

全国第一届塑料光纤研究、生产和应用会议

论文集

河北 秦皇岛 北戴河

二〇〇五年 八月

全国第一届塑料光纤研究、生产和应用会议

论文集

主 办：中国光学学会 纤维光学与集成光学专业委员会

承 办：燕山大学

前 言

光纤通信产业从前几年的低谷正在进入复苏阶段，而未来光纤通信的重要市场是建设城域网、接入网和用户网。在解决最后 1000-100 米短距离、中小容量通信系统中，塑料光纤是一种极具潜在优势的传输介质。

塑料光纤的特点明显、功能多，应用面很宽。在充分开发和利用其功能、并推广应用之后，将会占据很大的市场份额。回顾过去，尽管塑料光纤的研发已有 40 年的历史，与石英光纤大致相同，但其研发和应用状况，远不如石英光纤，尤其在我国，投入和产出严重不足，与日本和美国等国家相比，差距甚大。因此，在我国独立自主地开发和生产各种塑料光纤，特别是研发和生产大芯径、低损耗、高带宽，且适合批量生产、成本便宜的塑料通信光纤，大力开展相关的各种应用研究，振兴民族工业，密切研究、生产和应用单位的关系，强-强联合，优势互补，加速研究、生产和应用的进程，使我国成为塑料光纤研究、生产和应用的大国和强国，是摆在我们面前的一项重要而迫切的任务。为此决定从 2005 年起，每年夏天在北方海滨城市——秦皇岛市北戴河召开一次塑料光纤研究、生产和应用的系列会议，共同交流和探讨各种问题。

本次会议由中国光学学会纤维光学与集成光学专业委员会主办，燕山大学承办，于 2005 年 8 月 15 日至 8 月 18 日在河北省秦皇岛市召开。会议共收到论文 12 篇，这些论文并不能反映我国整个塑料光纤研究、生产和应用的全貌，还有一些单位和集体，因种种原因，没有来得及投稿。相信在今后的会议上，一定会有更多的论文、单位和人员参加。举办和参加这种会议，对增加各类人员之间的相互交流，促进共同发展，是非常必要和有益的。

本次会议除承办单位燕山大学外，还得到了《光子学报》的关心和支持，以及北戴河燕山大厦为会议提供的服务和优惠。在此对支持会议的有关单位和个人表示感谢。

论文集中若有差错和不妥之处，欢迎批评指正。

二〇〇五年 七月

会议组织机构

大会主席 于荣金 燕山大学 教授

副主席 刘德森 西南师范大学 教授

学术委员会

主任 于荣金

副主任 明海 中国科学技术大学 教授

苑立波 哈尔滨工程大学 教授

徐坚 中科院北京化学研究所 副所长

刁文军 东莞市华鹰电子有限公司 董事长

梁乐天 江苏法尔胜光子有限公司 总经理

委员 徐传骧 西安交通大学 教授

孙小茵 东南大学 教授

王廷云 上海大学 教授

廖常俊 华南师范大学 教授

江源 南京玻璃纤维研究设计院 高工

刘新厚 中科院北京理化技术研究所 研究员

王莉丽 中科院西安光机所 研究员

王学忠 中科院西安光机所 高工

储九荣 四川汇源光通信股份有限公司 博士

陈正飞 上海昱品通信科技有限公司 总工程师

吴海生 上海华源光纤通讯有限公司 总经理

缪立山 江苏中山电缆厂 厂长

金小平 常州市金印福涛光电器材有限公司 总经理

章献民 浙江大学 教授

殷宗敏 上海交通大学 教授

徐兵 北京通元光谷科技有限公司 经理

王晓东 山东华科光纤股份有限公司 董事长

组织委员会

主任 杜凤山 燕山大学 教授

副主任 王兴华 燕山大厦 总经理

秘书长 李炳新 燕山大学 副教授

目 录

前 言.....	I
会议组织机构.....	II
抓住机遇, 加快我国塑料光纤产业化进程.....	于荣金 (1)
聚合物光纤的研究和应用.....	明海等 (6)
塑料通信光纤元器件及其系统的研究.....	李炳新等 (17)
基于倒锥透镜光纤端技术的塑料光纤器件与应用系统.....	苑立波 (22)
垂帘光纤的制备及其应用.....	江源等 (31)
塑料光纤电话嵌入模块的设计.....	刘志海等 (40)
RoPOF 在室内无线通信中的应用.....	郑史烈等 (44)
用于塑料光纤局域网中光网卡技术.....	刘志海等 (47)
倒锥透镜型塑料光纤连接器光学特性研究.....	周爱等 (53)
塑料光纤聚合物光开关的设计.....	张小康等 (59)
介电参量测量聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)聚合物性能.....	胡波等 (65)
塑料光纤(POF)的研究及其应用.....	高欢芹 (70)

抓住机遇，加快我国塑料光纤产业化进程*

于荣金

(燕山大学信息科学与工程学院, 秦皇岛 066004)

摘要: 塑料光纤有许多特点, 应用面非常之广; 但也有弱点, 特别与石英光纤相比, 在传输损耗等方面存在严重不足。面对这种状况, 我们应该发扬塑料光纤的长处, 避开或解决它的短处。在研究、生产和应用中, 要集中精力, 攻其一点, 把它做好做大, 力争在国内外有最佳的性价比, 形成产业规模, 然后逐步扩大品种。各单位都有自己的长处, 但也不会是全能, 因此要加强联系和合作, 密切研究、生产和应用单位的关系, 强强联合, 优势互补, 加速研究、生产和应用的进程, 实现互利双赢。

一. 对塑料光纤潜力、应用和发展的简要估计

塑料光纤的研发, 已有约四十年的历史, 与石英光纤大致相同。与石英光纤相比, 塑料光纤的功能多, 应用面宽, 一旦充分开发和推广应用之后, 将会占据很大的市场份额。但从目前来看, 我国只有个别产品已经做好做大, 达到规模化生产, 并实现出口达数亿美元。这就是用聚苯乙烯 (PS) 芯、聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA) 皮的塑料光纤, 做成圣诞树大量出口。

现在技术上比较成熟、可以批量化生产, 并有许多领域可以应用的塑料光纤, 是用 PMMA 芯制作的阶跃折射率光纤。这种光纤采用合理的数值孔径 (NA), 如 NA~0.3, 其带宽可以达到 155MHz、甚至 200MHz; 采用高纯 MMA 原料、本体聚合和洁净环境连续化生产, 损耗可达~200 dB/km 以下, 与国际市场的产品差不多。这些光纤可广泛应用于工业控制、车载机载通信网, 以及部分军事和民用系统。采用大数值孔径 (NA=0.5-0.6) 的塑料光纤, 在传能和某些应用方面也有不小的市场。关键是产品性能要先进、可靠、一致, 价格要合理。很重要的一点是要加大投入, 生产设备、技术和管理要一流, 形成大批量生产格局。

当前塑料光纤面临一个重要的挑战是性能和价格上战胜所有竞争对手 (对绞线、同轴电缆、多模石英光纤和多模硬塑料包层光纤), 进入各种接入网, 实现光纤到家, 及时抢占这个大市场。在今年 3 月 6-11 日的 OFC/NFOEC'2005 会议上, 光线到家成为大家注意的中心。日本电话公司开始安装光纤到家的系统, 当然其关键是如何降低成本和保证可靠性。大阪 NTT 系统管理和运行总部在论文中介绍了他们把光纤系统成本降低到与铜线电缆相同水平的经验。对于家庭光纤连接一般最好是采用无源光网络 (PON), 因此要努力降低无源光网络各元件的成本。现在家庭光网络单元的价格是约每个 100 美元。我们当前对塑料光纤的奋斗目标是: 在价格上要和对绞线相当, 或争取略低于对绞线, 在性能上要超过所有对手。传输损耗在现有 PMMA 芯光纤~200 dB/km 的基础上,

*本工作受国家自然科学基金资助(60277007, 60444003)

降低 1-2 个数量级, 即达到 $20 \text{ dB/km} \rightarrow 2 \text{ dB/km}$; 带宽达到 1-10GHz; 传输窗口要从 $0.65 \mu\text{m}$ 扩展至 $1 \mu\text{m}$ 以上, 甚至 $1.3 \mu\text{m}$ 和 $1.56 \mu\text{m}$ 。用这个目标来衡量, 90 年代初日本 Y. Kioke 教授等提出采用界面凝胶聚合技术, 制作的 PMMA 芯变折射率塑料光纤 (GI-POF), 除带宽还符合要求外, 其它均不满足要求。它的损耗较大, 一般情况下, 只能传输 100m; 从其实现过程看, 是一种间歇式、小批量生产工艺, 生产效率不会太高, 且产品较难保持一致的最佳折射率分布。而 90 年代后期发展的全氟化 CYTOP GI-POF, 性能完全满足要求, 但成本很高, 用户无法普遍接受, 推广和应用有很大的阻碍。我们则想另辟蹊径, 从结构角度来解决上述问题。经过几年的努力, 已初见端倪。可以采用 PMMA, 实现低损耗、高带宽、大芯径和低成本, 符合上述所有要求, 可满足当前和长远发展的需要。已从数值模拟进入实验阶段。

二. 空芯光纤现状的分析

降低塑料光纤传输损耗, 其基本问题是清楚的, 且日本一些公司和大学已经努力了几十年。除了在 C-H 键上用氟、氟等替代氢以外, 再要找到一种材料大幅度降低其损耗并不是一件很容易的事。当然还有一条道路, 不从材料而从结构角度来降低其损耗: 光不在吸收损耗大的材料中传输, 即采用空芯光纤。但这种结构的关键是要解决好横向束缚问题。事实上, 不少空芯光纤的损耗比实芯还大, 这是不奇怪的, 原因就是横向泄漏太大。一种好的空芯光纤结构, 既要有高效的束缚机制, 又要在工艺上便于实现, 这是一个深层次的问题。在可见光和近红外波段, 现在有两类空芯光纤: 光子晶体光纤 (PCF) 和布拉格光纤^[1]。这两类光纤的传输损耗均随包层中气孔圈数的增加而指数下降, 如果希望泄漏损耗足够低, 一般需要 7-9 圈。对于光子带隙型包层不仅要求微结构有严格的周期排列, 而且要求有相当大的空气填充分数。例如, Bath 大学采用石英材料, 7 圈气孔、空气填充分数大于 85% 的包层, 在 850nm 波长获得了损耗为 180 dB/km 的空芯光子晶体光纤^[2]。在长波段, 数值计算表明: 采用石英材料和气孔圈数为 8 时, 在 $1.53 \mu\text{m}$ 可把传输损耗降至 0.01 dB/km 以下, 比现有的石英光纤损耗 (0.2 dB/km) 低 20 倍^[1]。然而 OFC2004 会议上, 石英空芯光子带隙光纤实验报道的最低损耗记录还是 1.7 dB/km 。空芯塑料 (PMMA) 光子带隙光纤的损耗, 我们用多极法做过分析, 损耗确实可以比普通塑料光纤降低一个数量级^[3], 但实现起来很困难。如澳大利亚悉尼大学从 2001 年开始报道了他们研制的各种聚合物微结构光纤 (包括单模、高双折射、双芯、非线性、变折射率以及空芯等), 但空芯光子带隙光纤还根本谈不上降低损耗的问题^[4]。由此可见, 这类光纤不仅制作费时费力, 在工艺上要保持这种微结构在横截面和整个长度的完整性, 没有任何空气孔变形, 相当困难。

1998 年美国麻省理工学院的科学家们提出了一种全介质全方位反射镜^[5], 用它制作空芯光纤^[6]。这类新的空芯光纤, 其实也是一类布拉格光纤。它是利用折射率差别较大的两种介质材料, 构成全方位反射镜, 可以对任意方向入射的光进行反射, 反射效率很高, 可以使 99.9% 的光局域于光纤空芯中传输。例如采用 30000 dB/m 材料构成

的这种空芯光纤，其损耗为 0.65 dB/m ，即光纤的损耗仅为构成材料损耗的 $1/46000$ [7]；且达到一定的泄漏速率只需要几层；各模式之间泄漏很不相同，产生一种模式滤波效应，可以在大芯径下以单模方式工作。应该说，这种结构比上述光子带隙包层光纤有许多优点，不过这种空芯光纤的包层是用两种折射率不同的介质构成的。实际上，要找到两种材料的折射率差比较大、而光学性能又比较好，在热学和力学性能上、以及制作工艺上具有相似性、兼容性、简单可行性却十分困难。至今，只见过他们的一个实验报道：采用五层 Te ($n=4.6$) 和四层聚合物 ($n=1.59$) 构成包层的这种空芯光纤，工作波长在 $10 \mu\text{m}$ 区，测量了约 90° 弯曲时的传输 [8]。在这方面，我们也作过努力，始终没有找到一个好的方案。

三. 蜘蛛网包层空芯塑料光纤

多年来，我们一直致力于降低塑料光纤损耗的研究，探索过多种方案。经过思考和探索，受自然界的启发，发现和构思了用蜘蛛网状包层结构的单一材料代替全方位反射镜的两种介质。通过对这种结构的光学性质和力学性质等数值模拟，证明这种新结构是完全可行的。它既保持了全方位介质反射镜空芯光纤的优点，又便于实现，具有重要的应用前景。

我们提出的蜘蛛网包层空芯塑料光纤结构如图 1 所示。为了验证这种结构在无支撑条和有支撑条时的影响和差别，计算了它们的横向电场的场分布。图 2 (a) 为没有支撑条时的场分布，图 2 (b) 是引入支撑条后的场分布。可以看出，引入支撑条后，场分布有点变形。然而，绝大部分场还是很好地束缚在光纤芯中。

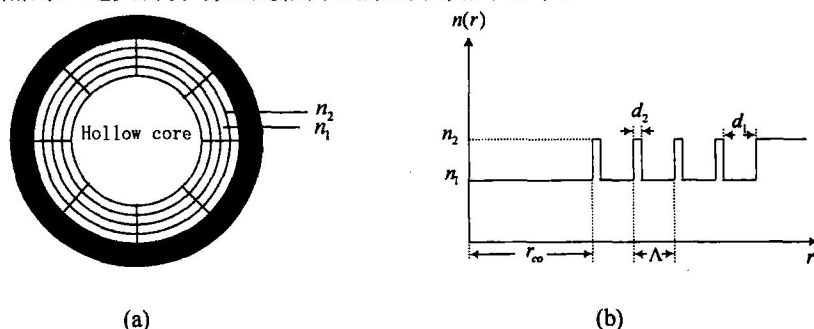


图 1 蜘蛛网包层空芯光纤结构

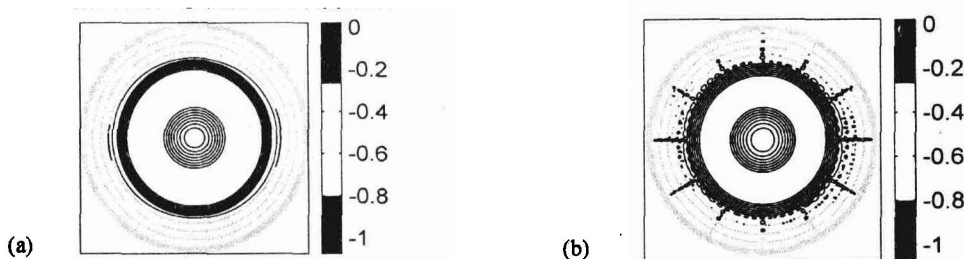


图 2 (a) 没有支撑条时的场分布, (b) 有支撑条时的场分布

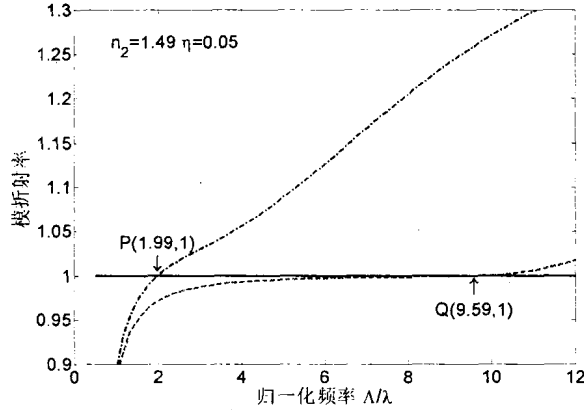


图3 归一化频率与模折射率关系

我们还计算了不同材料和不同 $\eta = d_2/d_1$ 值的光子带隙(其中 d_2 是塑料的宽度, d_1 是空气的宽度), 证明这种空芯光纤在具有很宽的频率范围内支持带隙传导的性质。图3是 $\eta = 0.05$ 、 $n_1 = 1$ 和 $n_2 = 1.49$ 时 TE 模在布拉格反射层第一光子带隙内的情况。假定 PMMA 层厚度(d_2) 为 $0.25 \mu\text{m}$, 则空气层厚度(d_1) 为 $5 \mu\text{m}$, $\Lambda = d_1 + d_2 = 5.25 \mu\text{m}$ 。对于光纤通信系统, 我们有兴趣的波长范围是从 $0.65 \mu\text{m}$ 至 $1.65 \mu\text{m}$, 它相当于归一化频

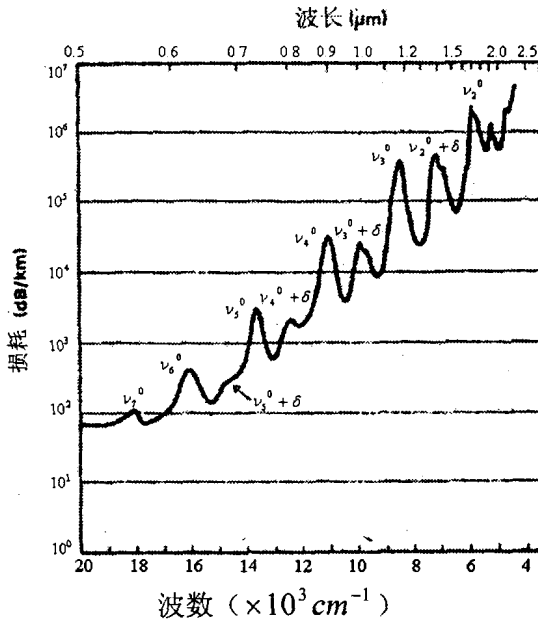


图4 PMMA 吸收损耗谱^[9]

率 (Λ/λ) 从 8.1 到 3.2, 全部落在光子带隙范围 (9.59-1.99) 以内。同时根据图4所示 PMMA 的吸收损耗谱^[9], 从可见光到近红外区(例如 $1.14 \mu\text{m}$), 甚至 $1.30 \mu\text{m}$ 和 $1.56 \mu\text{m}$ 及其附近很宽的波长范围都可以用于信号波长。因此完全可以用便宜的 PMMA, 实现低传输损耗、高带宽、大芯径和低成本的塑料光纤设计和制作。

四. 实现优势互补, 互利双赢

从现在起, 我们应该下定决心, 把塑料光纤的这篇文章做好做大, 使我国成为塑料光纤研究、生产、应用的大国和强国。PS 芯 PMMA 皮塑料光纤及其圣诞树的出口为我们树立了一个榜样。我们要努力摆脱国际原有技术路线的束缚, 走自主创新发展的道路, 使我国在这一领域拥有一批自主知识产权; 年产值超亿元的相关生产企业, 有资金、设备和市场等优势, 应该有远见卓识, 及时下决心投资进入这个有很大发展潜力的领域, 支持高校和科研机构的创新研究, 并及时将科研成果转化为批量生产的产品, 实现产品的高性能和低成本, 把大部分重要的产品都做出世界上最好的性价比, 不仅满足国内市场的需求, 还要争取出口; 科技界和产业界要优势互补, 要以诚信为本, 增进协作, 实现双赢。

参考文献

- [1] Y. Xu and A. Yariv, Loss analysis of air-core photonic crystal fibers, *Opt. Lett.*, 28(20): 1885-1887, 2003
- [2] G. Bouwmans, et al, Properties of a hollow-core photonic bandgap fiber at 850nm wavelength, *Optics Express*, 11(14): 1613-1620, 2003
- [3] T. S. Guan, M. Y. Chen, Z. L. Zhang and R. J. Yu, Numerical smulation and analysis of losses in air-core plastic photonic bandgap fibers, *Chinese Optics Letters*. 3(6): 313-315, 2005
- [4] M. A. Van Eijkelenborg, et al., Microstructured Polymer Optical fibres--the exploration of a new class of fibres, Second Asia-Pacific Polymer Fibre Optics workshop, Hong Kong, China, 3-4 January 2003
- [5] Y. Fink, et al., A dielectric omnidirectional reflector, *Science*, 282: 1679-1682, 1998
- [6] S. G. Johnson, et al., Low-loss asymptotically single-mode propagation in large-core OmniGuide fibers, *Opt. Express*, 9(13): 748-779, 2001
- [7] G. Dellemann, et al., perfect mirrors extend hollow-core fiber applications, *Photonics Spectra*, 37: 60-64, June 2003
- [8] Y. Fink, et al., Guiding optical light in air using an all-dielectric structure, *J. Lightwave Technol.*, 17(11): 2039-2041, 1999
- [9] T. Kaino, M. Fujiki and K. Jinguji, Preparation of plastic optical fibers, *Review of the Electrical Communication Laboratories*, 32(3): 478-488, 1984

聚合物光纤的研究和应用

明海 郑荣升 张永生 许立新 张其锦 林开群 谢志国
(中国科学技术大学物理系 合肥 230027)

摘要: 由于聚合物光纤具有数值孔径大、连接方便和成本低的优点, 其在短距离通信、传感、传光等方面有很好的应用前景。本文论述了聚合物光纤 (POF) 在家庭智能化、汽车网络、国防、工业控制等短距离通信方面的应用以及在传感和工艺装潢等方面的应用, 并介绍了本实验室在功能聚合物光纤器件方面的最新研究进展。

关键词: 聚合物光纤 POF 家庭网络 短距离通信 工业控制 光纤器件

一、引言

聚合物光纤又名塑料光纤, 它在 100~1000m 范围内带宽可达数 GHz, 而成本与对称电缆相当, 是未来在高速短距离信息传输的首选材料之一。聚合物光纤的数值孔径大 (0.3~0.5), 连接时不必苛求精确对准, 且其芯径大 (0.5~1mm), 连接时易于对准, 可以使用廉价的注塑连接器, 因而聚合物光纤的连接简便且成本较低。另外, 聚合物光纤的重量轻, 可挠性好, 易于在狭窄的空间内铺设。因此, 聚合物光纤将成为实现光纤到户 (FTTH) 的理想的终端传输媒质, 并可直接用于工业控制, 成为工控网络的传输媒质。

随着技术的发展, 聚合物光纤展现了巨大的市场潜力。美国、日本和韩国等国家相继投入大量资金进行聚合物光纤方面的应用研究。根据我国国情, 对于目前普遍较为集中的居住条件而言, 发展高性能、低成本的入户聚合物光纤网络, 具有巨大的经济和社会效益。同时, POF 在汽车网络、军用通信、传感、工艺装潢、显示等方面也有重要的应用。

二、聚合物光纤在短距离通信中的应用

1. 聚合物光纤在家庭网络的应用

对于未来的家庭网络, 交换式的因特网服务可以实现在线购物、转帐、储备和投资、电子邮件、可视邮件、IP 电话以及在线电视会议, 智能家居、在线医疗、在线教育、数字高清晰度广播、网络娱乐游戏等。所有这些需要高速的家庭网络系统 (100M~1Gbps)。聚合物光纤作为短距离通信网络的理想传输介质, 一旦发展到了 FTTH (光纤到户), 凭借其在高速短距离通信传输中成本与对称电缆相当, 在 100 米范围内传输带宽可达数 GHz, 且易连接, 可挠性好、易于弯曲等优势, 在全光网络中的用户接入网方面将具有广泛的前景。(图 1)

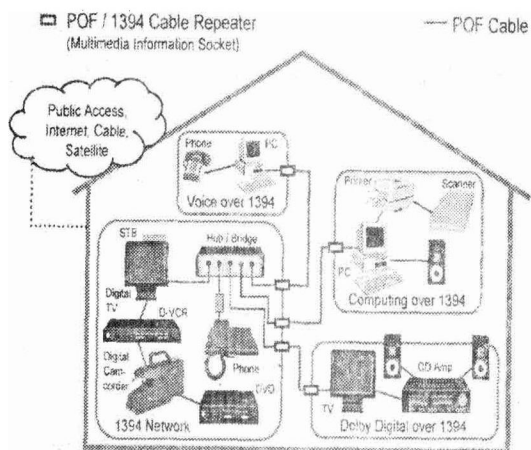


图 1 基于 IEEE1394 标准的聚合物光纤家庭网络图

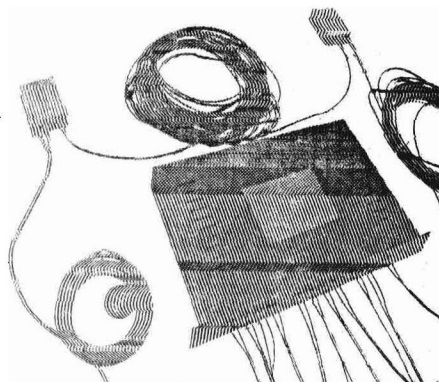


图 2 聚合物光纤链路系统

国内，中国科学技术大学光子技术研究所与华中科技大学光电工程系合作在以太网无源光网络（EPON）的用户端用聚合物光纤代替铜双绞线，实现了 100Mbps 光纤到桌面的试验。图 2 为中国科技大学研制的聚合物光纤通信系统。

为了提高聚合物光纤局域网的传输速率和传输距离，中国科学技术大学光子技术研究所与东莞华鹰电子有限公司正在合作研制新一代的聚合物光纤收发模块，此模块采用共振腔发光二极管（RCLED），发射功率高，预计可以延长通信距离到 150—200m。同时我们在实验室内已开发出用 VCSEL650nm 半导体激光器代替现有 LED 光源的百兆聚合物光纤通信系统(图 3)，并实现了自由空间光通信与聚合物光纤局域网的互连。(图 4)

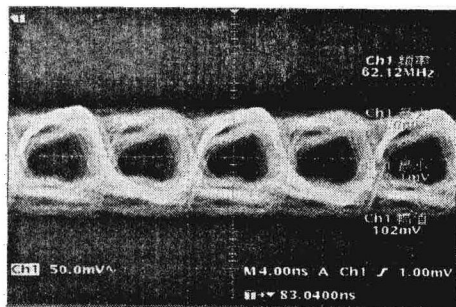
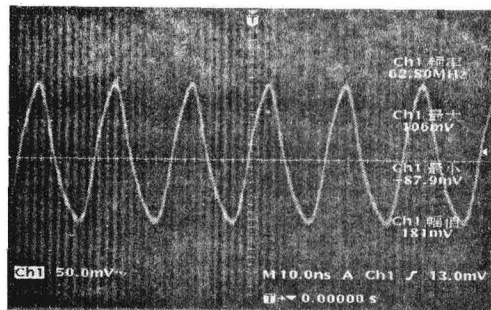
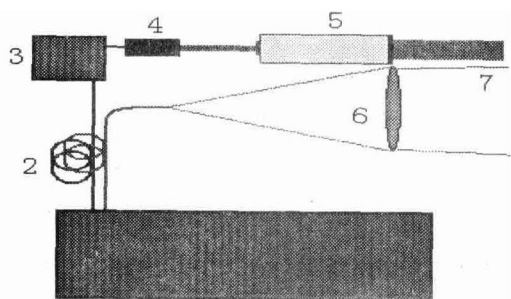


图 3 VECSEL650nm 半导体激光器调制传输信号波形和通信眼图



- 1 聚合物光纤交换机，
- 2 聚合物光纤，
- 3 LD 驱动模块，
- 4 650nmLD，
- 5 发射扩束镜，
- 6 接收透镜，
- 7 自由空间

1

图 4 自由空间光通信与聚合物局域网互连

为了提高聚合物光纤的传输带宽,我们又进行了用聚合物光纤粗波分复用实现三网合一的研究,利用聚合物光纤在可见光的通信窗口,用不同波长的光在单根光纤中实现多路信号传输的实验,图 5 的粗波分复用系统输出两路光信号波长分别为 523nm 和 648nm。这样既可以充分利用光纤的传输带宽,也可以实现单根光纤的全双工信号传输。

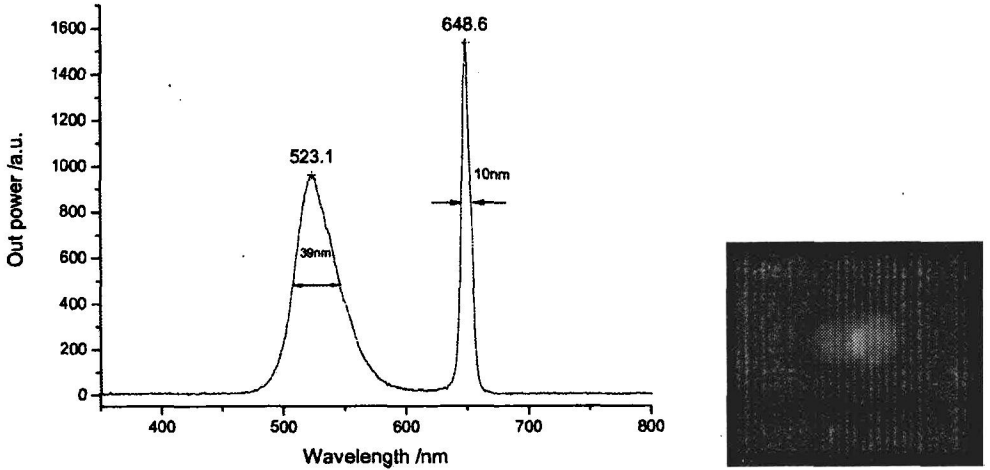


图 5 聚合物光纤粗波分复用光谱及输出的光信号

聚合物光纤信号传输线及其传送组件在数码电视、DVD 机、数码功放、数码相机和电脑等产品的信号传输上以及在电信、数据、影像及影音的短距离通信传输上都具有广泛的应用。其特点为:高光传输效率、低传输失真;良好的弯曲性、弹性、强度及耐候性。图 6 是中国科学技术大学光子技术研究所与常州金印福涛光电器材有限公司合作开发的聚合物光纤音响跳线。聚合物光纤用在家庭高保真音响连接时,层次变化明显并且质感丰富。与同轴线相比,其音像比例适中,透明感好。一款表现相当的同轴数字线,其价格将是聚合物光纤跳线的两倍以上。

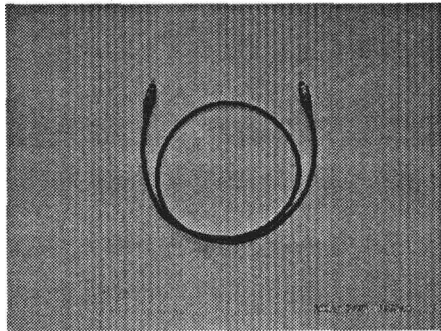


图 6 聚合物光纤信号传输线

此外,中国科学技术大学光子技术研究所自主研发的聚合物光纤链路通信系统通过与中大恒公司进行合作,形成聚合物光纤数据链路的实验教学系统,该实验系统已经被长春理工大学、西北大学和哈尔滨师范大学等高校订购,受到了师生的欢迎,获得了很好的社会和经济效益。

2. 聚合物光纤国防军事方面的应用

由于聚合物光纤具有抗电磁辐射、保密性好、抗压、抗振、能够快速、方便的安装和修复等优点，适应在有剧烈的机械震动和炮火攻击等恶劣的野战环境中使用，可广泛应用在军队的各类短距离信息传输中。

美国“小鹰”号航母中已采用波士顿公司的聚合物光纤布线；把聚合物光纤用在信息化单兵设备上的研究也在进行。国内中国科技大学光子技术研究所与江苏中山电缆厂合作已在酒泉卫星发射中心、新疆马兰核试验基地以及总参和总后等军事单位进行了聚合物光纤传输系统的示范。

目前，中国科技大学光子技术研究所与安徽神剑鹏升有限公司、解放军电子工程学院仍在合作进行其他聚合物光纤军事应用方面的深入研究工作。

3. 聚合物光纤汽车网络

随着时代的发展，汽车作为交通工具的功能也大大的扩展了，现代的汽车已进化为个人生活和工作的空间，应具有信息娱乐系统、移动办公系统和辅助驾驶的功能，因此，车载设备的数量也大大增加，大大提高了数据传输速率的要求。使用目前的金属线束时，数据传输速度一旦超过 500kbps，就会产生电磁噪音问题，而 POF 不存在这个问题，POF 可以轻而易举的在 100 米长度上实现 50 Mbps 的传输速率，而且，POF 以光波来传递信号，其他电磁噪音不会对它产生干扰。

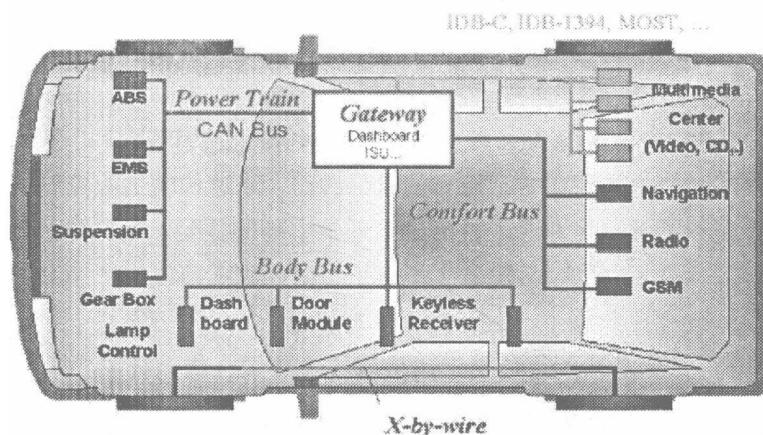


图 7 聚合物光纤汽车网络

使用 POF 布线还有价格便宜、重量轻的优点。使用光纤布线可以节省成本，降低车身重量。

目前，汽车聚合物光纤布线的标准有 IDB1394、MOST 与 Byteflight 等。大量采用 POF 布线的车辆已经问世。德国宝马公司 (BMW) 宣布 2002 年 3 月上市的最高级新款轿车“BMW7 系列”中采用了 50m POF。到现在全世界已有 100 万辆 POF 布线的汽车，已经采用 POF 布线的汽车厂家有：奥迪 (AUDI)、雪铁龙 (CITRON)、菲亚特 (FIAT)、沃尔沃 (VOLVO) 等。美国通用汽车公司 (GM) 等美国制造商也计划使用 POF 布线，预计丰田

汽车 (TOYOTA) 等日本汽车制造商也将跟进采用 POF。

4. 聚合物光纤在工业控制中的应用

随着计算机和自动控制技术的高速发展, 工业自动化水平提高到一个崭新的高度。工业自动化根据其特点和使用方向可分为过程控制自动化、面向生产和制造业的自动化以及自动化测量系统 (工业测量仪表)。这些工业自动化系统的建立和发展都有一个共同特点, 即由直接控制系统向集散型控制系统发展, 而这种集散型控制系统的发展都是以各种工业网络为基础。通过这些形形色色的工业总线系统, 各种工业设备构成一个既分散又统一的整体。

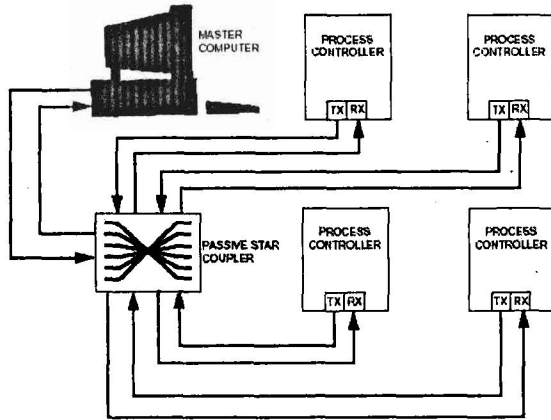


图 8 聚合物光纤工业控制系统

对 POF 来说, 工业控制总线系统是其最稳定和最大的市场之一。通过转换器, POF 可以与 RS232、RS422、100Mbps 以太网、令牌网等标准协议接口相连 (图 8), 从而在恶劣的工业制造环境中提供稳定、可靠的通信线路, 高速传输工业控制信号和指令, 避免了因使用全属电缆线路受电磁干扰而导致通信中断的危险。为了促进聚合物光纤在工业控制中的应用, 国内中国科学技术大学光子技术研究所研制出了 POF-RS232 转换器, 东莞华鹰电子有限公司研制了 POF-RS485 转换器。

考虑到系统的可靠性, 目前用于通信和传输的聚合物光纤主要采用国外工业化的产品。国内中科院理化研究所、化学研究所、西安光机所、北京通元光谷科技有限公司、四川汇源光通信公司、山东华科光纤股份有限公司等单位正在致力于通信传输用聚合物光纤的国产化, 中国科学技术大学、燕山大学、上海大学、东南大学等单位在进行聚合物光纤的应用研究工作。

三、聚合物光纤在传感方面的应用

POF 传感器可测量许多不同的参数, 如距离、位置、形状、颜色、亮度、透明度、粒子浓度、流量、折射率、半径、密度和浊度等, 强度型 POF 光纤束传感器的测量传感基本原理如下: 光纤束由入射光纤和接收光纤束组成, 接收光纤输出光强随外界物理量的扰动而变化, 反射接收光强随反射体位移的变化, 其示意图如下所示 (图 9)。采用

对称分布的光纤束接收反射光强，可提高接收光的效率和灵敏度，增大动态范围，有效解决动态范围与灵敏度成反比的矛盾，其结构示意图如下所示（图 10）。

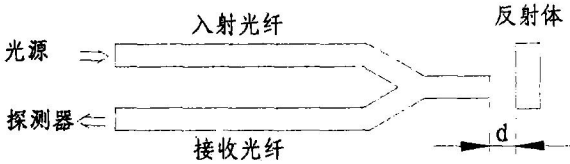


图 9 光纤束传感器原理图

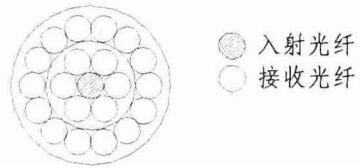
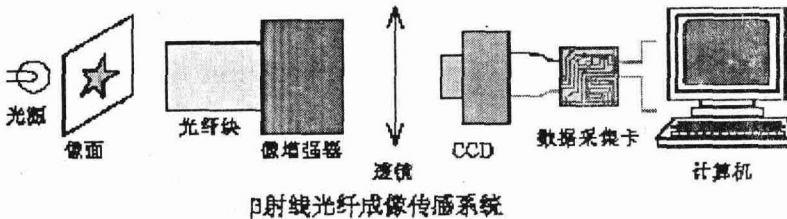


图 10 光纤束结构示意图

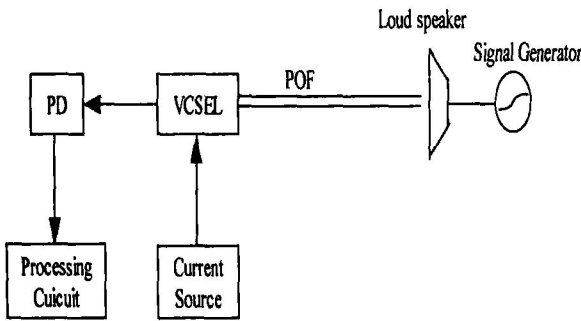
现今我国已研制出电压电流检测 POF 传感器、转速传感器、NO 浓度传感器和桥梁传感器等。

聚合物光纤传感器同时可用于射线剂量和射线成像探测，下图是中国科学技术大学研制的闪烁聚合物光纤射线传感器的示意图（11）。

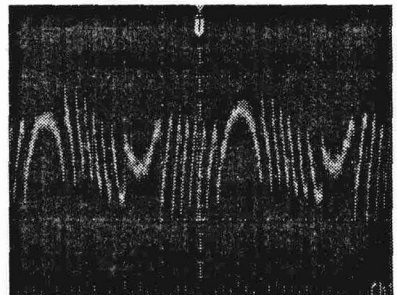


β射线光纤成像传感系统

最近中国科学技术大学光子技术研究所又利用聚合物光纤数值孔径大、芯径粗的特点研究基于 VCSLE 自混频效应的振动传感。图 12 (a) 为聚合物光纤作为传输介质的自混频振动测量示意图，(b) 为实验获得的自混频振动信号。



(a)



(b)

图 12 聚合物光纤用于基于 VCSLE 自混频效应的振动传感

四、聚合物光纤在传光、传像方面的应用

国内已有多家单位从事聚合物光纤在传光、传像方面的研究与开发工作，包括南京玻璃纤维研究院、深圳市春华达光导纤维有限公司、北京通元光谷科技有限公司和四川汇源光通信股份有限公司等。

1. POF 工艺品

经过 20 年的发展,中国实现了 PS 芯 PMMA 皮 POF 的规模化生产,这一发展的重要原因在于这种 POF 在工艺品中的应用从仿制,小规模生产,到现在的 POF 圣诞树大量出口,已形成 POF 的一个产业,这是因为 POF 有较好的柔软性、易于排片、叠片、粘接、固定、热成形、染色和剪裁,易于 POF 工艺品的设计制作。POF 圣诞树仅 2001 年一年间,POF 的实际使用量是 3000 多吨,并保持一个较快的发展速度,相关产品的出口达数亿美元,成为一个新兴的产业。

2. POF 装饰装潢

端点发光 POF 传光束主要应用于投射照明、天花吊顶和地面装饰等等,可实现渐变、闪烁、跳动和流动等多种照明效果,其实际使用长度多在 30 米之内。

3. POF 照明

POF 可进行点照明、线照明和面照明,其最广的用途是点照明,又称终端发光照明;线状照明就是采用侧面发光 POF 进行照明,光沿光纤长度方向照明;医疗和显示用的面照明是将端发光 POF 的侧面略微破坏经编织后利用侧面的漏光实现面照明或直接侧面发光 POF 经编织后实现面照明,POF 照明实例有公园和人行道的埋设照明、喷泉和游泳池等的水中照明、景观照明、艺术品照明等。

4. POF 传像束

POF 传像束就是将多根一定长度和一定直径的 POF 有规则地排列起来,光纤两端按一一对应的关系紧密排列集成束,使每根 POF 的输入和输出端在几何上一一对应,每一根光纤传递一个像元,从而起到传像作用;最早的传像束是用玻璃光纤制备的,POF 传像束可制备成工业或医用内窥镜。

5. POF 显示

利用 POF 可以制作大尺寸显示屏幕。POF 显示屏上的图像可通过一投影仪输出,POF 显示屏示意图如下,即当光纤束一端为“反 F”字符时,另一端将显示相应的放大“F”字符。国内主要是北京通元光谷科技有限公司、南京玻璃纤维研究院等单位在进行这方面的开发工作。采用聚合物光纤投影显示与传统的 LED 显示相比具有图像质量高、成本低、运行费用低等特点。

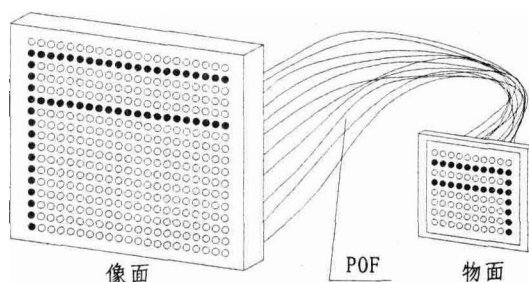


图 13 大尺寸 POF 显示屏示意图