

单模光纤模场分布特性

杨士娟

(临沂大学实验管理中心,山东临沂 276000)

提要:介绍光纤的概念及其种类,光纤损耗和传输优点,并应用 matlab 软件数值模拟了单模光纤模场的分布特性,结论为光纤器件的制作提供参考。

关键词:单模光纤;模场分布;MATLAB 软件

中图分类号:TN248.1

文献标识码:A

文章编号:0253-2743(2013)02-0039-01

Single mode optical fiber mode field distribution characteristics

YANG Shi-juan

(Experiment Management Centre, Linyi University, Shandong, Linyi 276000, China)

Abstract: This paper introduces the concept and types of fiber, fiber loss and transmission advantages, and application of MATLAB software numerical simulation in a single-mode fiber mode field distribution, the conclusion is optical fiber devices to provide reference.

Key words: single mode optical fiber; Mode field distribution; MATLAB software

1966年7月,出生于上海的英籍华人高锟提出了用光纤作为新型通讯媒质传输具有重要的历史意义,2009年高锟也因在光纤发明上的重大贡献而获得诺贝尔物理学奖,1970年美国康宁玻璃公司的马瑞尔、卡普隆、凯克制成了世界上第一根低损耗光纤,1974年美国贝尔研究所发明了用CVD汽相沉积法使光纤损耗降低到1dB/km,1977年世界上第一根光纤通信系统在美国芝加哥市投入使用,20世纪70年代的光纤通信系统主要应用多模光纤,80年代后光纤逐渐采用单模光纤,90年代开始使用光纤放大器、波分复用器等新技术,从而使光纤通信技术广泛应用^[1]。

1 光纤概念及种类

光纤是光导纤维的简称,它是由高折射率的光纤纤芯包围在纤芯四周的包层以及最外层起保护和机械加强用的涂盖层组成的细长圆柱光波导结构。光纤内的光波传输特性主要受到纤芯的形状、大小、折射率分布以及纤芯和包层的折射率差等的限制。纤芯的形状根据需要可以设计成矩形、圆形、椭圆形和梅花形等形状。光纤通信是根据电磁波在光纤中产生的全反射进行传输的。光纤不是光缆,光缆是包裹的缆线,光纤与同轴电缆较为相似。

光纤按照光在光纤中的传输模式分为单模光纤和多模光纤。多模光纤中心玻璃芯比较粗,可以传输多种模式的光,但是模间色散比较大,传输数字信号比较差,距离如果增加这种现象会更加明显,多模光纤传输距离一般只有几千米。单模光纤中心玻璃芯较细,它只传输一种模式的光,模间色散比较小,适用于远距离传输。单模光纤对谱宽和稳定性有较高要求,要求谱宽窄,稳定性好。按照最佳传输频率窗口分为常规性单模光纤和色散位移性单模光纤。按照折射率分为阶跃折射率光纤和渐变型折射率光纤。阶跃型折射率光纤纤芯到玻璃包层的折射率是突变的,成本低、模间色散高,适用于短途低速通讯。渐变折射率光纤纤芯中心到玻璃包层的折射率是逐渐变小的,可使高次模的光波按照正弦形式传播,从而减少模间色散,提高光纤带宽,增加传输距离。

2 光纤的制作与损耗

光纤是利用高纯度的玻璃材料制作而成,根据玻璃所含化学元素不同分为石英系光纤和普通的多组分玻璃光纤。光纤的制作首先制作出预制棒,而后将预制棒放入高温拉丝炉中加热软化,以一定的比例尺寸缩小后拉制成直径很小且又长又细的玻璃丝,玻璃丝中的纤芯和厚度比例以及折射率的分布都与原始的光纤预制棒一样,就制成了光纤。有两种用于全玻璃光波导制作的基本方法,分别是汽相氧化过程和直接熔合法。直接熔合法按照传统的工艺是将处在熔融状态的石英玻璃的纯净组分直接制造成光纤。汽相氧化过程是将高纯度的金属卤化物与氧反应生成白色的SiO₂颗粒,这些颗粒可以采用四种不同方法中的任意一种收集在一个玻璃容器的表面,并经烧结制成洁净的玻璃棒或玻璃管^[2]。

光纤损耗是光波在光纤中传输时,随着传输距离的增加光功率逐渐减小。光纤损耗与波长有很重要的关系,它与传输距离成正比。其中损耗的主要因素有本征损耗、弯曲损耗、挤压损耗、杂质损耗、不均匀损耗和对接损耗等^[3,4]。

3 光纤传输的优点

光纤传输的优点主要有损耗低,比起同轴电缆传输损耗要小一亿倍,而且传输距离也比较长,传输损耗不需要引入均衡器进行均衡,因为在全部有线电视信号传输中具有相同的损耗,损耗还受温度的控制,频带宽也是光纤传输的一个优点,由于光纤比较细所以它的重量比较轻,安装携带都比较方便,光纤的主要材料是石英决定了光纤抗干扰能力比较强,因为光纤不传电只传光,它不受电磁场的干扰,所以光纤传输信号已不容易被窃听,工作性能可靠,成本低等都是应用光纤传输的优点^[5]。

4 单模光纤模场分布特性

图1、图2用 matlab 语言数值模拟了归一化频率分别为3Hz和1Hz时单模光纤中模场分布的二维图形。图3、图4用 matlab 语言数值模拟了归一化频率分别为3Hz和1Hz时单模光纤中模场分布的三维图形。从图1与图2和图3与图4的对比中可以看出归一化频率等于3必归一化频率取1时模场更加集中于纤芯。

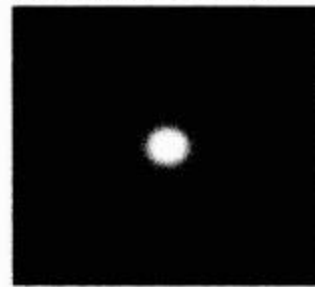


图1 归一化频率为3时的光纤中模场二维分布图



图2 归一化频率为1时的光纤中模场二维分布图

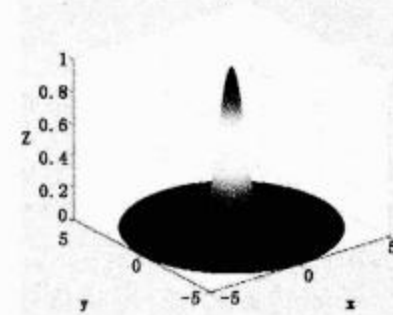


图3 归一化频率为1时的光纤中模场三维分布图

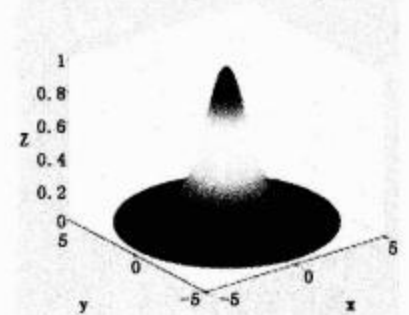


图4 归一化频率为1时的光纤中模场三维分布图

5 总结

总结了光纤的发展历史,介绍了光纤的概念种类,光纤的制作方法,传输特点,最后用 MATLAB 软件模拟单模光纤的模场特性。

参考文献

- [1] 欧攀,高等光学仿真[M].北京:北京航空航天大学出版社,2011.
- [2] Gerd Keiser,光纤通信[M].北京:电子工业出版社,2002.
- [3] 李院平.光纤传输过程中的色散特性[J].光谱实验室,2011,28(3): 1412-1414.
- [4] 杨颖.长周期光纤光栅光谱特性的研究[J].光谱实验室,2010,27(6): 2487-2490.
- [5] 张鹏,杨瑞峰,武锦辉等.基于光纤传输的数据实时监测系统[J].测试技术学报,2011,25(6): 548-551.

收稿日期:2013-02-21

基金项目:国家自然科学基金课题号(41101263),山东省自然科学基金(ZR2011AL013),山东省科技发展计划项目:2012GNC11015.

作者简介:杨士娟(1971-),女,山东临沂人,硕士,副研究员,主要从事光纤等方面的研究。