

实验室创新

全光纤无源耦合器件制作过程中的
实践创新能力培养

王 丽, 陈江博, 金绍兴, 何士雅

(北京工业大学 应用物理系, 北京 100022)

摘要: 结合本科生毕业设计“全光纤光功率比耦合器件的制备”的实践过程, 在理论上基于光波的耦合波方程, 对熔融拉锥单模光纤耦合器的功率耦合比与拉伸长度、拉伸位置和损耗的关系进行数值模拟, 使本科生在毕业设计的有限时间内掌握一种基本软件工具。通过设计过程中的实践活动, 学生在指导教师的科研理念引导下, 利用实验室现有的设备制作出 2×2 型、单窗口 1×2 型 1550 nm 和 1310 nm 宽带耦合器, 并完成了对制备出的光纤耦合器的光功率和光谱的检测。在实践教学过程中, 突出体现了知识、能力、科研素质提高和创新能力的培养。通过无源耦合器件的制备, 培养了学生的实践动手能力和科研思维能力, 为今后的学习或就业奠定了良好的基础。

关键词: 实践能力培养; 科研创新意识; 本科生毕设; 光纤耦合器; 熔融拉锥机

中图分类号: G642.0 **文献标识码:** B **文章编号:** 1002-4956(2006)05-0013-03

Practical Ability Training of Manufacturing Process of Optical
Power Couplers for All Fiber by Fused Bi-conical Taper

WANG Li, CHEN Jiang-bo, JIN Shao-xing, HE Shi-ya

(Department of Applied Physics, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: In this paper, the relations of the ratio of power coupling and length of drawing in the standard fused and tapered coupler were obtained by using the coupling wave equation, and the distribution of optical fiber coupling was simulated. The optical powers with the finished coupler were analyzed, and have finished 2×2 , single-window 1550 nm and 1310 nm 1×2 wide band couplers, and detecting the spectrum and optical power of fiber coupled devices in the experiment. These results were based on the graduate project “manufacturing process of optical power couplers for all fiber by fused bi-conical taper”. All-fiber power couplers of manufacturing in experiment are according to theoretical results and the proof-test standard. The improving and cultivating of undergraduate knowledge, ability, scientific diathesis, analysis, and resolving problem are important in practice teaching.

Key words: practice ability training; scientific innovation idea; graduate design; optical fiber coupler; fused bi-conical taper

无源器件中的光耦合器, 特别是全光纤耦合器已经被广泛地应用于不同的光通信系统中。目前制备这种耦合器, 多采用熔融拉锥分支 FBT (Fused Biconical Taper) 技术。采用这种技术制造的全光纤

型耦合器, 具有很低的插入损耗、精确的分光比、良好的稳定性以及很高的性价比^[1]。入射的光功率在这个双锥体结构的耦合区发生功率再分配, 一部分光功率从“直通臂”继续传输, 另一部分光从“耦合臂”传输到另一光路, 实现光功率的耦合。利用 FBT 技术来制造高隔离度的波分复用器、光功率比耦合器件和滤波器件等光通信系统所需的无源器件已成为当前研发的热点^[2]。近年来, 我们为本科生开设了光电子与光通信专业物理实验。因为

收稿日期: 2005-08-17 修改日期: 2005-11-14

作者简介: 王丽 (1958—), 女, 教授, 博士生导师, 实验室主任, 从事物理教学和科研工作

基金项目: 北京工业大学教育教学基金项目 (北京市精品课程建设)。

学生在实验过程中,包括完成实验之后都对实验中的仪器设备及器件有兴趣,所以在本科生毕业设计中,我们选题让学生自己动手制备全光纤光功率比无源耦合器件,通过这一实践活动培养和锻炼学生。

1 实施方案和步骤

1.1 实施方案

熔锥法制备光纤耦合器件,是将打结或平行放置的两根同质光纤置于氢氧焰下加热,通过拉锥,得到按一定比例分光的光束耦合器件。光纤被加热后纤芯扩散,这时由原来的芯—包层全反射变为纤芯—空气全反射。毕设方案主要围绕着与设计题目相关的国内外参考文献的阅读、写出一篇不少于6000字的综述性文章、应用 Matlab 软件编程完成单模光纤耦合器的功率耦合比与拉伸长度、拉伸位置和损耗的关系进行数值模拟,使本科生在毕业设计的有限时间内掌握一种基本软件工具。实验上设计开发出光功率比分配的耦合器件样品。在毕设过程中注重培养学生独立思考、自己动手和与指导教师讨论互动的实践研究创新能力。

1.2 耦合器的制作步骤

在无源耦合器件制备过程中,我们采用 Bay Spec 公司生产的熔融拉锥机。首先让学生熟悉拉锥设备的使用及研制过程所需的光源及检测仪器的结构及性能,然后利用实验室现有的 EXFO 光功率能量计和 AQ6317B 高精度的光谱分析仪,对所用光源进行耦合器件制备前和制备后的功率及光谱进行分析。制备耦合器件过程分为准备阶段、参数设置阶段、光纤制备阶段、自动控制阶段、耦合器封装和灌胶封装流程。在耦合器的制作过程中,要获得性能良好的耦合器,必须要求做好耦合段的清洁处理工作,以免灰尘等异物影响耦合段之间的功率耦合。两光纤放置在夹具上时,应使耦合段平行紧靠,同时,使耦合段的中部正对火焰。熔拉完成后,应使用性能良好的胶对耦合器进行封装,以免耦合区产生应力,使耦合器的性能恶化。

2 实验结果及创新点

2.1 X 型耦合器制作及检测

实验采用美国 BAYSPEC 公司生产的熔融拉锥机,激光光源采用电子工业部 41 所生产的 1310 nm 和 1550 nm 的半导体激光器。两根单模光纤经过熔融拉锥机的熔融拉锥,制作成 3 dB 的 X 型耦合器。拉锥机记录的耦合曲线,如图 1 所示,其具体参数设置如表 1 所示。

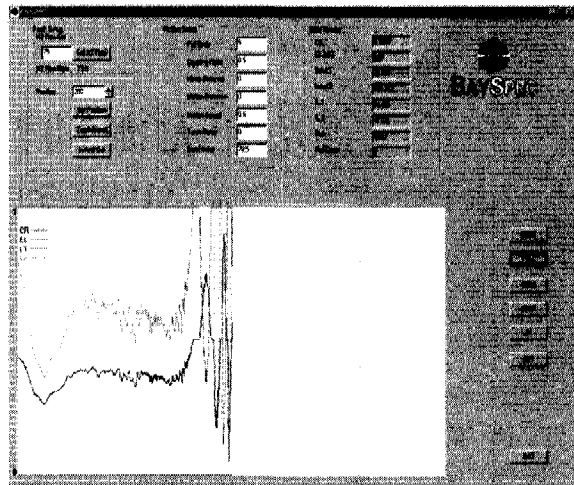


图 1 制作 X 型耦合器的拉锥曲线

表 1 熔融拉锥参数设置

H ₂ Flow Set (H ₂ 流量)	75
Position (火头位置)	200
Pull Cycle	5
Coupling Ratio (耦合比率)	0.5
Motion Speed (拉锥速度)	0.6
Band Index	78.5

采用 EXFO 光纤功率能量计测得 X 型功率比耦合器的输出端光功率实验曲线,如图 2 所示。由图 2 可知,制作出的 3 dB X 型耦合器插入损耗小于 0.4 dB,附加损耗小于 3.7 dB,方向性大于 57 dB 以及分光比均达到了 X 型 (2×2 型) 耦合器的检验指标要求。

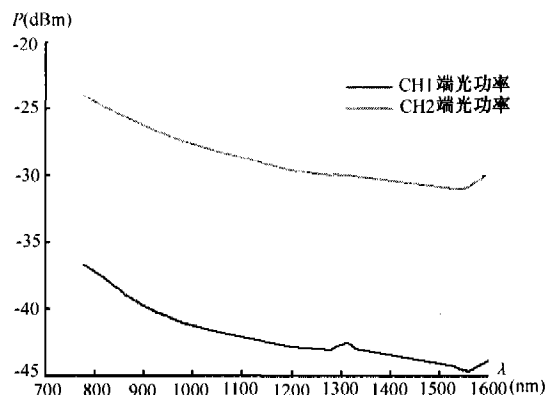


图 2 X 型光功率耦合器输出端光功率

2.2 Y 型耦合器制作及检测

采用 1550 nm 半导体激光器为光源,使用 BAYSPEC 熔融拉锥机制作 3 dB 的 Y 型耦合器,其预置拉锥参数如表 2 所示。拉锥机记录的拉锥曲线,如图 3 所示。对制作的 Y 型耦合器进行输出端功率测量,其检测结果如图 4 所示。由图可知,

以波长为 1550 nm 半导体激光器为光源的耦合器参数符合 Y 型 (1×2 型) 耦合器的主要技术指标。

表 2 Y 型耦合器拉锥参数设置

H ₂ Flow Set	75
Position	201
Pull Cycle	5
Coupling Ratio	0.5
Motion Speed	0.7
Band Index	78.5

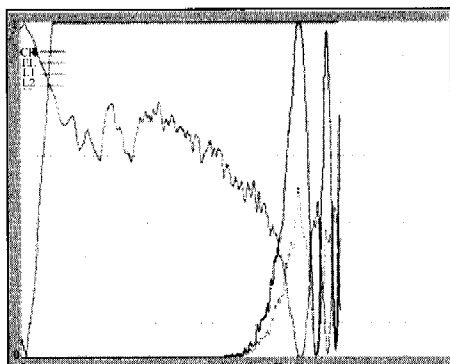


图 3 制作 Y 型耦合器的拉锥曲线

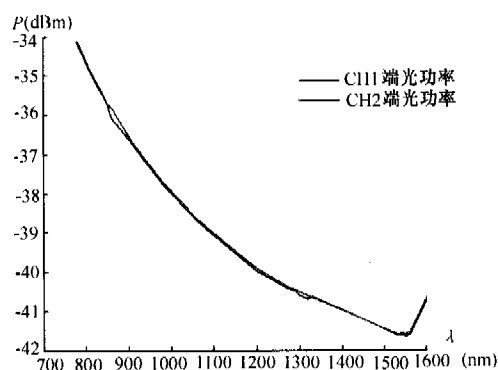
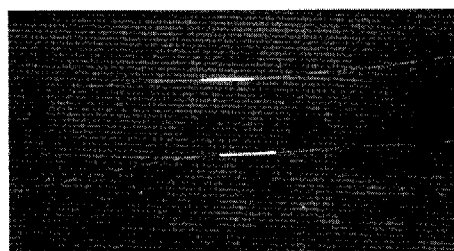


图 4 Y 型光功率耦合器输出端光功率

制备过程采用 Bay Spec 公司制造的熔融拉锥机制作出的 X 和 Y 型全光纤耦合器样品, 如图 5 所示。通过分析制作过程和所得结果得到: 制作出的 2 种耦合器的主要性能参数均符合要求, 也基本达到耦合器普通级检验标准^[3], 并且拉锥机显示的耦合曲线与理论上耦合曲线基本一致。学生通过全光纤熔融光功率比耦合器的置备, 体会到熔融拉

锥机的主拉伸平台的移动精度、氢气的流量、光纤的清洁、耦合器的封装、拉伸速度的控制、火头位置等均会影响到耦合器的光学性能, 其中最重要的是拉伸速度、火头位置以及耦合器的封装将直接影响耦合器的研制。该全光纤光功率耦合器件的制备成功, 将为我院应用物理 (光电子与光通信) 专业的本科生开发一个新实验。



上方为 Y 型耦合器, 下方为 X 型耦合器

图 5 耦合器实物图

3 实践预期的效果

无源耦合器件制备的设计过程, 克服了实践教学受课堂内容局限性的困扰, 学生接触科学研究技术, 了解了如何安排处理完成课题的创新过程。实践过程突出体现了知识、能力、科研素质提高和创新意识培养的思想, 在传授知识的同时, 注重学生分析问题和解决问题能力的培养, 注重学生探索和创新意识的培养。通过无源耦合器件的制备, 培养了学生的动手能力和科研思维能力, 为学生将来继续深造或就业打下了良好的科研素质基础, 培养了学生对知识学习的兴趣, 实践能力得到提高, 同时提高了学生研究的自信心。

参考文献 (References):

- [1] 林光. 全光纤型分支器件系列产品的研制 [J]. 光纤与电缆及其应用技术, 2002 (3).
- [2] 柳春郁, 余有龙, 高应俊. 熔锥型光纤耦合器损耗分析 [J]. 激光, 2004, 25 (5): 43-44.
- [3] Djafar K. Mynbaev. 光纤通信技术 [M]. 徐云松, 等译. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [4] W. shin, etc. All-fiber wavelength- and mode- selective coupler for optical interconnections [J]. optics letters, 2002, 27 (21): 1884-1886.

学校重视实验教学队伍建设, 制定相应的政策, 采取有效的措施, 鼓励高水平教师投入实验教学工作的。

摘自《教高 [2005] 8 号》文件