大于 21dB,插入损耗小于 0.5dB,附加损耗小于 0.1dB,这些指标都满足实用化的要求.本文对熔锥型单模光纤无源器件的制作有一定的指导意义.我们将在后续研究中摸索新的工艺,以进一步降低插入损耗,提高隔离度和带宽.

参考文献:

- [1] 滕铁栋,毛培法,张江鑫.掺铒光纤放大技术及其在密集波分复用系统中的应用[J].中国有线电视,2003,(1):33-35.
- [2] 刘建龙,孙继斌,田久华.掺铒光纤放大器[J].现代电子技术,2004,(12):8-12.
- [3] 吴重庆.光波导理论[M].北京:清华大学出版社,2005.
- [4] 柳春郁,余有龙,高应俊.耦合器分光比的精确控制[J].光学技术,2004,30(6):743-744.

Study on Wavelength Division Multiplexer/Demultiplexer Applied to EDFA Pumping

LV Min¹, YANG Di¹, ZHANG Su-juan²

(1. College of Science, Central University For Nationalities, Beijing 100081, China;

2. The Army of 63713, Shanxi 036301, China)

Abstract: Erbium-Doped optical Fiber Amplifier (EDFA) is the mainstream device in the optical amplifier, because it is extremely widespread in the Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) transmission system. The design and fabricated methods of fused-taped 980 ~ 1550nm Wavelength Division Multiplexer/Demultiplexer (WDM) applied to EDFA pumping are reported. Firstly with the coupling theory of the fiber coupler, the relation between the coupling ratio and pull length is obtained theoretically. When the pull length is about 30000 times of monitoring wavelength, 1550nm, the device will realize the wavelength allocation. According to above result, the samples are manufactured successfully with the fused-taped system; The measuring results show that the isolation of the device is more than 21dB and the excess loss is less than 0.1dB. The performance of the device is conformed to the request very well.

Key words: Erbium-Doped optical Fiber Amplifier; Wavelength Division Multiplexer/Demultiplexer (WDM); fused-taped; performance measuring

[责任编辑:关紫烽]