

# 第六届全国塑料光纤、聚合物光子学会议

## 会议论文集

主办单位：中国光学学会 纤维光学与集成光学专业委员会

承办单位：集成光电子学国家重点联合实验室吉林大学实验区  
吉林大学 电子科学与工程学院  
东莞市华鹰电子有限公司

2010年10月28日-11月1日

广东·东莞

# 第六届全国塑料光纤、聚合物光子学会议组织机构

会议主席 于荣金 教授 燕山大学

会议共主席 刘德森 教授 西南大学

## 会议学术委员会

- 主任： 于荣金（燕山大学）
- 副主任： 明海（中国科学技术大学）  
蹇锡高（大连理工大学）  
张在宣（中国计量学院）  
赵明山（大连理工大学）  
张大明（吉林大学）  
马春生（吉林大学）  
王莉丽（中科院西安光机所）  
杨建义（浙江大学）  
江晓清（浙江大学）  
李宝军（中山大学）  
吴文军（东莞市华鹰电子有限公司）
- 委员： 徐传骧（西安交通大学）  
孙小菡（东南大学）  
张其锦（中国科学技术大学）  
王廷云（上海大学）  
廖常俊（华南师范大学）  
章献民（浙江大学）  
殷宗敏（上海交通大学）  
廖进昆（电子科技大学）  
张宁（北京石油化工学院）  
江源（南京玻璃纤维研究设计院）  
刘新厚（中科院理化技术研究所）  
王学忠（中科院西安光机所）  
陈明（深圳大圣光电技术有限公司）  
储九荣（四川汇源光通信股份有限公司）  
缪立山（江苏华山光电有限公司）  
陈正飞（上海昱品通信科技有限公司）

## 会议组织委员会

- 主任： 张大明（吉林大学电子科学与工程学院副院长，教授）  
吴文军（东莞市华鹰电子有限公司总经理）
- 秘书长： 王菲（吉林大学电子科学与工程学院，副教授）  
唐晟（东莞市华鹰电子有限公司 经理）

# 目 录

|   |    |
|---|----|
| 塑料光纤在接入网应用中面临的挑战  | 1  |
| 于荣金, 成明   | 1  |
| 三网融合——通信塑料光纤发展的重大机遇   | 5  |
| 韩馥儿   | 5  |
| 聚合物异形孔径微透镜阵列研究  | 11 |
| 刘德森, 蒋小平  | 11 |
| 二氧化碳气体微结构聚合物光纤传感器的设计制造与表征   | 14 |
| 汪舰, 王丽莉   | 14 |
| 聚合物光纤在虢国博物馆的照明应用  | 24 |
| 李泽财, 江源   | 24 |
| Polymer nanowire drawing and nanodevice assembly                                | 32 |
| Baojun Li   | 32 |
| Surface Plasmon of welded Ag/Au nanoparticles:a theoretical study               | 33 |
| Tong Zhang, Xiao-Yang Zhang, Anming Hu, John Wen, Y. Norman Zhou, Walt W. Duley | 33 |
| 损耗对集成波导微环延时性能影响的分析  | 34 |
| 韩秀友, 张佳宁, 宋红妍, 王凌华, 滕婕, 吴彭生, 李善锋, 赵明山   | 34 |
| 调控薄膜形貌改善窄带隙聚合物薄膜光伏电池能量转换效率  | 45 |
| 付莹莹, 谢志元  | 45 |
| 聚合物波导热光调相电极研究   | 49 |
| 宋红妍, 韩秀友, 张佳宁, 王凌华, 滕婕, 吴彭生, 李善锋, 赵明山   | 49 |
| 一种新型有机聚合物电光材料的极化与表征   | 57 |
| 廖进昆, 唐先忠, 陆荣国, 唐雄贵, 李和平, 张晓霞, 刘永智   | 57 |
| 我国塑料光纤应用的新进展——基于塑料光纤的 FTTH 解决方案   | 65 |
| 陈伟  | 65 |
| 双偶氮聚合物的四维光存储  | 69 |
| 吴思, 章周舜, 张其锦  | 69 |
| SiC 纳米棒的发光特性研究  | 72 |
| 金华, 张立功, 郑著宏, 安立楠, 申德振  | 72 |
| 塑料光纤制备与应用国家地方联合工程实验室介绍  | 77 |
| 储九荣, 刘中一  | 77 |



|  |     |
|--|-----|
| 连续反应挤出低损耗塑料光纤生产工艺研究                    |     |
| 李凯, 储九荣, 吴祥君, 张海龙, 刘中一                 | 80  |
| 基于以太网的汽车多媒体塑料光纤网络                      |     |
| 宋昌林, 唐波, 范才滨, 储九荣                      | 86  |
| 新型二阶非线性光学生色团和聚合物的合成                    |     |
| 崔占臣                                    | 90  |
| 基于碲酸盐和氟化物玻璃光纤的中红外光波段超连续相干光源            |     |
| 秦冠仕, 秦伟平, 赵丹, 田琪军, 刘来, Yasutake Ohishi | 92  |
| 聚合物阵列波导光栅波分复用器的损耗特性分析                  |     |
| 郭文滨, 马春生, 刘彩霞, 张大明, 陈维友                | 93  |
| 高速聚合物马赫曾德尔电光开关的优化与分析                   |     |
| 郑传涛, 马春生, 闫欣, 崔占臣, 张大明                 | 99  |
| 基于聚合物材料的平面光波导生化传感器的基础研究                |     |
| 杨天夫, 田亮, 孙健, 王菲, 张大明                   | 107 |
| 一种光波导放大器增益特性的数值模拟                      |     |
| 刘天际, 刘馨阳, 谭震宇, 张大明                     | 112 |
| 基于极化聚合物材料 DR1/SU-8 的电光开关的研制            |     |
| 张峰, 王辉, 李涛, 高磊, 张大明, 陈长鸣               | 119 |
| 聚合物 Mach-Zehnder 热光调制器基础研究             |     |
| 李晓东, 谭震宇, 张峰, 孙小强, 张大明                 | 124 |
| 650nm 聚合物阵列波导光栅波分复用器基础研究               |     |
| 谭震宇, 李晓东, 张峰, 陈长鸣, 王菲, 张大明             | 129 |
| 极化聚合物高速电光开关 CPW 行波电极的基础研究              |     |
| 孟杰, 靳琳, 曹子谏, 张大明                       | 135 |
| 基于 DR1/PMMA 材料的接触极化技术研究                |     |
| 孙健, 王希斌, 靳琳, 曹子谏, 孙小强, 张大明             | 141 |
| 基于 DR1/P (MMA-GMA) 材料的电光开关的基础研究        |     |
| 王辉, 张峰, 刘天际, 杨欢, 陈长鸣, 张大明              | 145 |
| 弯曲波导器件的制备与优化                           |     |
| 王旗, 衣云骥, 赵鹏程, 王菲, 张大明                  | 150 |
| 铟/镱共掺可溶性配合物光波导放大器的制备研究                 |     |
| 张琨, 陈聪, 李彤, 刘天际, 刘馨阳, 张大明              | 156 |

# 塑料光纤在接入网应用中面临的挑战

于荣金\*, 成明

(燕山大学 信息科学与工程学院, 秦皇岛 066004)

**摘要:** 当今全世界光纤通信都在向光纤接入网发展, 因此需要大量满足接入网性能指标的光纤, 这是一个巨大的市场和商机, 但是这种机会是只对有准备的企业提供的。本文概要介绍了这几年石英光纤的发展与塑料光纤的现状, 希望塑料光纤的相关研发和生产单位, 认清目前的形势, 急起直追。

**关键词:** 接入网; 弯曲不敏感光纤; 石英光纤; 塑料光纤

## 0 引言

从上个世纪六十年代开始, 石英光纤得到了迅猛和充分的发展, 用石英光纤铺设的通信线路已成为全世界信息高速公路的主要干线, 高锟(K.C.Kao)博士在去年也荣获了诺贝尔奖。随着海底光缆和各国长途干线的相继建成, 光纤通信必然要从干线延伸至路边、大楼和家庭, 也就是向接入端发展。随着三网融合、用户对带宽要求的不断增加, 光进铜退, 早已是人们预见到的一种趋势, 这是二十一世纪初光纤在通信领域应用一个巨大的潜在市场。

石英光纤制造技术的不断提升和成熟, 加上大批量生产和销售, 价格不断下降, 以及高的传输性能(低损耗、高带宽), 无论在过去还是今后一定的历史时期内, 单模石英光纤是通信干线唯一的选择。在通信的接入端, 相对于通信干线来说, 对传输距离和带宽的指标可以降低一些; 但是对于接入系统, 室内狭窄环境的密集布线, 要求光纤的弯曲半径缩小到毫米量级(过去大量应用的常规石英单模光纤, 弯曲半径是 30mm), 且要求在小弯曲半径下, 弯曲损耗要低; 与原来标准单模通信光纤(G.652 光纤)连接时, 连接损耗小; 考虑到 FTTX 的多业务特点, 光纤要能提供 1260-1625nm 全波段传输; 并且要求光纤长期处于小弯曲半径状态下不发生断裂, 保持结构的完整性。

为适应这种应用的需求, 许多大公司对石英光纤加快了研发步伐, 取得了显著的进展。国际电信联盟标准化组织 (ITU-T) 2006 年 11 月通过了新的光纤标准—G.657《用于接入网的对弯曲损耗不敏感的单模光纤及光缆特性》。G.657 光纤, 分为两类: G.657A 和 G.657B 光纤。G.657A 光纤模场直径 (MFD)  $8.6-9.5 \pm 0.4 \mu\text{m}$ 、包层直径  $125 \pm 0.7 \mu\text{m}$ 、芯/包层同心度误差  $\leq 0.5 \mu\text{m}$ 、最小弯曲半径 10mm (在 1550nm 最大弯曲损耗 0.75dB/圈、在 1625nm 最大弯曲损耗 1.5dB/圈), G.657A 光纤适用于 1260-1625nm 波段光纤通信。G.657B 光纤模场直径  $6.3-9.5 \pm 0.4 \mu\text{m}$ 、包层直径  $125 \pm 0.7 \mu\text{m}$ 、芯/包层同心度误差  $\leq 0.5 \mu\text{m}$ 、最小弯曲半径 7.5mm (在 1550nm 最大弯曲损耗 0.5dB/圈、在 1625nm 最大弯曲损耗 1.0dB/圈), 主要适用于 1310nm、1550nm 和 1625nm 三个波长窗口。2007 年 6 月通过了《用于接入网的 50/125  $\mu\text{m}$  渐变折射率多模光纤光缆性能》G.651.1 标准。相对于 G.651 标准,

\* Email: rj.yu@163.com 电话: 0335-8061549

它提高了对宏弯性能的要求,要求在15mm的弯曲半径时,两圈的附加损耗在850nm和1300nm均不超过1dB,并要求在850nm窗口传输距离达到550m以上,用于支持1Gb/s以太网。原来的石英光纤,无论是单模还是多模光纤,包层直径都是125 $\mu\text{m}$ (只有硬塑料包层石英光纤是例外,它的包层直径是200 $\mu\text{m}$ )。2006年12月8日的86A/1132/CD文件,规定光纤要分成125 $\mu\text{m}$ 和80 $\mu\text{m}$ 两大类,未着色的涂覆层直径分别为 $245\pm 10\mu\text{m}$ 和 $165\pm 10\mu\text{m}$ 。包层直径从125 $\mu\text{m}$ 减小到80 $\mu\text{m}$ ,不仅使光纤更柔软、易弯曲,而且节省了大量高纯石英材料(只需原来的1/2.44),从而降低了成本。

## 1 在新形势下石英光纤的发展

为适应接入系统安装光纤的需要,必须研制满足各方面性能要求的新光纤,当然核心问题是要实现小弯曲半径下低的弯曲损耗。如果单纯的实现小弯曲半径下低的弯曲损耗,则问题还比较简单;但不仅需要在小弯曲半径下有低的弯曲损耗,还要与标准单模通信光纤连接时有低的连接损耗(也就是有兼容性)、宽的传输波段、长期处于小弯曲半径状态下结构的可靠性等,必须综合加以研究。全球大约有7亿个家庭或多户型单元,面对巨大的市场需求和发展机遇,世界各国的大公司,如美国康宁、日本的古河、住友、藤仓以及韩国等许多公司,都投入很大力量,来研发适合FTTX需要的各种弯曲不敏感光纤(抗弯曲光纤、耐弯曲光纤、弯曲优化光纤、弯曲改善光纤)。经过2005年前后几年的研发,已有各种不同的结构,但大体可分为三种基本类型:高阶跃折射差剖面光纤、包层带凹槽的光纤、包层带多孔的光纤<sup>[1]</sup>。许多光纤的性能已超越了G.657标准要求的性能。康宁白皮书(WP1285<sup>1</sup>)<sup>[2]</sup>中说,“从应用角度来看,显然需要超越G657标准所推荐的性能”,“对于这类应用弯曲半径需要小到5mm”。康宁研制的纳米结构光纤—Corning ClearCurve<sup>TM</sup>光纤,在弯曲半径5mm时,弯曲损耗为0.03dB/圈,比标准单模光纤的弯曲损耗低500倍,并且与标准单模光纤之间的平均熔接损耗为0.033dB,荣获IEEE授予的2009年企业创新奖。美国OFS实验室的John M.Fini等人采用标准实芯光纤制作方法演示的共振辅助光纤<sup>[3]</sup>,在3mm弯曲半径下,实现了<0.1dB/圈的弯曲损耗,并且与标准单模光纤兼容。日本古河制造的包层带多孔的单模光纤,弯曲半径5mm时,损耗为0.01dB/圈,采用无应力弯曲技术制造的高折射率差(2%)、80 $\mu\text{m}$ 包层直径、模场直径为5 $\mu\text{m}$ 的光纤,可实现90°弯曲半径1mm,弯曲损耗0.1dB。日本M.Morimoto和K.Suematsu研究了90°弯曲下多模光纤的最优化,发现弯曲损耗与芯层和包层面积之比密切相关,弯曲半径的极限是1mm。用优选的芯/包层直径为50 $\mu\text{m}$ /80 $\mu\text{m}$ 、低折射率(1.38)涂层多模光纤做了效果较好的、弯曲半径小至1mm的90°弯曲研究(图1)<sup>[4]</sup>。图2是用孔辅助光纤在5mm弯曲半径下与两根单模光纤互连的示意图<sup>[5]</sup>,从图中看出,只用了10mm的宽度就能改变180°、让两根单模光纤进行互连,非常适合小空间应用。

国内一些光纤制造企业,如江苏中天和法尔胜、武汉长飞等,也开展了相应的研发。江苏南通中天科技光纤有限公司推出了他们研发、生产的G.657A2抗弯曲单模光纤(ZFOC-R15光纤),抗弯曲性能优越,与现有普通单模光纤完全兼容。

毫无疑问,石英光纤现有的研发水平与技术,足以能生产性能全面满足接入系统要求的弯曲不敏感光纤。

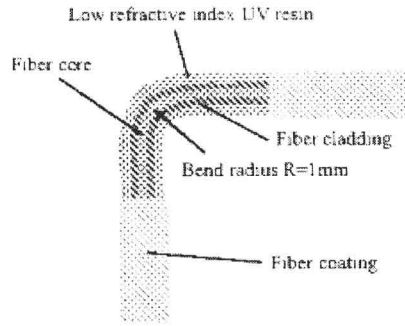


图1 多模 GI-GOF90<sup>0</sup> 弯曲、弯曲半径 1mm 的结构

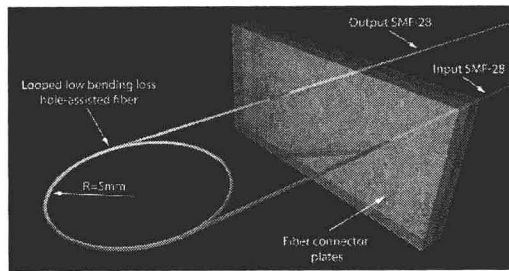


图2 用弯曲半径 5mm 的孔辅助光纤连接两根单模光纤的示意图

## 2 塑料光纤的现状

回顾塑料光纤的发展历程，自从上个世纪六十年代美国杜邦公司推出第一根塑料光纤以来，已有四十多年的历史。人们一直在探索降低塑料光纤传输损耗这一根本问题，特别是日本，几十年来投入了很多人力物力。从技术上，集中在提高材料纯度、选择和改进材料方面，这种技术途径，并没有根本解决损耗大这一难题。例如，现在生产得最多、应用最广的聚甲基丙烯酸甲酯（PMMA）芯塑料光纤，只有把 MMA 单体中过渡金属离子含量降至 0.5ppb 以下，以及采用降低塑料光纤生产过程的温度等措施，才有可能把这类光纤的损耗从 650nm 波长时的 150-180dB/km 降低到 100dB/km(称为 Ultra-transmission SI-POF);又如，采用全氟化聚合物（CYTOP）芯的塑料光纤，损耗可以降低到低于 20dB/km,低损耗传输波长也可以扩展至 1.3 μm,可是材料成本过高等原因，很难推广应用。尤其是应用于 FTTH，低成本是极为重要的因素。满足 FTTH 应用要求的石英光纤，不仅性能好，而且价格也不贵。

如上所述，为迎接接入系统的应用需要，这几年国内外石英光纤的研发和生产企业，是非常积极的。相比之下，塑料光纤的研发和企业，基本上还只停留在塑料光纤柔软、适合光纤接入网应用的概念上；并且实际上，江西大圣塑料光纤有限公司生产的通信级塑料光纤，衰减 180-190dB/km,最小弯曲半径 25mm（没有说明在此弯曲半径下的损耗），并没有针对接入系统进一步深入研究光纤采用的几何尺寸和结构、力学性能、不同弯曲半径下的损耗等问题，测量出令人信服的相关数据。据我们所知，现在通信领域的主流运行商已看好石英光纤，而对塑料光纤是否可以进入电信网络大规模组网打上了问号。如果不改变这种现状，目前国内生产的塑料光纤只能作为通信光纤中的低档产品，停留在原有的一些应用场合，无法与石英光纤竞争，进入接入系统的大市场。“从性能上来说，

塑料光纤才是最适合室内组网的光纤产品，现在塑料光纤的机会来了。”这或许是塑料光纤业内人士多年以前的一种看法，但是现在这样说，显然是缺乏根据的，站不住脚的。“现在塑料光纤需要从芯片开始，推动塑料光纤网络的发展”，这似乎有一定道理，但在塑料光纤本身性能差、无法与石英光纤相比拟，因而市场应用前景不确定的情况下，谁会有兴趣投入资金去做这种芯片和光模块呢？

### 3 结束语

知己知彼，才能百战百胜。知道了市场前景，这几年石英光纤的发展以及塑料光纤的现状，面对现实，既要破除盲目乐观情绪，又不要悲观失望、无所作为。当务之急是要加大研发投入，发挥科技人员和工程技术人员的自主创新精神，密切产学研结合，强-强联合。首先要做出一、二种适合接入系统的、损耗较低、弯曲不敏感、连接方便、成本便宜的新型塑料光纤。我们愿意与合适的企业合作，为实现这一目标而努力。

### 参 考 文 献

- [1] K.Himeno,et al., Low-bending-loss single-mode fibers for for fiber-to-the-home. J. of Lightwave Technol. 2005,Vol.23,No.11,pp.3494-3499
- [2] Ian Davis, Deployment Considerations for FTTH in Multiple Dwelling Units,White Paper (WP1285),Issued:Dec.2007
- [3] John M.Fini, et al., Bend insensitive fiber for FTTH applications,OFC/NFOE 2009,OTuL4
- [4] M.Morimoto,K.Suematsu, R-1mm  $90^{\circ}$ -bent multi-mode optical fiber, OFC/NFOEC 2008,JThA44
- [5] J.V.Erps,et al., Design and tolerance analysis of a low bending loss hole-assisted fiber using statistical design methodology, Optics Express,2008,Vol.16,No.7,pp.5061-5074

## Plastic Optical Fiber Faced with a Challenge in Applications of Access Networks

Yu Rong-jin, Cheng Ming

(College of Information Science and Engineering, Yanshan University, Qinhuangdao 066004)

**Abstract:** All over the world, optical fiber communications are developing into access networks. Therefore, a great quantity of the fibers which meet the need for the performance index of access networks is required. This is a massive market and business opportunity. But the opportunity is provided only for the enterprises to be ready. In this paper, the development of silica optical fiber and present situation of plastic optical fiber over the years are introduced summarily. It is sincerely hoped that research and develop units as well as production units interrelated with plastic optical fiber get a clear understanding of the current situation, and rouse oneself to catch up.

**Keywords:** access network; bend insensitivity fiber; silica optical fiber; plastic optical fiber



# 三网融合——通信塑料光纤发展的重大机遇

韩馥儿

(《中国光纤通信年鉴》编委会主任、主编 上海 200051)

**摘要:** 光纤是迄今最好的传输介质, 光纤接入的最大特点是可用有效带宽很大。本文首先概述三网融合的发展态势, 以及三网融合推进 FTTx 发展进入新阶段, 其次分析三网融合为通信塑料光纤带来了重大发展机遇, 最后提出加速我国通信塑料光纤推广应用的建议。

**关键词:** 三网融合 光纤通信 FTTH 塑料光纤

## 一、概述

“三网融合”狭义上是指电信网、广电网、互联网互相兼容, 互联网可以依附在电信网、广电网, 实际上三网融合就是电信网和广电网融合, 包括技术和网络、业务和终端、体制和监管的融合。综合考虑各种业务融合系统, 包括 IPTV、DTV、手机电视、网络电视等以及配套的网络基础设施和信息服务平台的建设、运营等直接可拉动约 1000 亿元市场, 再考虑连带辐射作用, 可拉动六千亿的市场, 总共拉动约 7000 亿元的投资。

我国推进三网融合的阶段目标分为两个阶段: 2010 年至 2012 年, 重点开展广电和电信业务双向进入试点, 探索形成保障三网融合规范有序开展的政策体系和体制机制; 2013 年至 2015 年, 总结推广试点经验, 全面实现三网融合发展, 普及应用融合业务, 基本形成适度竞争的网络产业格局, 基本建立适应三网融合的机制和职责清晰、协调顺畅、决策科学、管理高效的新型监管体系。2010 年 6 月 30 日国务院办公厅印发表布 12 个试点城市名单:

- |             |           |            |
|-------------|-----------|------------|
| 1、北京市       | 2、辽宁省大连市  | 3、黑龙江省哈尔滨市 |
| 4、上海市       | 5、江苏省南京市  | 6、浙江省杭州市   |
| 7、福建省厦门市    | 8、山东省青岛市  | 9、湖北省武汉市   |
| 10、湖南省长株潭地区 | 11、广东省深圳市 | 12、四川省绵阳市  |

12 个试点城市公布标志着我国“三网融合”试点工作正式启动。“三网融合”的核心技术是基于 IP (Internet Protocol——国际协议) 和光纤通信网 (包括骨干网、接入网), 即 IP 优化光网络。“三网融合”的基础是推进城镇光纤到户 (FTTH), 扩大农村地区光纤宽带网络覆盖。这是因为, 光纤是迄今为止最好的传输媒介, 光纤接入技术与其他接入技术 (如铜双绞线、同轴电缆、五类线、无线等) 相比, 最大优势在于可用有效带宽大, 同时还有传输质量好、传输距离长、抗干扰能力强、网络可靠性高、节约管道资源等特点。显然, “三网融合”必将为光纤通信迎来跨越式的发展机遇。

## 二、通信塑料光纤异军突起

近年来特别是最近1~2年,塑料光纤异军突起,已从装饰市场走向短途通信市场。因塑料光纤柔韧性好,布线方便、连接容易,能在FTTH最末100米家庭综合布线中发挥特突作用,可与常规石英光纤互补共推FTTH建设,助运营商打造端到端的全光网络,实现家庭环境的“三网融合”。显然塑料光纤的市场前景十分看好。我国通过产学研结合,江西大圣塑料光纤有限公司自主创新开发成功通信用PMMA塑料光纤(传输损耗小于200db),并于2009年11月通过由工业和信息化部主持的科技成果鉴定,经鉴定达到国际同类产品先进水平,通过成果转化业已形成产业规模,从此打破了长期由日本三菱、东丽等企业垄断市场的格局。目前,国内通信用塑料光纤生产企业在建和准备开工的有十几家,遍布全国。

在塑料光纤通信系统方面,由深圳市中技源专利城有限公司研发的“GEPON塑料光纤FTTD全光接入网集成系统”,于2010年5月通过深圳市科技局科技成果鉴定。经鉴定认为基于无源光网络的塑料光纤全光接入系统是一种创新接入方式,为我国三网融合提供了低成本、高质量、易安装的系统解决方案。

中技源公司研制的全光接入系统不受干扰、也不产生辐射,可以与铜缆一同安装,语音、数据和图像信号被完整地传送给每个信息点,是国内第一个达到欧洲电信标准协会2010年公布的“接入、终端、传输和复用(ATTM)100 Mbs和1 Gbs的塑料光纤系统规范”的集成系统。该系统充分体现低碳经济、光进铜退的国家战略,如按我国网民平均使用100米铜五类线计算,采用该全光系统能够减少二氧化碳排放量166万吨,节省精铜65万吨,相当于国内281家小铜厂3年的产量。无源光网络塑料光纤全光接入系统造价要比采用FTTB+ADSL(光纤到大楼+铜缆)便宜一半以上,且维护也方便,解决了FTTH和三网融合的许多难题。

再有,四川汇源塑料光纤有限公司已建立塑料光纤制备与应用国家地方联合工程实验室。工程实验室的建设目标是建立我国塑料光纤制备与应用技术创新开发平台,建设行业共享的工程化验证环境;力争在塑料光纤领域掌握核心技术,拥有自主知识产权,提升产业核心竞争力、突破技术壁垒,实现国产化,开拓塑料光纤在各行业的应用,促进中国经济发展。

为推广通信用塑料光纤的应用,近年来已建成井冈山实验学校、井冈山市政府大楼、唐山曹妃甸工业区“四海公寓”等规模化应用示范工程。正在建的还有辽宁营口、内蒙呼和浩特等智能化综合示范楼宇工程,标志我国通信用塑料光纤已经开始步入应用阶段。

## 三、“三网融合”为光纤通信带来巨大的市场机遇

三网融合是继3G网络超常规建设投资之后成为2010年后我国信息通信业领域最大的投资亮点。促使“三网融合”发展的重要原因是通信网络带宽跟不上信息通信业发展的需求,已成为信息通信业发展的瓶颈。就电信网现状看,从传输网层面到接入网层面,整个电信网络面临着带宽更新升级的挑战。在骨干网层面,以10G波分系统为主流的设备已经落后于网络流量的需求,正面临向40G、100G为主导的系统升级的压力。预计2010年40G在骨干网将获得应用部署。“十二五”中、末期

100G 在骨干网将可能启动应用。在承载网层面，随着基站回传网 IP 化，以 PTN 为主流的智能传送平台技术和设备已获得中国移动等运营商认可。在接入网层面，必须大举投资用 FTTx 逐步取代 ADSL 宽带网络，以提供更高速的宽带服务。随着三网融合进入实质性阶段，作为三网融合最重要的技术选择——FTTx 将迎来了最佳发展时期，据此，工信部、国家发改委、科技部、财政部、国土部、住建部、国家税务总局等 7 部委联合下发《关于推进光纤宽带网络建设的意见》，《意见》提出到 2011 年，我国光纤宽带网络建设的具体目标——光纤宽带端口超过 8000 万，城市用户接入能力平均达到 8 兆比特每秒以上，农村用户接入能力平均达到 2 兆比特每秒以上，商业楼宇用户基本实现 100 兆比特每秒以上的接入能力。3 年内光纤宽带网络建设投资超过 1500 亿元，新增宽带用户超过 5000 万。

除电信网之外，未来更大的投资热点在广播电视网。多年来，广电部门没有一个统一的全国性网络建设和运营维护的实体，各省区（自治区）市（直辖市）各自为战，网络基础设施远远落后于电信网络，因此，有线电视网络基础设施的更新改造任务十分艰巨，从骨干传送网到接入网的光纤化改造投资可观，而广播电视骨干网络新建的投资将更加巨大。公开数据显示，建设连接全国的广播电视骨干网将要投资 1420 亿元。

据悉，全国性广播电视网络公司的筹建工作已经展开，未来的三网融合市场，即将出现三家电信运营商加一家广播电视网络运营商同台竞争的新格局。国家将采取包括投入资金在内的多种扶植政策。全国广播电视网络的整合有利于 NGB 的建设，将加速广电领域光传输、光接入的升级改造。2010 年三网融合的实质性推进，相信必将引发新一轮宽带建设投资热潮的兴起，将为光纤通信业包括塑料光纤通信业带来巨大的市场机遇。

#### 四、“三网融合”推动 FTTx 发展进入新阶段

我国 FTTx 的发展经历了三个阶段。

第一阶段为 2005 年~2007 年的试验阶段。在这一阶段，中国电信开始在北京、广州、上海、武汉四个城市开展 EPON 光纤到户的试验试点，验证 EPON 系统的成熟度，探索建设经验。这个阶段 FTTx 的建设规模非常小。

第二阶段为 2008~2009 年，这个阶段属于大规模部署阶段。经过第一阶段的试点和研究。中国电信认可了 EPON 系统的成熟度和性能，同时摸索出了一整套 FTTx 的建设模式，FTTH/FTTB + LAN/FTTB + DSL 等建设模式得到确立。2007 年底，中国电信决定在城市新建区域采用 FTTB + LAN 进行大规模部署，在已有区域进行 FTTB + DSL 的光进铜退改造，全面停止新的铜缆网络的铺设。

第三阶段从 2010 年开始，FTTx 进入了新的发展阶段。在这一阶段，“三网融合”引发 FTTx 创新发展。FTTH 和 EPON + EOC 两种建设模式将成为推动 FTTx 产业的发展重点。

“三网融合”后，电信运营商可以开展视频业务的运营，IPTV 将在中国实现跨越式发展。IPTV 对带宽的需求非常大。电信运营商已经部署的 FTTx 网络可以实现 8Mbit/s~12Mbit/s 的接入带宽，

可以实现普通标准(SDTV)清晰度的 IPTV 应用,但是对于高清电视(HDTV)(10Mbit/s)和未来的 3D TV(45Mbit/s)等更高的应用是不能满足带宽需求的。

因此,电信运营商在基本完成 FTTB 改造后,必定将在新建区域和高端区域普遍进行 FTTH 建设,使接入带宽提升到 50Mbit/s~100Mbit/s。

中国电信计划在 2010 年进行 100 万户的 FTTH 网络建设。北京、上海、江苏、浙江、广东、武汉等省份和城市也相继提出 20Mbit/s 接入等高速宽带服务。

可以预见的是,FTTH 建设模式将从 2011 年开始成为主流的 FTTx 建设模式。FTTx 产业的规模也将相应扩大。

对于广电运营商来说,“三网融合”后,如何快速地对现有网络进行双向化改造,开展互动电视、宽带上网、语音接入等新业务,是当务之急。而由于资金、技术、人才的缺乏,不可能花重金打造高质量的广电网络,只能利用现有网络资源,挖掘潜力,逐步建设。因此,现阶段可以最大限度地利用 HFC 网络的潜力,采用 EPON+EOC 的模式,快速进行 HFC 网络的双向化改造。

目前,全国有 1.7 亿户有线电视用户,其中实现双向化改造的仅数百万,而广电 NGB 的规划要求到 2015 年实现网络的全面双向化改造。因此,未来在广电运营商的网络改造上,可以为 FTTx 产业带来巨大的发展空间。

## 五、加速我国塑料光纤通信业发展的建议

### 1、努力提升核心竞争力的“软实力”

知识产权、标准、商标是企业核心竞争力的“软实力”。通过实施知识产权、标准、商标战略,在本行业形成一批核心技术知识产权、力争几个原创性知识产权。

同时,将专利技术与生产有机结合,提高专利成果转化率。开展国家和行业技术标准工作,形成一批国家和行业产品技术标准。目前欧盟(EN)、国际电工委员会(IEC)等国际标准化组织都已先后公布了有关通信塑料光纤、器件、系统设备等方面的标准(见表 I、表 II),其中日本还于 2006 年公布了通信塑料光纤综合布线标准。我国塑料光纤通信业拟应抓紧制订有关通信塑料光纤行业、国家、国际标准,特别是要在工业和信息化部和国家建设部协调下尽快制订通信塑料光纤综合布线标准。



表 I：国际标准化组织关于 POF 产品的标准

| 国际标准化组织       | 标准号           | 标准名称   | 中文                           |
|---------------|---------------|--|------------------------------|
| 欧盟 (EN)       | 62148-4-2003  | PN 1×9 plastic optical transceivers  | PN 1×9 塑料光纤系统收发设备            |
| 欧盟 (EN)       | 62300-2005    | Consumer audio/videoequipment digital interface with plastic optical fibre                   | 带塑料光纤的用户音频/视频设备数字接口          |
| 欧盟 (EN)       | 61754-21-2005 | Type SMI connector family for plastic optical fibre  | 塑料光纤用 SMI 连接器系列              |
| 欧盟 (EN)       | 62149-6-2003  | 650-nm 250-Mbit/s plastic optical fibre transceivers   | 650-nm 250-Mbit/s 塑料光纤系统收发设备 |
| 国际电工委员会 (IEC) | 61754-21-2005 | Fibre optic connector interfaces-Part 21:Type SMI connector family for plastic optical fibre | 塑料光纤用 SMI 连接器系列              |
| 国际电工委员会 (IEC) | 62149-6-2003  | 650-nm 250-Mbit/s plastic optical fibre transceivers   | 650-nm 250-Mbit/s 塑料光纤系统收发设备 |
| 国际电工委员会 (IEC) | 62300-2004    | Consumer audio/videoequipment digital interface with plastic optical fibre                   | 带塑料光纤的用户音频/视频设备数字接口          |

表 II：国内外综合布线标准

综合布线系统标准基本上都是由具有相当影响力的国际标准化组织制订的，如国际电工委员会 (IEC)、美国通信工程协会 (TIA) 等，其他各国基本上是等效采用相关的国际标准。

目前，在我国通常采用的国际和国内综合布线设计标准主要有以下几种：

- ◇ ANIC/EIA/TIA-568B：《商业建筑电信布线标准》
- ◇ ISO/IEC 11801.2002：《信息技术——用户房屋综合布线》
- ◇ EIA/TIA-569：电信通道和空间的商业大楼标准 (CSA T530)
- ◇ EIA/TIA-570：住宅和 N 型商业电信布线标准 (CSA T525)
- ◇ ANSDI/EIA/TIA-606：商业大楼电信基础设施的管理标准 (CSA T528)
- ◇ ANSDI/EIA/TIA-607：商业大楼接地/连接要求 (CSA T527)
- ◇ ANSDI/IEEE 802.5-1989：令牌环网访问方法和物理层规范
- ◇ GB/50311-2007《综合布线系统工程设计规范》
- ◇ GB/50312-2007《综合布线系统工程验收规范》
- ◇ CECS72：97：《建筑与建筑群综合布线系统工程设计及验收规范》

- ◇ YD/T926.1-2001: 大楼通信综合布线系统第1部分: 总规范
- ◇ YD/T926.2-2001: 大楼通信综合布线系统第2部分: 综合布线用电缆、光缆技术要求
- ◇ YD/T926.3-2001: 大楼通信综合布线系统第3部分: 综合布线用连接硬件技术要求
- ◇ YD/T1013-1999: 综合布线系统电气特性通用测试方法
- ◇ CECS119-2000: 城市住宅建筑综合布线系统工程设计规范

## 2、发展通信塑料光纤在国家智能电网上的应用

目前,在国家电网信通公司的推动下,2010年全国将有14个试点项目进行智能电网光纤到户的改造与试运行,需要使用大量的光纤复合低压电缆。未来几年内国网信通公司目标完成3000万个智能电表(光纤电表)的安装,其中更换电表2000万个,新增1000万个。根据每个家庭用户用电为40A计算,有12亿A的用电量,如采用240mm<sup>2</sup>主线芯为100米计算,需要OPLC约有1亿公里,以OPLC-VV-0.6/1kV 3×240+1×120的单位价格为50万元/公里计算,主干电缆就需要500亿元的投入,按主干线与配线入户的比例1:1.5估算,更换所需光纤复合低压电缆的需求在750亿左右。由此估计,光纤复合低压电缆的应用一旦推开,在今后的几年内将会形成非常大市场需求。因此,研发塑料光纤复合低压电缆应用具有广阔的市场前景。

## 3、组建塑料光纤行业联谊会

为加强塑料光纤行业企业间的合作交流,营造行业和谐发展的氛围,根据自愿原则,有必要组织塑料光纤联谊会,通过联谊会增进企业间的合作交流,共享信息,,以促进企业间互惠互利共同发展。

## 4、举办通信塑料光纤研修培训班

目前,推广塑料光纤在通信,特别是在家庭综合布线上应用已是全球性的课题,鉴于我国塑料光纤在通信上应用已进入起步阶段,拟应抓紧培养专业人才,举办研修培训班将是重要举措,拟由业内著名专家编写讲义并授课,授课内容:

- (1) 通信塑料光纤理论、核心技术;
- (2) 通信塑料光纤光器件理论、核心技术
- (3) 通信塑料光纤系统理论、核心技术;
- (4) 标准和知识产权等

## 六、“三网融合”促进光纤通信产业做大做强

当前,光纤化、宽带化是我国进入“三网融合”时代的主旋律,FTTx迎来了最佳发展时期,据报道,中国联通2010年计划20M以上宽带用户的比例超过20%;中国移动2010年将部署600万线FTTx设备;中国电信预计今年将投资建设1800万线光纤宽带设备。至2015年我国FTTx用户将从2009年的2300万户迅速增加到5000万户,极大地推动了国内光纤光缆包括通信塑料光纤、光缆市场需求,将催生年需求量达到上亿芯公里的市场规模,产业规模将可达到上千亿元。

## 参 考 文 献 (略)

# 聚合物异形孔径微透镜阵列研究

刘德森, 蒋小平

(西南大学物理学院)

**摘要:** 采用光刻热熔工艺制作了半球形和异形树脂微凸透镜阵列, 并对其主要光学性能进行了研究。结果表明, 半球形和异形树脂微凸透镜阵列制作工艺简单、成本低、像质好, 有广阔应用前景。

## 前言

微透镜阵列是一种重要的基础元件, 在光信息领域有广泛的应用。以前制作的微透镜及阵列, 其单元透镜都是圆柱形或半球形, 填充系数(有效传光面积与总受光面积之比)不大, 其理论极限值对正方形排列而言为 78.5%, 对六角形排列而言为 90.7%。总有一些信息被泄漏, 造成传输信息的丢失和失真。为了解决微透镜阵列填充系数低这一难题, 在生物复眼的启示下, 我们在过去工作基础上, 采用光学微加工和热熔工艺, 制作出半球形、方形、六角形聚合物凸透镜阵列, 对其主要光学特性进行了实验研究, 得到了可喜的结果, 本文就是在这些研究工作基础上写出的工作报导。

## 一、光学设计

采用光刻热熔工艺制作的微透镜阵列, 就是在玻璃基片上形成的排列整齐的树脂微凸透镜阵列, 如图 1 所示。

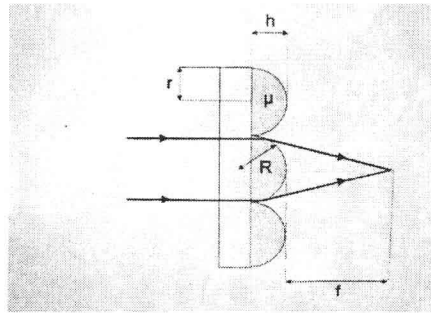


图 1 采用光刻热熔工艺制作的树脂微凸透镜阵列结构示意图 ( $r$ —微凸透镜半径,  $\mu$ —树脂折射率,  $h$ —微凸透镜高度,  $R$ —微凸透镜的曲率半径,  $f$ —微凸透镜焦距)

折射率为  $\mu$  的树脂经光刻和热处理形成的微凸透镜的焦距可以写成:

$$f = \frac{R}{\mu - 1}$$

如果我们假定, 形成的微凸透镜是高为  $h$  的半球形, 很容易得到:

$$h = R - (R^2 - r^2)^{1/2}$$

在热处理前, 光刻后圆柱状树脂的体积是:  $T \pi r^2$ , 这里,  $T$  为制作高为  $h$  的微凸透镜所需的圆柱

体高度。在热处理后，微凸透镜的体积是： $\frac{\pi h}{6}(3r^2 + h^2)$ ，显然，热处理前后树脂的体积应当相等，由此可以得到热处理前树脂圆柱体的高度是：

$$T = \frac{h}{6} \left[ 3 + \frac{h^2}{r^2} \right]$$

T也就是树脂层的厚度。例如。我们要制作半径为0.05mm，高为0.04mm的微凸透镜阵列，树脂层的厚度应为0.0244mm。

## 二、制作工艺

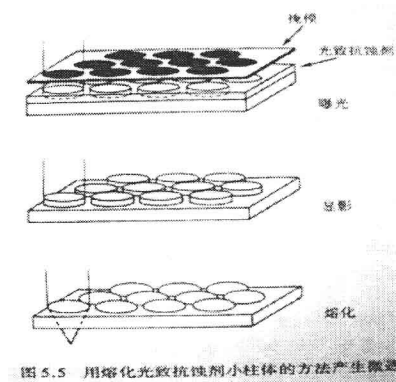


图 2 光刻热熔工艺制作树脂微凸透镜阵列工艺流程图

在玻璃基片上通过匀胶工艺沉积厚度为 T 的树脂，再通过已制作好的母板在紫外光照射下进行光刻，经过显影后在玻璃基片上形成圆柱状树脂阵列，最后通过热处理过程，在表面张力作用下，圆状体变成半球形，成为树脂微凸透镜阵列。

## 三、树脂微凸透镜阵列的主要光学特性

1、采用成像法研究了树脂微凸透镜的成像特性。图 3 为圆形孔径、六角形孔径和正方形孔径树脂微凸透镜成像照片，透镜半径是 250 μm，中心距 300 μm。

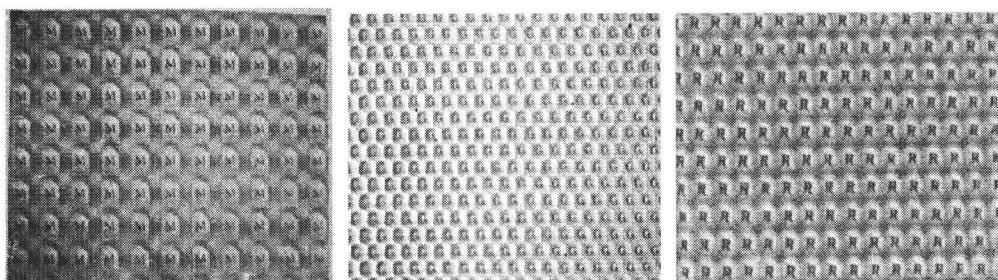


图 3 圆形和异形孔径树脂微凸透镜阵列的成像照片。

- 左：圆形孔径。透镜半径：250 μm，中心距：300 μm，基片尺寸：35×35mm
- 中：六角形孔径。透镜半径：250 μm，中心距：350 μm，基片尺寸：25×25mm
- 右：正方形孔径。透镜半径：250 μm，中心距： μm，基片尺寸：25×25mm



## 2、异形孔径树脂微凸透镜阵列的出射光斑照片

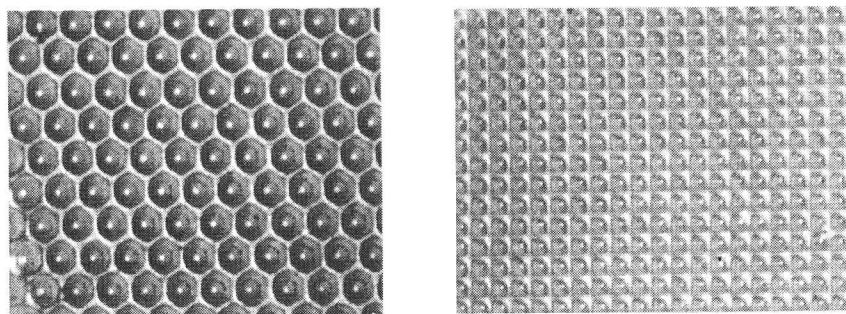


图4 六角孔径（左）和方形孔径（右）树脂微凸透镜阵列出射光斑照片

## 3、异形孔径树脂微凸透镜阵列的外貌照片

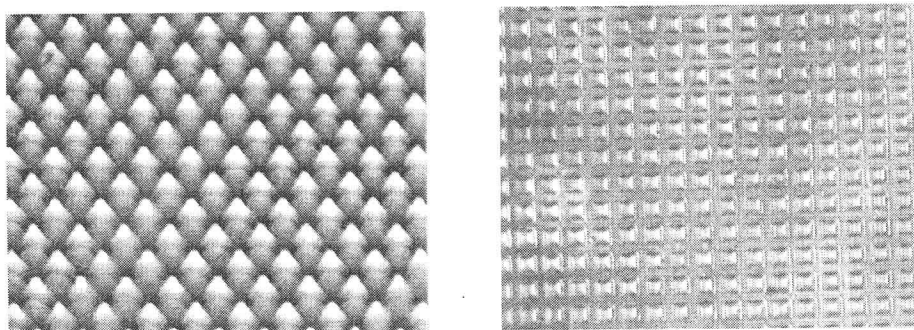


图5 六角孔径（左）和方形孔径（右）树脂微凸透镜阵列的外貌照片

## 4、测试数据

我们对样品的主要光学特性进行了测试。

1. 焦距：采用扫描近场光学显微镜和成像法测量，结果是： $f=0.362\text{mm}$ 。
2. 出射光斑：采用近场光学显微镜测量，结果是： $1.844\ \mu\text{m}$ 。
3. 畸变：采用方格成像法测量，结果是：22.5%。
4. 数值孔径：采用数值孔径仪测量，结果是： $\text{NA}=0.157$ 。
5. 成像分辨率：采用分辨率测量仪测量，结果是： $169\text{lp/mm}$

## 四、结语

我们采用光刻热熔工艺成功地制作出圆形、六角形和正方形孔径树脂微凸透镜阵列，对制作工艺进行了初步理论分析，得到了树脂微凸透镜阵列的成像照片、出射光斑照片和外貌照片，对其主要光学特性进行了研究，得到了一些实验数据。实验工作表明，我们制作的树脂微凸透镜阵列有很好的光学性能，这种制作方法工艺简单、透镜排列整齐、成像质量好、像质均匀。主要问题是树脂质软、表面易刻划、易被污染、耐温低，解决这些问题是今后的努力方向。