

文章编号: 1002-2082(2004)03-0005-04

塑料光纤(POF)的发展及其应用

刘天山

(河北科技大学 理学院, 河北 石家庄 050054)

摘要: 阐述了阶跃型塑料光纤和渐变型塑料光纤的发展过程及其国内外研究现状,介绍了塑料光纤在局域网、汽车工业、传感器等领域的应用。通过对石英光纤、金属电缆与塑料光纤的性能进行比较,得到了塑料光纤具有芯径大、柔韧性好、价格低廉、制作简单等特点。就塑料光纤在局域网、汽车工业、传感器等领域的应用进行了分析、总结,结果表明降低塑料光纤的传输损耗可以进一步扩大其应用领域。最后分析了我国塑料光纤的研究、生产现状与国际水平的差距,并提出了提高国产塑料光纤技术水平的建议。

关键词: 塑料光纤;阶跃型塑料光纤;渐变型塑料光纤;局域网

中图分类号: TN818-39

文献标识码: A

Development and Application of Plastic Optical Fiber

LIU Tian-shan

(College of Science, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang 050054, China)

Abstract: In that paper, I expatiated on the course of development and status quo of SIPOF and GIPOF at home and abroad, and introduced the application in LAN, CAN and OFS. As a guided-wave media, plastic optical fiber (POF) has gained an increasing attention in the world for its unexampled merits (easy fabrication, low cost, high plasticity and so on), comparing with silicon optical fiber and cable. Applications of POF in LAN, CAN and OFS were analyzed and summarized. The result indicates that applications of POF are limited by its transmission loss. The advice for how to raise the technical level of POF in China was brought forward at the end of the paper.

Keywords: POF; SIPOF; GIPOF; LAN

引言

随着光通信产业的迅速发展,光纤作为光信号的传输介质,起着信息高速公路的作用。目前,石英光纤由于其宽带、低损耗、适合长距离通信传输,而占据着光通信的主要市场。视频电子标准协会(VESA)开展的家庭网络标准化作业分析表明,家庭网络必须具备 100 Mbit/s 以上的数据传送速率。因此,短距离分布型网络(局域网、入户网等)光纤化势在必行。然而,由于石英光纤芯径小、连接复杂、成本高,所以在光纤入户时遇到很大的困难。随着短距离、大容量的数据通信系统及汽车等工业的

迅速发展,塑料光纤(POF)以其芯径大、柔韧性好、可塑性强、重量轻、价格低廉等优点而受到国际上的普遍关注。

为了对塑料光纤有一个较为全面的认识,本文在查阅有关文献的基础上,阐述塑料光纤的发展过程及其主要应用领域。

1 POF 技术的发展及国内外现状

1.1 阶跃型塑料光纤(SIPOF)的发展过程及现状

1968 年美国杜邦公司开发的 PMMA (有机玻璃) 芯阶跃型塑料光纤(SIPOF)是最早的塑料光纤

收稿日期: 2003-04-29

作者简介: 刘天山(1971-), 男, 河北临西人, 讲师, 主要从事光电信息处理的教学与研究。

(Plastic optic fiber, 简称 POF)^[1], 其损耗大约为 1000 dB/km。1974 年, 日本 Mitsubishi Rayon 公司, 申请了一项芯-包层塑料光波导专利, 以 PMMA 或 PS(聚苯乙烯)为芯材, 氟塑料为包层, 其衰减为 3500 dB/km(未指出波长)。70 年代中期, Schleinitz 提出 PMMA 芯光纤的强度可以由定向聚合的方法提高, 据报道其损耗低于 300 dB/km, 后来他又提出利用氘代 PMMA 可以在 690 nm 的较长波长上将损耗降低到 200 dB/km 以下。

早期的塑料光纤都是大数值孔径阶跃型塑料光纤。由于这种光纤色散较大, 带宽只能达到 5MHz·km, 不能满足高速数据通信的要求, 故一直以照明、汽车车灯监控等非通信应用为主。1980 年初, 三菱公司用高纯度单体来聚合 PMMA, 使传送损耗下降到 100~200 dB/km^[2~3]。1983 年, NTT Ibaraki 实验室 Kaino 及其同事将 PMMA 中的氢原子(H)用氘(D)置换, 使光波传输范围从可见光扩展到近红外, 其传输损耗下降到 20 dB/km^[4]。1995 年 Rayon 公司的 Eska MEGA 小数值孔径阶跃型塑料光纤使带宽扩展到 210 MHz·100 m, 适合于 ATM 论坛于 1997 年 5 月通过的 155 Mbps·50 m 的塑料光纤通信标准。210 MHz·100 m 的带宽已经接近阶跃型塑料光纤的带宽极限^[5]。

1.2 渐变型塑料光纤(GIPOF)的发展过程及现状

早期市场上的 POF 产品多为 PMMA 基质多模 SIPOF, 虽然与石英玻璃光纤相比在短距离通信应用中有低价、易处理的优势, 但其窄带宽(5 MHz·km)和高固有衰减(150~300 dB/km), 不能适应带宽逐渐增大的多媒体社会的需要。为了增加带宽, 首先想到的解决方法是减小光纤的数值孔径, 采用单模 SIPOF 方案。但 POF 的最主要特点是大芯径, 可降低安装和处理的费用, 因此不能期望将其发展成单模光纤以增加带宽, 这样 POF 的低价格、易处理优势将失去。目前解决上述问题的较佳选择^[5]是渐变(梯度)折射率聚合物光纤(GIPOF)。

GIPOF 的开发为塑料光纤在宽带通信网中的应用开拓了广阔的前景。1976 年, Y. ohisuka 等人

将两种不同活性和折射率的单体经光致共聚合形成预制棒, 拉丝后制成损耗为 4~5 dB/m 的 GIPOF。1990 年庆应大学的小池教授开发成功 GI 型 POF, 传输带宽超过石英 GI 型光纤, 被确认为高速多媒体时代的办公室和家庭内光通信的新型媒体材料^[6]。1992 年, Y. Kolke 等人发明了制造 GIPOF 的界面凝胶聚合(Interfacial-gel Polymerization)技术, 显著降低了 GIPOF 的损耗(在 688 nm 波长处降至 56 dB/km)。同年, 波士顿光纤股份有限公司在美国成立, 其宗旨是将 GIPOF 商品化。1993 年, 美国政府也意识到塑料光纤对于军事和工业的战略意义。同年, 美国政府高级防卫研究计划局(DARPA)成立了高速塑料网络联合体(HSPN), 目标是研制 GIPOF 技术。1994 年, 美国已使用 GI 型 POF 建成高速通信网络, HSPN 已经能够为航空、汽车和数据通信市场提供商品化的 GIPOF。1997 年 5 月通过了 GIPOF 的第一个工业标准。DARPA 又提出了 PAVNET 计划(POF 与垂直腔面发射激光器网络计划), 其目标是开发 POF 新材料与新工艺, 使 GIPOF 的损耗值在 500~2000 nm 波长范围内低于 60 dB/km; 工作温度从 85℃ 提高到 125℃; 开发连接设备、终端技术、电光模块。该计划已于 2000 年完成^[7]。1994 年日本也成立了 POF 联合体, 其成员包括 45 家电子厂家和电缆厂。迄今, 日本依旧是 POF 研究和生产的第一大国, 技术处于世界领先水平。据日本 2000 年 48 卷第 8 期《工业材料》介绍, 日本旭硝子、三菱商事和网络系统 3 家公司共同开始销售全氟树脂光纤 Lucina。Lucina 在 100 m 的距离内可以 10 Gb/s 的高速度传递信息, 并且柔软性好, 容易连接, 其连接时间仅为石英光纤的 1/10, 可直接使用于现有局域网设备。由此可见, 全氟 POF 是现在最有发展前途的 POF^[1]。随着 PC、DVD 和数字视频仪等设备的使用及 Internet 和卫星数字广播等新型业务的出现, 预计在几年之内传输媒质容量将增加到数百 Mb/s。日本 NTT 正在建设以 PSD-ATM(室内配线系统-异步传输模式)为基础的高速 POF 网络基础结构, 预计 2005 年完成新型接入网。

1.3 国内研究现状

上世纪 80 年代, 国内有许多单位对塑料光纤做了一些研究和生产, 如西安光机所以 PMMA 为

纤芯研究、生产的塑料光纤^[8];武汉邮电科学研究院以PS为纤芯,PMMA为包层,对POF也做了大量的研究^[9];南京玻璃纤维研究院也是国内最早从事POF研究和制品开发的单位之一。由于国内生产的塑料光纤大部分难以克服损耗较大,柔韧性不够好的问题,因而大多数塑料光纤被应用到广告、装潢、工艺美术品等方面,只有少量应用到要求不太高传感器上。

目前,国内只有少数几个研究所对POF的研究投入少量的物力和人力。这和国际上近年来POF的研究热潮形成鲜明的对比。如果不改变这种局面,中国的潜在POF大市场将会在很长的一段时间内没有本国产品。

2 POF 的应用

2.1 POF 在局域网(LAN)中的应用

近年来随着多媒体高速传送的发展,不少国家投入大量人力、物力、财力为迎接信息社会到来而进行各种准备。例如,日本邮政省已订出要求在2010年前实现全国光纤通信网络的具体日程表,即把目前由金属电缆为主的传送干线的年传递信息量的70%以上用SM光纤替代。在建成高速信息网络中心后,家庭中现有的通信手段,如电话、电传、电视等可能成为今后高速信息传送网络中的“基本建设项目”,在此基础上实现“光纤到家庭”(FTTH; Fiber to The Home)的室内光纤的铺设。但是,要实现FTTH的宏伟设想,单模SM型光纤因其直径小(5~10 μm)难以进行频繁的连接。这就重新引起人们对开发成本低廉、透光性好、芯径大、较柔软的聚合物光纤的极大关注^[10~11]。目前已有POF、无屏蔽对绞线(UTP)、屏蔽对绞线(STP)、同轴电缆和玻璃光纤应用于LAN上。表1是POF与石英光纤、金属电缆的特性比较^[5]。

表1 POF与石英光纤、金属电缆的性能比较

Table 1 The performance of POF in comparison with glass optical fiber and metal cable

	石英光纤		石英芯-聚合物包层		POF		金属电缆	
	SM	GI	GI	SI	GI	SI	双绞线	同轴
传速损耗	优	优	优	优	良	良	良	良
传输带宽	良	良	优	差	优	很差	很差	差
联结性	很差	差	良	良	优	优	优	差
端面处理	差	差	差	差	优	优	优	良
抗电磁性	优	优	优	优	优	优	优	良
可靠性	优	优	良	良	良	良	良	优

从表1可以看出,POF具有许多与玻璃光纤类

似的优点,而成本则低得多。作为一种传输媒质,POF几乎与对绞线一样便宜,而且两者的接头价格不相上下。此外,POF简便的热板成端方法加上簧锁设计的POF接续装置使得对一个节点的联结用不了1 min^[12],而且这种安装技术的成本极低。因此,如果包括光缆、安装以及元件在内,POF网确实比UTP网有价格上的优势。用UTP的唯一好处是,其节点上端机的价格比POF低,但随着POF在LAN系统中的用量日益增长及相关技术的研制开发,其价格会有大幅度下降。随着制造技术的成熟,POF自身的价格也会降低。

传统的SIPOF大数值孔径(NA)引起的多模色散限制了它的带宽。这种带宽限制阻碍了POF在FDDI(Fiber Distributed-Data Interface)和ATM网络到桌面光媒介中的应用。Mitsubishi Rayon和Asahi chemical Industry的科学家研制了一种低数值孔径(NA=0.25)的SIPOF(可以在100 m长度内支持155 Mbit/s的ATM^[13])。Keio大学、IBM、Sandis National laboratories、NTT、Fujitsu则用GIPOF达到了2.0 GHz·km的带宽。NEC的科技工作者专门研制了一种650 nm AlGaInp多量子阱(MQW)的半导体二极管激光器和GaAs/IGalnP PIN光电二极管。这两种半导体器件的频率可达到4 Gbit/s,可以应用到Gbit/s高速POF信息传输网中^[14]。

总之,在局域网系统中,与其它传输媒质相比,POF的优点主要表现在:

1) POF对电磁干扰不敏感,也不发生辐射;不同数据速率下的衰减恒定,其误码率可预测,能在电噪声环境中使用。

2) 尺寸较大,故成网成本较低(POF的直径比玻璃光纤大,可降低接头设计中公差控制的要求,这为采用价格低廉的接头装置扫清了道路)。

3) 采用简单的接续方案以及低成本、快速自动化成端设备后,完成一个接头端子的工时可减少。这些优点反映在价格上,使POF的应用更具吸引力。

2.2 POF 在汽车工业的应用

起初,塑料光纤作为照明光传输媒质应用在汽车上,将光传输到那些狭小得不能安装标准白炽灯的位置或者传输到不同的显示牌。随着计算机控制在汽车中的应用越来越广泛,一辆汽车形成一个局

域网(CAN),因此所要传输的实时信息量越来越大。为了避免电磁干扰、串音及这些不良现象所引起的数据延迟、丢失,系统需要选择能承受高信息速率、保证安全的介质材料。光波既不会产生电磁辐射,也不会被其它辐射干扰,另外使用光纤时不用考虑地面回路及电位短路,因此光纤成为CAN的首选材料。

随着网络结构的复杂性增加,汽车中网络节点越来越多。多节点,短距离的网络结构要求节点间的连接器价格低廉,POF的大直径(1 mm)和大的NA(≈ 0.5)可以使POF之间的连接比GOF简单得多,而且价格低廉。手持式POF端面处理器和插入式POF连接器的出现,更使得POF的连接简易、快速。另外,POF的高可挠性也决定了它是汽车系统中最佳的通信媒介。

虽然目前POF已经能够满足汽车数据系统所要求的传输速率(60 Mb/s)和较高的温度(120 C)^[15],但随着汽车工业的发展,数据处理系统对传输介质的要求将会越来越高。这就要求研究、开发传输带宽更高、耐温更高、衰减更低的POF和与之相关的光源。

2.3 POF在其它领域的应用

光纤传感器(OFS)相对于传统传感器有很多优点:如抗电磁干扰能力强,无需外加电源,对电绝缘,体积小(可形成分布式传感结构)等。引入POF作为光纤传感器的材料,则为光纤传感领域带来了许多独特的优点:相对于石英光纤,POF可以有多种不同尺寸;可挠性好;还可以掺入不同的材料以改变材料的结构,从而达到各种传感要求。

另外,POF还应用于照明、灯光装饰、医用图像传输、血液照射、感光探测、复印机内部光路及数字化音响系统等^[16]。

3 结论

塑料光纤作为一种光传输介质,由于其独特的性能而受到世界各国的关注。但是,塑料光纤损耗大的缺点却一直制约着它在各种领域的广泛应用。随着化工技术的不断提高及相关领域学者的不断努力,POF已经在LAN,CAN,OFS等领域实现了实用化。我国POF的研究及生产相对比较落后,目前国产POF多用于广告、装潢,而在工业、电子和

通信领域中的应用几乎是空白。进一步提高化工技术,保持POF研究、开发的系统性和持续性是我们面临的迫切任务。

参考文献:

- [1] 江源,邹宁宇. 聚合物光纤[M]. 北京:化学工业出版社,2002:286-298.
- [2] T Kaino. Low-Loss plastic optical fibers[J]. Appl Opt,1981,20(17):2886-2888.
- [3] T Kaino. Low-Loss polystyrene Core-optical fibers[J]. J Appl Phys,1981,52(12):7061-7063.
- [4] T Kaino, *et al.* Low loss poly(methyl methacrylate-d8)core optical fibers[J]. Appl Phys Leu 1983,42:567-569.
- [5] 张光. 梯度折射率塑料光纤关键设备的研制[D]. 秦皇岛:燕山大学,2001.
- [6] 石晓东. 塑料光纤在国外的发展与应用[J]. 光纤与电缆及其应用技术,1998,(4):5-11.
- [7] 朱燕杰,苏立国,等. 新型光纤的技术发展及应用[J]. 光电机信息,2001,(5):20-24.
- [8] 王学忠. 塑料光学纤维的研究[J]. 吉林大学自然科学学报,1980,48(2):62-64.
- [9] 肖学智. 纤维光学显示屏与光纤盆景[J]. 光通信技术,1990,(2):40-43.
- [10] K C Taylor. Plastic optical fiber in data communications[J]. Fiber Optics,1990,(11):7-8.
- [11] W Groh, *et al.* Prospects for the development and application of plastic optical fibers [J]. Plastic Optical Fibers. SPIE,1997,1592:20-29.
- [12] J R Cirillo, *et al.* Connection system designed for plastic optical fiber local area networks[J]. Plastic Optical Fibers,1997,1592,42-51.
- [13] M Kitazawa, *et al.* Mechanical and optical performance of a new PMMA based plastic fiber [J]. SPIE,1998,1799:30-37.
- [14] P Mortensen. World News: Plastic fiber promises Low-cost networks[J]. Laser Focus World,1997,(8):37-38.
- [15] J R Cirillo, *et al.* Plastic optical fiber for automatic applications[J]. Fiber Optics,1992,(5):24-28.
- [16] F Suzuki. Novel plastic image-transmitting fibers [J]. SPIE,1991,1592:150-157.