

倒锥透镜型塑料光纤连接器光学特性研究

周 爱 苑立波*

(哈尔滨工程大学理学院光子科学与技术研究中心, 哈尔滨 150001)

摘 要 提出一种基于倒锥透镜光纤端的新型塑料光纤连接器. 为了增大光纤的数值孔径, 降低光纤端面对于对准准确度的要求, 连接器的光纤连接端面制成倒锥透镜形状. 利用截断法对该类型连接器的光学特性进行了测试. 1 m 长光纤跳线总损耗有 75.7% 集中在 5.4 dB~6.0 dB 之间, 连接损耗 70.7% 集中在 2.1 dB~2.7 dB 之间, 同一组跳线插拔 200 次连接损耗有 95% 集中分布在 2.2 dB~2.58 dB. 实验结果表明: 倒锥透镜型塑料光纤连接器可以满足“光纤入户”对连接器性能的要求.

关键词 塑料光纤; 光纤连接器; 倒锥透镜光纤端; 光学特性

中图分类号 TN929.11 **文献标识码** A

0 引言

塑料光纤(POF)以其抗弯曲和抗辐射强、价格低廉、安装方便等优点在光纤入户中显现出巨大的优势和发展潜力^[1,2]. 塑料光纤连接器作为塑料光纤网络中关键的无源器件之一也吸引了越来越多的研究. 高野芳伸提出的连接器通过一沿纵向方向夹住塑料光纤的槽, 将各塑料光纤的相对端面邻接和连接在一起^[3]; 于荣金等发明了一种用于混合棒耦合器与阶跃型塑料光纤之间的连接装置^[4]. 卢森特技术有限公司提出的连接器, 使塑料光纤不用防护环便能连接到一个光学器件上^[5]. 另外, 还有 AMP 公司生产的 F07 型双工塑料光纤连接器、索尼公司生产的小型多介质界面(SMI)连接器以及 HP 公司生产的塑料光纤连接器的 HFBR 系列产品等.

上述塑料光纤连接器中光纤端面基本上采用平面结构. 本文提出, 将光纤的连接端面改变为倒锥透镜形状, 目的是增大光纤的数值孔径, 降低光纤端面对于对准准确度的要求, 进而简化塑料光纤连接器的结构.

1 倒锥透镜型塑料光纤端

倒锥透镜型塑料光纤端是将塑料光纤端面加热制作成倒锥体形状^[6], 其结构如图 1. 可近似地看成

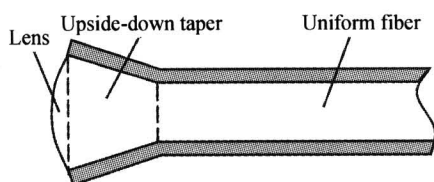


图 1 倒锥透镜塑料光纤端
Fig. 1 Schematic diagram of the upside-down taper lens polymer fiber end

由三部分组成: 透镜部分、倒锥体部分和均匀光纤部分. 通过对平面端出射光场与倒锥透镜光纤端出射光场性质的比较^[7,8], 倒锥透镜型塑料光纤端可以增大塑料光纤的数值孔径并提高集光效率^[9].

2 基于倒锥透镜光纤端的塑料光纤连接器

该种连接器由各个分立元件组成, 这种基于倒锥透镜形状光纤端的连接器, 具有装配操作简单, 无须专业训练, 只需将做好的套筒式散件依说明分别逐件装配, 并将光纤端制作成倒锥透镜形状, 将光纤端锁紧并拧紧即可实现光纤与光源、光纤与探测器以及光纤之间的耦合.

连接器的光纤套管外径均匀, 内径的前端部分做成倒锥形状, 后端与标准的塑料光纤的外径相同. 插好光纤的连接器的剖面图及示意图分别如图 2 和图 3.

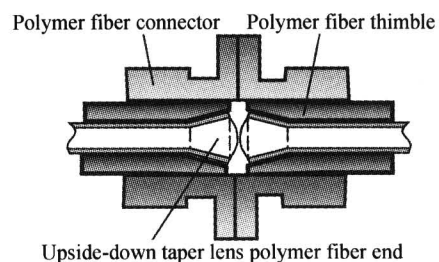


图 2 倒锥透镜塑料光纤连接器剖面图
Fig. 2 Section of upside-down taper lens POE connector

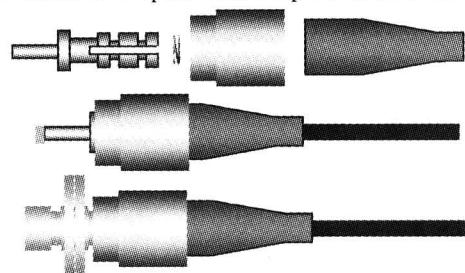


图 3 倒锥透镜塑料光纤连接器
Fig. 3 Schematic diagram of upside-down taper lens polymer fiber connector

* Tel: 0451-82519850 Email: lbyuan@vip.sina.com
收稿日期: 2005-06-27

3 光学特性测试与评估

实验中所用塑料光纤材料为 PMMA, 直径为 1000 μm.

3.1 光纤跳线总损耗特性测试方法与测试结果分析

实验所用光源为波长 670 nm 的 LED, 出纤功率 50 μW, 其短期稳定性 ≤ ±0.02 dB, 长期稳定性 ≤ ±0.15 dB. 先用探测器直接测出光源的总发光功率 P₀, 再将 1 m 长两端都做成倒锥透镜的 POF 跳线的一端与光源相连, 另一端用探测器探测(如图 4), 得到光功率 P₁, 然后利用公式: η = -10log(P₁/P₀) 便可得到两端具有塑料倒锥透镜端连接器的 1 m 长光纤跳线的总损耗.

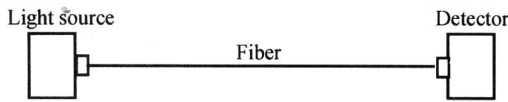


图 4 光纤跳线总损耗测试方法
Fig. 4 Test method of the total loss of fiber jumper

实验中分别用不同的光纤取了 243 组数据, 并对这 243 组数据做统计分布, 其统计分布图如图 5.

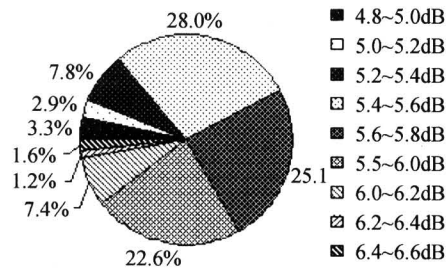


图 5 光纤跳线总损耗统计
Fig. 5 Statistics of coupling efficiency between polymer fiber and light source

从统计图中可以看出耦合效率有 75.7% 集中在 5.4 dB~6.0 dB 之间, 可见这种倒锥透镜型塑料光纤跳线的总损耗比较小.

3.2 光纤连接器损耗特性测试方法与测试结果分析

3.2.1 连接损耗

实验中将 1 m 长两端都做成倒锥透镜的 POF 跳线的一端与光源相连, 另一端与探测器相连(如图 6(a)), 测出光源发出的光经过一米光纤后的光功率. 然后将跳线与探测器断开, 通过一连接器和另外一根一米长的塑料光纤跳线相连接后再接到探测器上(如图 6(b)), 测出此时的光功率. 将测得的两组数据处理后便可得到连接器的插入损耗与 1 m 光纤的传输损耗之和, 由于 1 m 光纤的传输损耗可测, 最后可以算出连接器的插入损耗.

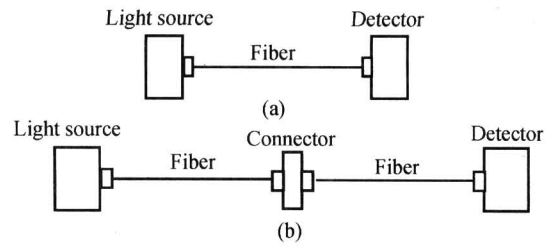


图 6 光纤连接器损耗特性测试方法
Fig. 6 Test method of losses characteristics of polymer fiber connector

在实验中用多根 UDTL 光纤跳线和多个 FC 型 UDTL 连接器组合取了 200 组数据, 然后对这 200 组数据做统计分布, 统计分布图如图 7. 从图中可以看出连接损耗 70.7% 集中在 2.1 dB~2.7 dB 之间.

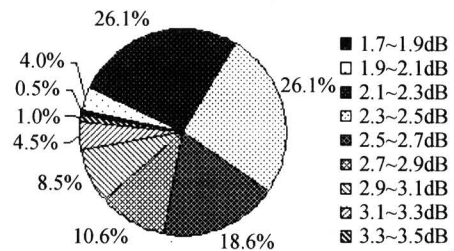


图 7 连接器连接损耗统计
Fig. 7 Statistics of connecting losses

3.2.2 重复性

在实验中还对同一组光纤跳线和连接器进行多次插拔测试. 实验装置与图 6(b) 相同, 光纤与光源和探测器相连的两端不动, 与连接器相连的两端插拔 200 次, 所得实验数据处理后的散点图和统计分布图分别如图 8 和图 9. 实验所得平均连接损耗为

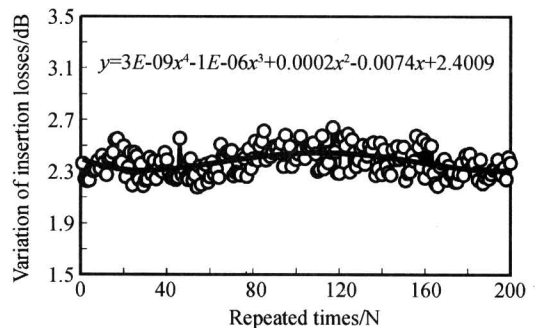


图 8 一组光纤跳线插拔 200 次损耗散点图
Fig. 8 Scatter diagram of insert 200 times

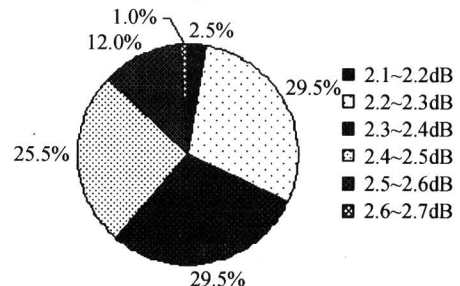


图 9 连接器重复性统计
Fig. 9 Statistics of repeatability

2.27 dB,最大值为 2.64 dB,最小值为 2.18 dB,其中 95%集中分布在 2.2 dB~2.58 dB.

3.2.3 互换性

任意选取 5 根跳线和 5 个连接器作互换性试验,共得到 50 组数据.对这 50 组数据所作的统计分布图如图 10.平均损耗为 2.71 dB,最小值为 1.96 dB,最大值为 3.24 dB.

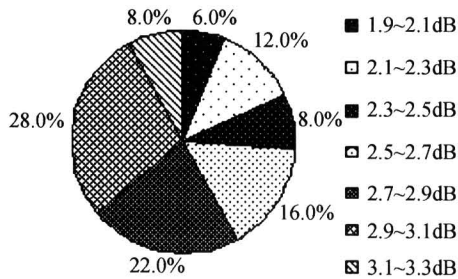


图 10 互换性统计分布图

Fig. 10 Statistics of interchangeability

从上面的连接器连接损耗、重复性和互换性中可以看出,连接器的连接损耗主要集中在 2.1 dB~2.7 dB.实验数据的一致性不好,主要原因是倒锥透镜光纤端是手工制作的,不能保证加热时间、光纤端与加热面的角度以及露出的长度的一致,从而导致倒锥透镜光纤端的一致性不好.

4 测试结果及分析

4.1 测试结果

1) 光纤端与光源的耦合效率 75.7%集中在 5.4dB~6.0 dB 之间.

2) 连接器的连接损耗 70.7%集中在 2.1 dB~2.7 dB 之间.

4.2 与其它类型塑料光纤连接器的参量比较

表 1 给出了由利恩和通讯技术公司代理的塑料光纤连接器的技术指标.该种连接器主要用于音频、CD 播放器、MD 播放器和数码照相机等.

表 1 利恩和公司代理塑料光纤连接器的技术指标

参数	数值
光纤直径	1mm
外层直径	2.2mm
光纤材料	PMMA
应用波长	650nm
衰减	<0.18dB/m
接头损耗	<0.5dB

与表 1 给出的光纤连接器相比,倒锥透镜型塑料光纤连接器的连接损耗较大,这是以如下两项目标为代价的.本文基于倒锥透镜端技术,实现了:1) 价格上,比普通电线连接插头与插座的价格要低;2) 技术上,任意的非专业人员均可以实现连接器的装配.这对于“光纤入户”来说是十分重要的.倒锥

透镜型塑料光纤连接器具备了制作简单,连接方便,对准准确度的要求低且成本低廉的优点.

5 结论

本文介绍了基于倒锥透镜光纤端的塑料光纤连接器的结构和工作原理,并对其光学特性进行了测试与评估.测试结果表明,基于倒锥透镜光纤端的塑料光纤连接器具有一定的连接损耗,对准准确度要求低.这种连接器对于“光纤入户”具有重要的意义,在短距离光纤通信和小型局域网系统中有广阔的应用前景.

参考文献

- 梁贵军,张国威.用于数字家电联网的塑料光纤.电子元件与材料,2003,22(11):46~49
Liang G J, Zhang G W. *Electronic Components & Materials*, 2003, 22(11):46~49
- 张宁,于荣金.一种用于塑料光纤接入网的多优先级控制协议设计.光子学报,2003,32(10):1192~1195
Zhang N, Yu R J. *Acta Photonica Sinica*, 2003, 32(10):1192~1195
- 旭硝子株式会社.连接塑料光纤的方法.中国专利,02106627,2.2001-02-28
Asahigarasu company. The technique of connecting polymer fiber. China patent, 02106627, 2. 2001-02-28
- 肖文辉,于荣金.塑料光纤连接器.中国专利,03145056,3.2003-06-07
Xiao W H, Yu R J. Polymer fiber connectors. China patent, 03145056, 3, 2003-06-07
- 卢森特技术有限公司.用于塑料光纤的连接器.中国专利,98126012,8.1998-02-22
Lucent technological limited company. Connectors used for connecting polymer fiber. China patent, 98126012, 8. 1998-02-22
- Yuan L B, Shou R L. Formation and power distribution properties of an upside-down taper lens at the end of an optical fiber. *Sensors and Actuators, A: Physical*, 1990, 23(1-3):1158~1161
- 苑立波,阮顺龄.倒锥透镜型光纤端的光场性质.中国激光,1993,20(11):823~828
Yan L B, Ruan S L. *Chinese Journal of Lasers*, 1993, 20(11):823~828
- Zheng S L, Zhang X M, Chen K S. Far field pattern and differential mode attenuation of PDF. *Acta Photonica Sinica*, 2003, 32(12):1434~1437
- 苑立波,寿瑞兰.倒锥体透镜型光纤端的集光性质及其对脉冲展宽的影响.光纤与电缆及其应用技术,1990,(1):33~37
Yuan L B, Shou R L. *Optical Fiber & Electric Cable and Their Applications*, 1990, (1):33~37

Characteristics of the Upside-down Tapered Lens Polymer Fiber Connector

Zhou Ai, Yuan Libo

Photonics Research Center, Harbin Engineering University, Harbin 150001

Received date: 2005-06-27

Abstract A new type of polymer optical fiber connector based on the upside-down tapered lens (UDTL) technique was proposed. To increase the numerical aperture of polymer fiber and reduce the requirement of fiber ends to registration precision, the fiber end of the connector was created into an upside-down taper lens. The optical characteristics of the connector have been tested. Over 75 percent of coupling efficiency between the light source and the UDTL fiber end is in the range of 5.4 dB to 6.0 dB. More than 70 percent of connecting losses are in the 2.1 dB~2.7 dB range. The insertion losses are in the range from 2.2 dB to 2.58 dB as the same suite of optical fiber jumper was inserted and drawn 200 times. The measured dates show that the performance of UDTL polymer fiber connector can meet the demand of fiber to the home.

Keywords Polymer optical fiber; Polymer optical fiber connector; Upside-down taper lens (UDTL) polymer fiber end; Polymer optical fiber connector characteristics



Zhou Ai was born in 1981 in Liaoning Province, China. She received her B. S. degree in 2003 and M. S. degree in 2005 from Harbin Engineering University (HEU). She works in the Department of Physics, School of Sciences, HEU from 2004. Now her research interests are optical fiber sensors and its application.