

工艺参数对光纤耦合器性能影响的实验研究

帅词俊 段吉安 苗建宇

(中南大学机电工程学院 长沙 410083)

摘要 以六轴光纤耦合机为实验平台,利用电子表面扫描显微镜观察了光纤耦合器的微观结构形貌,研究了熔融拉锥光纤耦合器的工艺参数、性能以及微观结构三者之间的相关规律。

关键词 工艺参数 光纤耦合器 熔融拉锥

中图分类号 TN929.11 **文献标识码** A

1 引言

光纤耦合器是一种光分路与合路的重要光无源器件,广泛应用于光纤通信、光纤传感以及相干光检测中^[1,2]。熔融拉锥(Fused Biconical Taper, FBT)技术是光纤耦合器的基本制作方法。它利用熔融拉锥两根单模(或多模)光纤,产生一段双向圆锥结构。入射的光功率在这个双锥体结构的耦合区发生光功率再分配,一部分光功率从"直通臂"继续传输,一部分光从"耦合臂"传输到另一光路,实现光功率的分配^[3-7]。采用这种技术制造的光纤耦合器能获得相对较低的插入损耗、较精确的分光比以及很高的性价比^[8-10]。但目前市场上广为应用的光纤耦合器存在两方面的问题,其一,成品率不高,其二,器件性能的一致性差。本文通过研究熔融拉锥工艺参数与光纤耦合器结构形状的关系,找到解决问题的方案。

2 实验过程

2.1 实验台

本文选用的单模光纤直径为 $125\mu\text{m}$,纤芯经过渗 GeO_2 处理,包层为纯 SiO_2 ,采用 MCVD(modified chemical vapor deposition)法制作。以 XYGD-SA2002 型六轴光纤耦合机为实验平台,如图 1 所示。选用高纯丙烷和高纯氧气燃烧获得熔融温度,利用 K 系热电

偶和 UJ-33 型电位差计测得了火焰的温度为 1100°C 左右。

2.2 实验流程

实验流程见图 2,在光纤耦合器控制前,需要对光纤进行预处理,如光纤的剥覆、打结与清洁等均用手工完成。在光纤耦合器的控制过程中,光功率探测器将探测到的光功率转换成电信号,经过数模转换电路转换成数字信号并传送到计算机系统,计算机将这些数据处理后,计算出相应的分光比、插入损耗、附加损耗等参数,并实时显示。当输出端达到操作者预先设定的分光比时,计算机发出停机指令,主拉锥平台自动停止拉锥,并且退出火焰。取出没有封装的耦合器作为测试样。

3 实验结果与分析

在目前的技术条件下,熔融温度通过高纯气体燃烧的方式获得,因此可调节的温度范围十分有限,这里主要考虑拉锥速度对器件性能的影响。在 $50\sim 400\mu\text{m/s}$ 速度范围内,以 25 的间距选取拉锥速度,共做了 15 组实验,每组实验抽样 10 个,取平均值后如表 1 所示。

根据表 1 可得到不同拉伸速度下的损耗曲线(如图 3)、损耗偏差曲线(如图 4)与分光比偏差(如图 5),

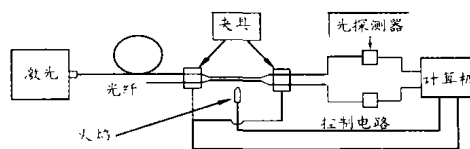


图 1 实验系统图

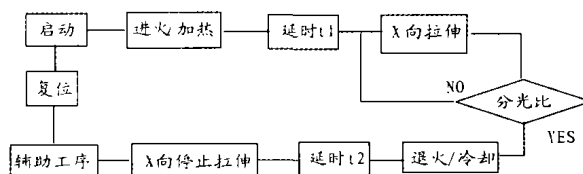


图 2 实验流程

收稿日期:2004-07-03

作者简介:帅词俊 男,1976 年生,博士研究生

研究方向:光纤器件制造、计算机辅助设计与制造

项目资助:国家重点自然科学基金资助项目(NO.50235040)

表 1 实验抽样数据

预设分光比	拉伸长度/ μm	拉伸速度/ $\mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	分光时间/s	实际分光比	分光比偏差	损耗/dB	损耗偏差
44	13500	50	286	50.98	0.91	0.45	0.15
44	13800	75	198	50.11	0.92	0.44	0.14
44	13700	100	154	50.12	0.48	0.42	0.16
44	13100	125	122	50.5	0.49	0.20	0.12
44	14500	150	114	51.17	0.59	0.11	0.07
44	14400	175	100	51.53	0.58	0.23	0.10
44	15500	200	95	52.52	0.56	0.48	0.18
44	14900	225	84	52.2	1.31	0.50	0.19
44	14600	250	76	53.1	1.64	0.73	0.24
44	14800	275	72	53.2	1.20	0.78	0.37
44	14900	300	68	53.13	1.23	0.98	0.49
44	14200	325	62	52.21	1.92	1.72	0.69
44	14400	350	60	52.7	1.67	1.32	0.71
44	14600	375	57	53.82	1.06	1.63	0.89
44	14300	400	55	51.74	2.34	1.71	0.85

由图 3、4、5 可知,拉伸速度对光纤耦合器损耗影响很大,一定的熔融温度条件,一定要与拉伸速度精确匹

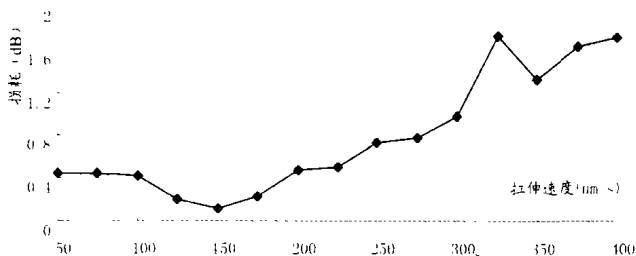


图 3 拉锥速度与损耗

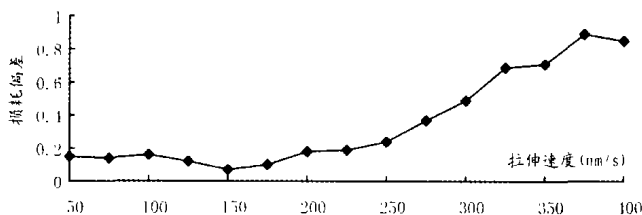


图 4 拉锥速度与损耗偏差

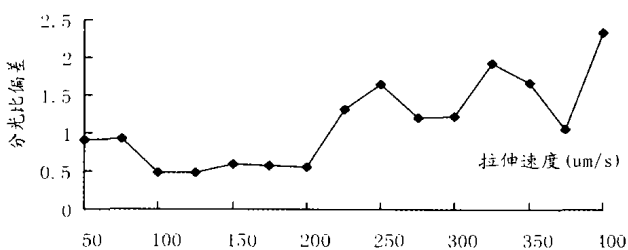


图 5 拉锥速度与分光比偏差

配,才能获得性能最优的光纤耦合器。如在当前的熔融温度 (1100℃左右) 下,与之相匹配的拉锥速度为 150 $\mu\text{m}/\text{s}$ 。此时不但损耗最小,而且损耗偏差与分光比

偏差也相对较小,即器件的光学性能一致性好。在当前的实验条件下,当拉锥速度小于 200 $\mu\text{m}/\text{s}$ 时,损耗变化较小,且偏差波动也较小,光纤耦合器性能相对较稳定。当拉锥速度大于 250 $\mu\text{m}/\text{s}$ 时,损耗增大很快,性能离散性也加大,耦合器性能降低。

4 显微形貌观察与分析

为找到光纤耦合器性能变化与微观结构的关系,通过扫描电子显微镜观察发现,在与当前温度相匹配的拉伸速度 150 $\mu\text{m}/\text{s}$ 时,光纤

耦合器的表面如图 6(a)所示,其表面较为光滑,很少有堆积或节瘤等缺陷,故其损耗少,损耗偏差与分光比偏差也小,器件的性能一致性好。当拉伸速度过低时,光纤耦合器在熔锥区产生了较多的材料堆积、节瘤等缺陷,图 6(b)是拉伸速度为 50 $\mu\text{m}/\text{s}$ 时的熔锥区表面,图 6(c)是拉伸速度为 100 $\mu\text{m}/\text{s}$ 时的熔锥区表面,可以看出拉伸速度愈慢,光纤堆积现象愈严重,对光纤耦合器性能的影响也会变得越严重。

当拉伸速度过快时,发现光纤耦合器的熔锥区表面产生了微裂纹,图 6(d)是拉伸速度为 200 $\mu\text{m}/\text{s}$ 时的熔锥区表面,图 6(e)是拉伸速度为 250 $\mu\text{m}/\text{s}$ 时的熔锥区表面,图 6(f)是拉伸速度为 300 $\mu\text{m}/\text{s}$ 时的熔锥区表面,不难看出拉伸速度愈快,微裂纹愈明显,导致光纤耦合器的损耗增大,损耗偏差也增大,性能降低。

在光纤耦合器拉锥的过程中,当拉伸速度较低时,光纤玻璃较早的达到了熔融状态,由于熔融态玻璃流动性大,光纤耦合器易产生材料堆积,并且速度愈慢,堆积现象愈严重。当拉伸速度较快时,光纤尚没有完全融化,拉应力没有完全松弛,这样会导致内应力增大,产生微裂纹,且拉伸速度越快,耦合器表面的微裂纹愈明显,严重时光纤会被拉断,导致耦合器制作的失败。这不仅影响光纤耦合器的光学性能。而且会影响使用寿命,尤其会降低光纤耦合器在潮温环境下的可靠性。

5 结论

★拉伸速度对光纤耦合器的损耗性能影响较大,

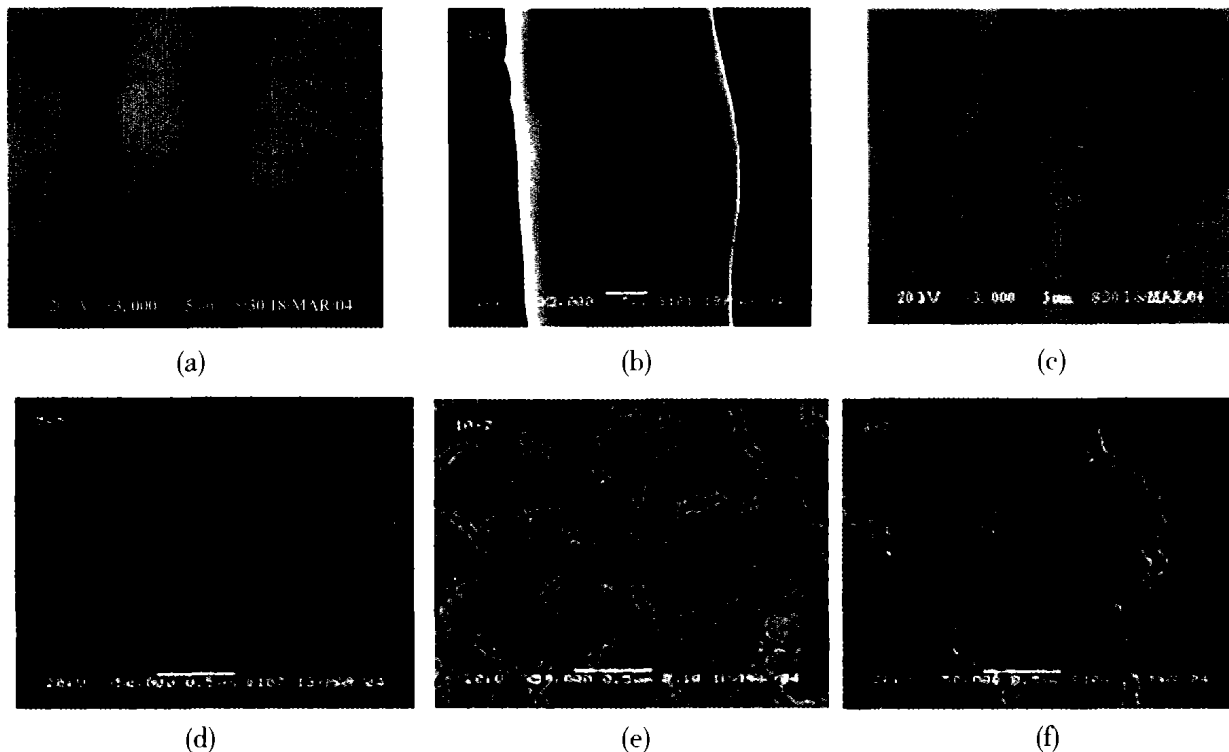


图6 拉伸速度对光纤耦合器微观结构的影响

在一定的火焰温度下,拉伸速度过高或过低,都会导致损耗增加,性能不稳定。

★当拉锥速度过低时,光纤耦合器表面产生了较多的材料堆积与结瘤,当拉锥速度过高时,光纤耦合器表面产生了微裂纹,这些缺陷不但会影响光纤耦合器的光学性能,而且会影响光纤耦合器的使用寿命与可靠性。

★光纤堆积、节瘤与微裂纹等缺陷的发现,对光纤耦合器实际生产有重要的指导意义。

参考文献

- 1 宋金声. 我国光无源器件的技术进展和发展趋势 [J]. 世界宽带网络, 2002,9(11):16~18
- 2 杨伟. 光纤无源器件技术发展趋势[J]. 宽带世界, 2003(3):38~40
- 3 敖晖军. 全球光纤耦合器市场浅析[J]. 光纤通信, 2001, 23(2):41~43
- 4 Wong W Y, L. Choy K. The Manufacturing of an Optical Fiber Coupler by the Fusion Elongation Method [J]. Journal of Materials Processing Technology, 1999, 63 (1): 325~331
- 5 Wu Ximing. Some key specs of optical fiber couplers [J]. optical fiber communication, 2002,24(1): 41~436
- 6 Wong W Y, L. Choy K. The Manufacturing of an Optical Fiber Coupler by the Fusion Elongation Method[J], Journal of materials processing technology, 1997, 63(1):123~129
- 7 Hong lifeng, Ge Chunfeng. The full wave optical fiber coupler of the Fused taped[J]. Acta physica sinica, 2003,52(2):390~394
- 8 Wei Daoping, Zhao Yucheng. Study on novel 2× 2 single-mode biconical

optical fiber couplers[J]. Journal of northern jiaotong university, 1998.6,22 (3):56~58

9 Diaouov E M. The differ condition influence in the process drawing fiber from prefabricate stick [J]. Glass tech, 1998.12,29(6): 123~129

10 Hu Xianzi, Zhi Jingjing. Research development of optical fibre material [J]. optical fiber communication technic, 1999,29(1):86~89

Effect of Technology Parameters on Performance and Structural Shape of Fused Biconical Taper Voupler

SHUAI Ci-jun, DUAN Ji-an, MIAO Jian-yu
(College of Mechanical and Electrical Engineering, Central South University, Changsha, 410083)

Abstract In this paper, a six-axis optical fiber coupler machine was used as experimental platform. Scanning electron microscope (SEM) was used to observe the structural shape of the optical fiber coupler. It was studied that the law between the three of technology, performance and microstructure of optical fiber coupler.

Keywords technology parameters; optical fiber coupler; fused biconical taper