

第十二届全国塑料光纤、 聚合物光子学会议

会议论文集

中国·厦门
2016年10月28日-31日

第十二届全国塑料光纤、聚合物光子学会议

论文集

中国光学学会纤维光学与集成光学专业委员会

主 办

厦门大学 信息科学与技术学院

集成光电子学国家重点联合实验室吉林大学实验区

承 办

厦门三优光电股份有限公司

协 办

中国地点 厦门

2016年10月28日-31日

会议组织机构

会议主席	张大明	教授	吉林大学
会议共同主席	刘德森	教授	西南大学
会议名誉主席	李乐民	院士	电子科技大学
	于荣金	教授	燕山大学

会议学术委员会

主任：刘德森（西南大学）
副主任：方胜（重庆亚派实业集团有限公司）
张大明（吉林大学）

委员（排名不分先后）：

明海（中国科学技术大学）	赵明山（大连理工大学）
储九荣（四川汇源塑料光纤有限公司）	刘新厚（中科院理化技术研究所）
金小平（华晟福涛光电科技公司）	张彤（东南大学）
王瑾（南京邮电大学）	江源（南京玻璃纤维研究设计院）
王丽莉（中科院西安光机所）	杨建义（浙江大学）
王亚辉（重庆世纪之光科技实业有限公司）	李宝军（中山大学）
陈伟（江西大圣光电技术有限公司）	江晓清（浙江大学）
张在宣（中国计量学院）	吴文军（东莞市华鹰电子有限公司）
曹庄琪（上海交通大学）	繆立山（西安飞讯光电有限公司）
王自和（东莞一普实业有限公司）	王菲（吉林大学）
张其锦（中国科学技术大学）	余木火（东华大学）
周骏（宁波大学）	范鹭春（厦门三优光电）
王学忠（中科院西安光机所）	孙小菡（东南大学）
王延云（上海大学）	章献民（浙江大学）
钟立生（西安交通大学）	郑志强（福建师范大学）

会议组织委员会

主任：张丹（厦门大学）
副主任：王菲（吉林大学）
范鹭春（厦门三优光电股份有限公司）

目 录

1. 用创新模式加速我国塑料光纤产业的发展	
于荣金	1
2. 国内 MMA 及 PMMA 市场综述	
方胜	4
3. 塑料光纤光收发器件的开发	
张用志, 储九荣, 蔡炬, 苏黎, 刘中一	9
4. 一种采用多芯共挤拉丝技术的 POF 生产方式探讨	
陈明, 胡卫明	16
5. 塑料光纤通讯在自动抄表系统中的应用模式研究	
杨泽清	22
6. 制约塑料光纤通讯应用的工程问题与解决方案	
杨泽清	29
7. 基于光谱分裂的聚合物集成波导光学生物传感器研究	
韩笑男, 韩秀友, 武震林, 梁宇鑫, 薄淑晖, 滕婕, Geert Morthier, 赵明山	34
8. 3D 打印技术制备聚合物热光开关侧电极的研究	
孙月, 曹悦, 朱鹏熹, 王菲, 衣云骥, 张大明	43
9. 带有斜坡结构的全聚合物垂直集成三维光波导的研究	
曹悦, 孙月, 刘豫, 王焕然, 田亮, 王菲, 衣云骥, 张大明	51
10. 低损耗氟化光敏聚合物 MZI 型热光波导开关研究	
陈长鸣, 郑洋, 王继厚, 王春雪, 张绪成, 史作森, 蔡珍珍, 张大明	52
11. 基于 $\text{NaYF}_4:\text{Er}^{3+}, \text{Yb}^{3+}$ 纳米晶的聚合物波导放大器	
邢桂超, 张美玲, 黄雅莉, 曲春阳, 王菲, 张大明	53
12. 基于 Polymer/ SiO_2 材料的 MZI 型热光开关温度稳定性研究	
牛东海, 孙仕琦, 姜明慧, 杨曼, 许强, 王希斌, 王菲, 张大明	59
13. 基于氟化物纳米晶的高增益聚合物光波导放大器	
王菲, 张美玲, 张大明	66
14. 基于模间干涉效应的可调谐波导型金属光栅滤波器	
姬兰婷, 何国冰, 梁红蕾, 孙小强, 张大明	67

15. 基于有机聚合物材料的三维集成波导光开关器件研究 王希斌, 姜明慧, 许强, 牛东海, 孙仕琦, 杨曼, 王菲, 张大明	68
16. 金属-介质波导垂直耦合器设计 孙小强, 姬兰婷, 何国冰, 张大明	69
17. 聚合物平面光波导热光器件稳定性研究 孙仕琦, 张大明	70
18. 基于非对称 Y 分支的聚合物光波导模式复用/解复用器研究 冯敬, 陈开鑫	71
19. 背板级光互连的光波导及其关键技术 郝寅雷, 杨建义	74
20. 基于双腔调 Q 的全光纤型脉冲光纤激光器研究 郝海洋, 方妍, 杨亚婷, 胡贵军	75
21. 超支化酞菁的制备及三阶非线性光学特性 张云鹤, 陈晓楠, 张吉亮, 姜振华	76
22. 印刷电子用银纳米油墨研制及烧结特性研究 徐佳佳, 张晓阳, 吴静远, 张彤	78
23. 聚合微纳米线光波导及其应用 邢晓波, 朱德斌	82
24. 稀土钕离子掺杂的聚合物光波导放大器 张丹, 付宏燕, 付浩, 邹盼	83
25. 基于石墨烯敏感层和塑料光纤的折射率传感器 付宏燕, 张丹	84
26. 基于局域表面等离子共振效应的聚合物光波导传感器的研究 付浩, 刘森波, 邹盼, 张丹	86
27. 氟化聚合物材料双折射率的理论研究 徐彪, 鲁桃, 叶飞宏, 许吉, 陆云清, 王瑾	91

用创新模式加速我国塑料光纤产业的发展

于荣金

燕山大学, 信息科学与工程学院, 秦皇岛, 066004

摘要: 纵观全球塑料光纤产业, 还处于一种潜能没有挖掘出来的前期阶段。就目前阶段, 相对于日本的塑料光纤产业, 我国还是落后的。面对这种现实, 如何加速我国塑料光纤产业的发展, 一直是作者多年思考的一个核心问题。本文是经过考虑后的想法, 提出来供大家研讨。

关键词: 塑料光纤产业; 空芯光纤; 蜘蛛网结构包层; 创新

引言

光纤是非常重要的产品, 它的基本功能可以传输光信息(通信、传感、传像)、光能量(照明、加工、医疗、武器)以及其它功能(如非线性光纤、有源光纤等)。无论实现什么功能, 一个基本和共同的指标是传输损耗要低, 而实现这个目标的关键, 是光纤对传输光有良好的横向束缚能力以及低吸收损耗的纤芯材料。

在所有光纤中, 玻璃光纤和塑料光纤是最突出和最重要的两大类光纤。石英玻璃光纤, 自从 1966 年高锟等提出来之后, 发展十分迅速, 性能已经达到几乎十分完善的地步, 为人类进入信息社会和互联网普及全球, 提供了有力的支撑, 高锟因此也在 2009 年获得了诺贝尔奖; 而现在的 PMMA 芯塑料光纤, 其传输损耗要比石英光纤大三个数量级, 只能在短距离、中小容量系统获得应用。不过塑料光纤与石英光纤相比, 它具有独特和优异的力学特性, 如可加工性和柔软性, 塑料的弹性极限高, 因而可以作大芯径光纤; 在几乎所有的各种光纤中, 都要在光纤芯-包层外面加一个塑料涂层, 才能保持它的柔软和可重复弯曲性。

无论是石英和塑料, 他们的最低吸收正好是在可见和近红外波段。而在 $3\mu\text{m}$ 以上的中红外、远红外、直至太赫兹波段, 到现在为止, 根本找不到在近红外像石英玻璃那样低吸收损耗的材料。在中红外波段, 材料吸收损耗起码是每公里几十分贝, 在太赫兹波段($30\mu\text{m}$ - $1000\mu\text{m}$)有的材料吸收损耗甚至达到每公里 3×10^7 分贝, 因此严重影响这些波段的开发应用以及获得各种重要应用。

考察过去塑料光纤的研发历史, 人们会发现都是沿着材料提纯、改性和选用新材料方向去努力的, 这就决定了无法找到解决塑料光纤损耗大以及中红外以上波段制备低损耗、低成本塑料光纤的问题, 因为实芯光纤的传输损耗一般都大于(起码等于)构成光纤芯区材料的吸收损耗, 而只有空气在各个光波段都有极低的吸收损耗。鉴于对古今中外所有光纤的这种考量, 我们研究团队^[1-5]在 10 多年前就决定另辟蹊径, 发展一种蜘蛛网状的空芯光纤, 它既能实现各光波段具有低的吸收损耗又具有对传输光的良好横向束缚能力, 且特别适合用各种塑料来制作, 制作工艺比较简单、成本低、生产效率高。

要提升我国塑料光纤产业的水平, 跃居世界前面, 唯一的办法就是采用这些创新的研究成果。现在正值中央大力倡导供给侧结构性改革, 这对我国塑料光纤产业也是发展中的一剂良药, 我们应该合理控制现有常规塑料光纤的产能, 大力研究发展和生产性能更好、适合社会发展需要的各种产品, 做到如过去温家宝总理说的“...要大力自主创新, 做到人无我有, 人有我优。做到高人一等, 勇争第一”。

下面举例说明可以研发的一些产品。

1. 生产实芯塑料光纤新品种，适应市场和今后发展的需要

现有 PMMA 芯阶跃折射率的塑料光纤(SI-POF)，在 650nm 波长损耗大约在 150~200dB/km、传输距离约 100m、带宽约 100MHz，使用温度在 80°C 以下。在汽车等网络中，如果说目前 100MHz 带宽的塑料光纤还能满足用户的需要，但从发展的角度看，需要的带宽会愈来愈高，因此着手生产 1GHz 左右带宽的塑料光纤是十分必要的；在耐温性方面，需要从 80°C 以下提高到 100°C 以上。所以要把光纤的阶跃(SI)折射率分布改为渐变折射率(GI)分布，要用耐温的工程塑料替代 PMMA，相应地用一种适合生产这类光纤的设备和工艺。现在 IEEE 已在制定汽车网络的以太网标准，要求塑料光纤传输数据的速度在 1Gbps 以上。高带宽、耐温的这类塑料光纤在各个领域会有很大的市场空间。

2. 空芯结构塑料光纤的生产

当前，利用空芯的蜘蛛网包层结构来生产塑料光纤，是在国际上实现各个波段低损耗传输、低成本、高性能的全新产品。鉴于全球能源需求的不断增长，可利用化石能源(煤、天然气和石油)的有限性加上其在利用过程中大量污染物的排放对环境的影响，迫切需要加强资源丰富、可再生、清洁能源的开发利用，太阳能就是最适合这些需求的新能源之一。因此从社会消费、市场需求和环保角度看，应该立即开创传能光纤的生产。例如，传输太阳能的聚焦太阳能光纤，可用于住房和城乡建筑、地下设施的照明，特别是可以把太阳光或 LED 光源送入防火防暴的油库、军火库、矿山等场所，确保照明和安全；在北方寒冷的冬天，可用于小孩、老人、妇女、矿工等室内保健，帮助钙的吸收；利用太阳光催化降解甲醛等致癌和有毒气体，净化室内空气；在无取暖设备的黄河以南地区，在冬天可安装简易高效的太阳能取暖设备；以及构建新型便捷的太阳能热水器等。这类光纤生产过程无任何污染，节能环保，产品量大面广，可面向全国乃至全球住房和城乡建筑节能等需求，前景和市场十分广阔。它是继太阳能热水器和太阳能电池之后，利用太阳能的第三类重要产品。

其次，应该生产太赫兹和红外的低损耗空芯蜘蛛网包层结构塑料光纤。尽管目前对这类产品的市场需求量不如传送聚焦太阳能光纤大，但其对军、民、医疗等方面的意义是大的，需求是现实的，并且有了这种低损耗光纤，才能实现并不断扩展应用，增大需求量。据我所知，在太赫兹波段，国内外对光源与探测器的研究取得了很大的进步，但传输光纤损耗都很大(1000dB/km 以上)，只能靠自由空间传播；如果我们能做出损耗仅每公里几十分贝以下的光纤，则就是国际上的一项重要创新产品。在红外波段，至今没有一种低损耗光纤，严重影响了它在军队、医疗等方面的应用。

未来计算机设备和信息系统的性能提高，将主要依赖于高速光波数据连接。在利用实芯光纤连接之后，最终还要依靠空芯光纤，因为它可以比实芯光纤的传输速度提高百分之三十多，达到光速的极限—每秒 30 万公里。

3. 必须产学研结合，用创新研究成果，实现塑料光纤产业的快速发展

早在 2006 年 1 月 26 日颁发的“国家中长期科学与技术发展规划纲要(2006-2020)”和“中共中央国务院关于实施科技规划纲要增强自主创新能力的决定”中指出：“增强自主创新能力，关键是强化企业在技术创新中的主体地位，建立以企业为主体、市场为导向、产学研相结合的技术创新体系”。这就为我们指

明了一条多、快、好、省发展塑料光纤产业的光明大道。过去,有几个企业与中国科学院理化技术研究所合作,实现了损耗在 $\sim 200\text{dB/km}$ PMMA 芯 SI-POF 的生产,且具有一定规模;今后,我们也希望与相关企业合作,完成多种新型高性能塑料光纤的试制和生产,扩大塑料光纤品种,增强国际市场的竞争力。

参考文献

- [1]李炳新,于荣金. 塑料通信光纤元器件及其系统的研究. 全国第一届塑料光纤研究、生产和应用会议, 2005 年 8 月, 秦皇岛.
- [2]于荣金. 抓住机遇, 加快我国塑料光纤产业化进程. 全国第一届塑料光纤研究、生产和应用会议, 2005 年 8 月, 秦皇岛.
- [3]于荣金. 全面解决塑料光纤损耗大的世界性难题. 全国第二届塑料光纤、聚合物光子器件研究、生产和应用会议, 2006 年 8 月, 秦皇岛.
- [4]于荣金. 光纤——从全内反射到布拉格反射. 全国第四届塑料光纤、聚合物光子学会议, 2008 年 7 月, 秦皇岛.
- [5]于荣金, 张冰. 新一代塑料光纤及其功能开发. 中国科学 E 辑. 技术科学, 2008 年, 38(5):807-816.

国内 MMA 及 PMMA 市场综述

方胜

重庆亚派实业集团有限公司

2016“第十三届中国国际丙烯酸酯甲甲酯产业链市场论坛”于 2016 年 4 月 13 日-15 日在厦门召开。近 200 位来自全国各地的代表以易贸这个专业、公平、透明的平台为基础,进行了充分交流,就行业市场现状和未来发展趋势,进行了激烈的讨论。其中,石油和化学工业规划院、兰州金润宏成石油化学科技有限公司、安训思行业分析团队、巴斯夫(中国)有限公司、摩贝网 MOLBASE、阿科玛(中国)投资有限公司、国联股份等企业及研究机构的代表作了专业的发言。综述如下。



图 1 第十三届中国国际丙烯酸酯甲甲酯产业链市场论坛现场

一、石化行业的发展状况与“十三五”规划

目前,我国石化行业可持续发展既有瓶颈又有希望,主要表现在:产能过剩形势严峻,产品同质不断蔓延;对外依赖屡创新高,资源瓶颈逐渐加紧;安全环保意识提高,安全问题引人关注;节能减排任务艰巨,耗能产品风采依旧;化工企业布局分散,集约园区急待发展。

石化行业“十三五”提出了明确的发展战略目标:实现由石油化工大国向强国跨越。具体包括:一是要拥有一批具有自主知识产权、能够占据世界技术制高点、引领行业发展潮流的产业核心技术;二是要拥有一批具有国际竞争优势的企业和企业集团;三是要具有较强的产业国际投资、经营和贸易的能力;四是要拥有一批具有国际竞争优势的一流技术、管理人才和享有国际影响力的产品品牌。因此,以优化石化产业、提升传统化工、发展化工新材料、壮大化工新能源作为发展方向,以原料路线多元化、产品结构高端化、科技创新集成化、产业布局集约化、节能环保生态化作为发展路径,以科技创新和体制创新作为驱动力,加快我国石化化工产业转型升级,按照质量为先和绿色发展的原则,中国石化企业将着力提升产业的国际竞争力和可持续发展能力,推动我国向石化化工产业强国迈进。

石化行业“十三五”提出了重点发展的领域包括：石化产业优化方面：炼油、烯烃、芳烃、有机原料；化工新能源方面：煤制天然气、煤制油、煤制醇醚燃料、煤炭分质利用、生物质新能源；化工新材料方面：工程塑料、高端聚烯烃塑料、高性能橡胶材料、聚氨酯材料、氟硅材料、高性能纤维、高吸水性材料、功能性膜材料、电子化学品等；传统化工升级方面：化肥、农药、氯碱、纯碱、轮胎、无机盐重点产品等。

二、MMA市场状况分析

MMA（甲基丙烯酸甲酯）市场状况是本次产业链市场论坛的主题之一。2015 年我国丙烯产量达到 2310 万吨，同比增长 435 万吨，增幅达 23.2%。目前，国内丙烯当量消费量约 3180 万吨，当量自给率 73%，同比增长 6 个百分点。丙烯产量和产能虽高，但竞争力却偏低，甚至国内部分装置长期处于停产或低负荷状态。因此与石化产业发展方向一致，淘汰落后产能、实现丙烯的多元化供应渠道是“十三五”期间的主要目标。

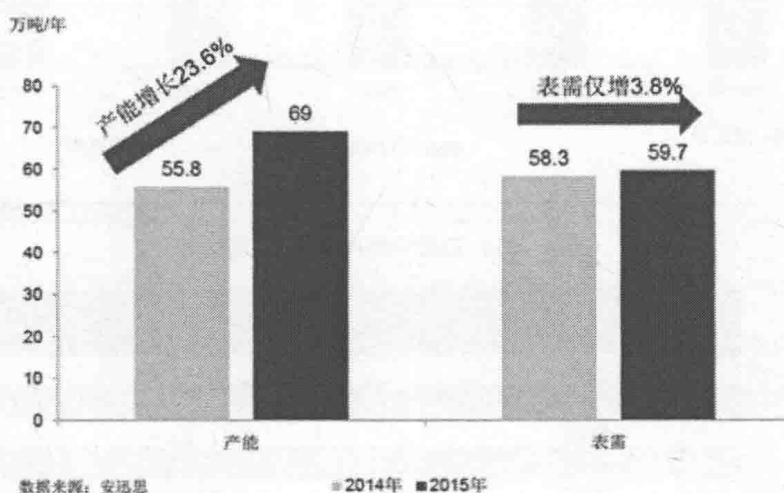


图2 2014-2015年国内MMA产能及表需增长对比

作为PMMA（聚甲基丙烯酸甲酯）的初级原料，近年来MMA国内产能扩张，竞争愈加激烈（图2），其价格出现的较大波动（图3）受到2014年商务部对新加坡、泰国和日本的进口MMA反倾销调查以及2015年中韩自贸协议所达成的韩国MMA进口免关税的相关政策持续影响，目前已超过12000元/吨。

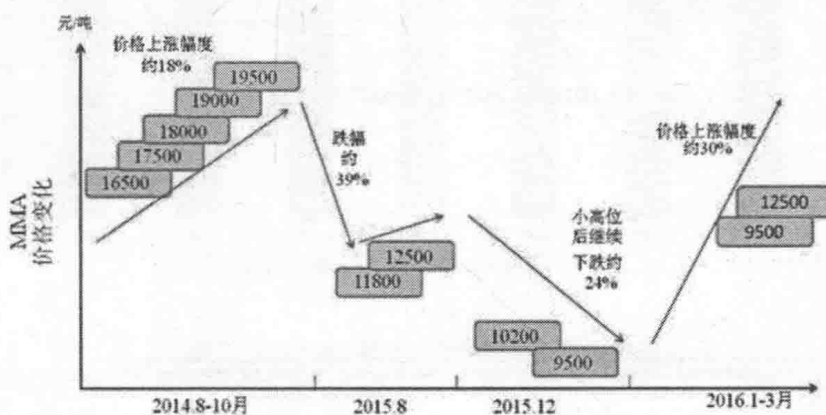


图3 2014-2016年国内MMA波动情况

对于产业链下游企业来说，十分关注原材料MMA的价格走势、生产和贸易状况，其波动变化虽难以把

握，但也有相应的规律。归纳起来，影响MMA的未来走势因素主要包括：新产能释放（图4、图5）、韩国货源免关税、生产技术瓶颈的解决、品牌的指定性（图6）、上下游一体化发展、原料供应充足水平、反倾销税实施、PMMA的广泛应用等等。

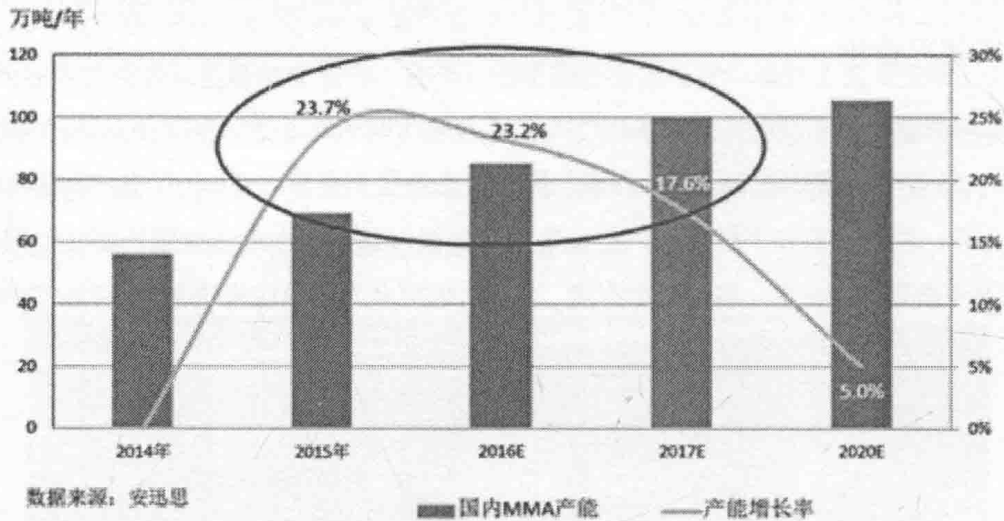


图4 2016-2020年国内MMA增产情况预计

国别	现有产能 (万吨/年)
日本	67
新加坡	35.3
韩国	41.1
台湾	18.8
泰国	25
印度	0.2
总计	187.7

数据来源：ICIS

2016年新建装置		
地址	三菱和sabic合资	
沙特阿拉伯	MMA	25万吨/年
	PMMA	4万吨/年

数据来源：ICIS

图5 2016-2020年亚洲MMA产能及增产情况

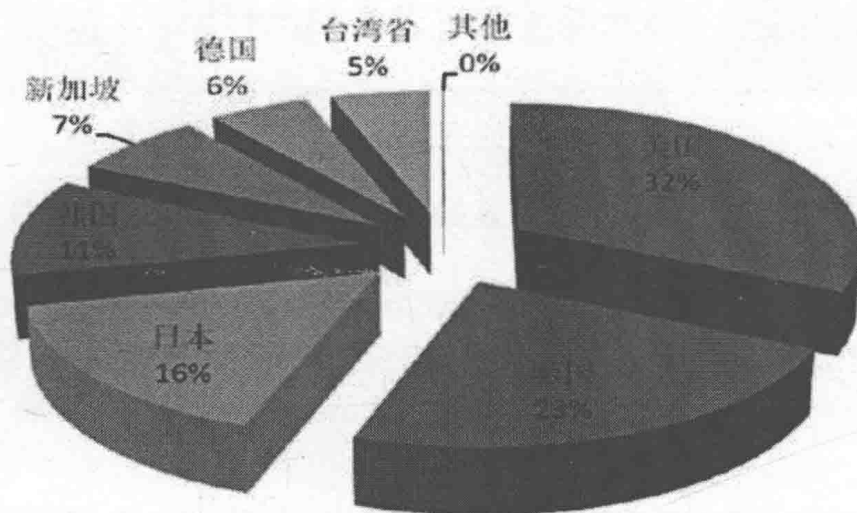


图6 2016年国内进口MMA来源国情况

三、PMMA模塑料中国市场现状

PMMA的发展距今已有一百多年历史，全球主要生产企业为 Mitsubishi Rayon、德国赢创工业、Lucite International、日本住友化学、台湾奇美实业等公司。目前所有的PMMA生产商均在中国有销售市场(图7)，且占据绝大部分市场份额，本土品牌仅苏州双象一家，年产能8万吨且仅提供通用级牌号，因此中国的PMMA市场可谓全球最充分竞争的市场。

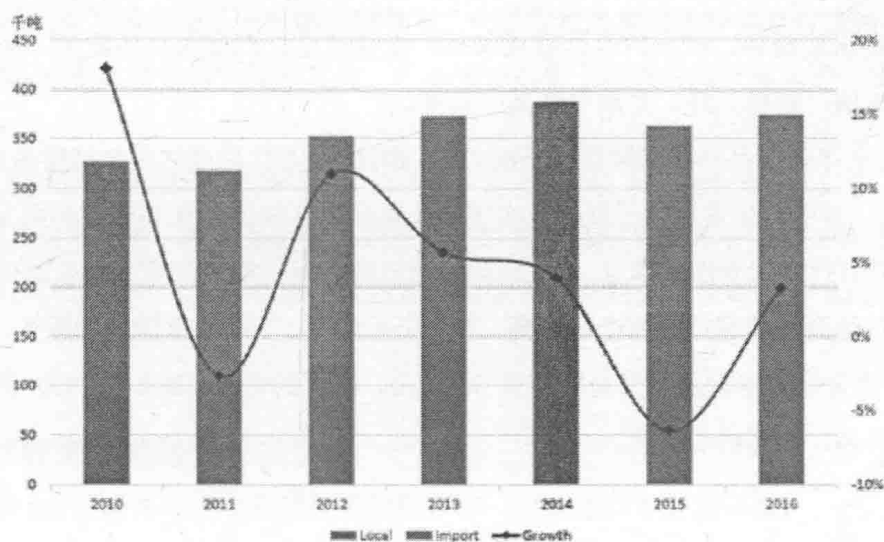


图7 国内PMMA模塑料市场规模及供应来源

PMMA是优秀的有机合成透明材料，与PC、含氟高分子材料相比，其高透明性、高机械强度以及重量轻、易于加工等特点决定了PMMA是迄今为止合成透明材料中质地最优异、性价比比较适宜的产品，广泛应用在大到飞机座舱盖，小到假牙和牙托等形形色色的制品中(图8)。



图 8 MMA 及 PMMA 产业链简图

目前, PMMA 市场已呈供过于求状态, 尤其是在平板显示器、导光板等领域, 需求量逐年下降, 在原计划扩建产能陆续投产后, 供过于求的现象更为严重。一些传统应用的外销型 PMMA 产品因全球经济衰退而需求下滑, 如家用品、眼镜片、装饰品、灯具等。同时, 因成本原因, 其它透明材料在某些应用中不断地替代 PMMA, 如 PS、AS、MS 等。随着中国汽车市场渐趋饱和, 增速放缓甚至下滑, 车用 PMMA 增量也受到影响。

但是, 一些新的应用领域却在兴起, 正在弥补 PMMA 市场需求下滑的趋势。如纳米结构 PMMA、生物聚合物合金 PMMA、超高抗冲击 PMMA 板材、超耐热 PMMA、光反射 PMMA、侧光光效 PMMA 等都是近年来国外公司的新材料产品。这些产品改善了 PMMA 材料的加工性、抗冲击性、耐化学腐蚀性、生物降解性等, 使得 PMMA 获得了更多有高耐久性和耐候性要求的消费品、医疗产品、替代汽车玻璃产品、光学扩散产品、光学反射产品、光导纤维及建筑玻璃等。涉及的具体领域包括: 光伏发电、汽车车灯的应用、免喷涂塑料合金、家居装饰、医疗光学玻璃、塑料光纤、光波导灯具产品等。

除此以外, 随着全球化学品品种和数量的不断扩大, 超过 10 万亿规模的化学品贸易市场迅速促进了“互联网+化工”的发展。其中, 化学品电子商务所实现的化学品供应链的优化和化学品网上交易日趋成熟。国内 2011 年诞生且具有行业代表性的摩贝 (Molbase) 网已成为商业数据和索引量全球第一的化学品数据和交易平台, 其规模已达到全球超过 3 万个供应商、5 万个采购商、150 多个国家的服务、900 多万种化合物商品、4000 多万个化合物数据以及月交易额超过 50 亿元。不久的将来, MMA 及 PMMA 的市场将会与所有化学品一样实现全球贸易、应用的最大化。

作者简介:



方胜

方胜, 1997 年毕业于中国农业大学, 工学博士研究生学历; 1993-1994 年在广东湛宝食品工业公司设备动力科工作; 1997-2007 年在北京工商大学从事教学和管理工作; 2007-2009 年在四川静屹塑料光纤有限公司任总经理; 2010 年 2 月至 2014 年 8 月任内蒙古金三角光纤材料科技有限公司总经理, 2014 年 8 月至今任重庆亚派实业集团有限公司副总裁。

塑料光纤光收发器件的开发

张用志, 储九荣, 蔡炬, 苏黎, 刘中一

¹ 四川汇源塑料光纤有限公司, 成都, 611230

² 塑料光纤制备与应用国家地方联合工程试验室

摘要: 本文主要介绍了工控用 650 nm 塑料光纤光收发器件的光收发芯片开发、接收芯片的可靠性设计、产品工艺流程、产品性能测试情况。另外简单介绍了新开发 520nm 光器件的主要性能与潜在应用场景。

关键词: 塑料光纤; 650 nm LED; 520 nm LED, 光收发器件; 电路设计

Development of optical transceiver for 650nm plastic optical fiber

1ZHANG Yong-zhi, CHU Jiu-rong, CAI Ju, SU Li, LIU Zhong-yi

2SiChuan Huiyuan Plastic Optical Fiber CO.,LTD,Chengdu

Abstract: The reliability is important to the receiving and sending chip of plastic optical fiber at 650nm wavelength in the industrial control field. A new chip, its development target, the technological process and the performance test methods were introduced in this paper, and the benefits of using this chip were verified by experiment. Another new chip at 520nm wavelength based on the technology of this chip, with a much broader areas in industrial application, was also mentioned in the paper.

Key words: POF; 650nmLED; 520nmLED; Optical transceiver; Circuit design

1. 引言

650nm 塑料光纤光收发器件在工业控制、物联网、电力数据采集等各种信息传输领域得到了广泛应用。我公司进行了 650nm 光收发器件的研发和生产。产品指标达到了国外同类产品水平。实现了国内首家自主研发, 批量生产。

四川汇源塑料光纤有限公司对开发的塑料光纤光收发器件申请了相关专利: 专利号 ZL201310400870.3(具有双光电二极管差分输入的塑料光纤接收器和实现方法)、ZL201310385281.2(塑料光纤接收器)、ZL201320550953.6(具有双光电二极管差分输入的塑料光纤接收器)、ZL201320535065.7(塑料光纤接收器)。

2. 650nm 塑料光纤光收发器件开发目标

根据工控用 650 nm 塑料光纤光收发器件的应用要求, 确定了以下开发目标:

- (1) 采用工作波长为红光 650 nm, 使用 PMMA 塑料光纤为传输媒介;
- (2) 数据速率为 0~5MBd;
- (3) 采用工控通用的 HFBR 标准接口;
- (4) 外形结构与技术指标与现有同类产品一致, 便于客户安装和替换;
- (5) 质量长期稳定可靠。

3. 光发射芯片设计

5MBd 塑料光纤收发芯片由接收和发射两部分组成, 发射部分结构相对较为简单, 仅由一颗发射 650nm 波长的 LED 芯片构成。

芯片设计尺寸为 9mil×9mil×6.7mil, 正负两电极均为合金材质。芯片剖面结构如图 1 所示。

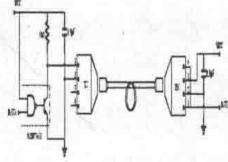


图 1 POF 发射芯片剖面结构图

4. 光接收芯片研究

5MBd 接收芯片由集成了光电二极管 PD 的接收芯片所构成, 功能是将接收的光信号转换为电信号, 并以 TTL 电平输出。

4.1 接收芯片设计

利用光电技术和微电子技术将光电二极管和接收电路集成在同一衬底上, 制成光电集成芯片 OEIC。这样设计的优点是, 可以在同一块芯片上完成光接收、放大等功能, 器件间的互联线减少到最小, 电容、电感等寄生参数减少, 器件工作速率提高, 整个通道的传播延迟降低; 同时系统元件减少, 后期组装生产过程简化, 系统工作可靠性提高并能使成本大大降低。其基本电路原理图如图 2 所示。

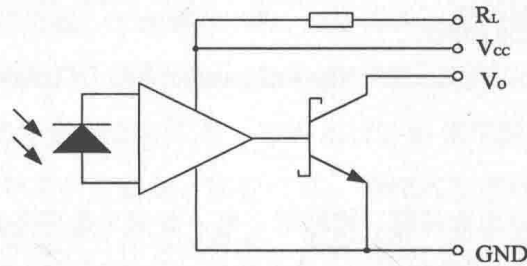


图 2 POF 接收芯片电路原理图

设计的接收器电路包括片上集成的高响应度光电二极管 PD, 将电流信号转换为电压信号的差分跨阻放大器、镜像差分跨阻放大器、误差放大器、缓冲放大器、单端放大器、两级反相器和输出 MOS 开关管, 具有输入偏置点稳定的优点。

4.2 接收芯片工艺选择

合理的工艺是成功设计开发 POF 接收芯片的关键。工艺的选择需要根据系统的性能要求和成本要求来决定。本次开发的 POF 接收芯片有如下要求:

- (1) 耐高压, 能够满足输出电压在 18V 的情况下输出级晶体管不被击穿;
- (2) 近端 DC 噪声, 即 1/f 噪声尽可能小;
- (3) 低功耗;
- (4) 低成本。

针对这些要求, 我们在分析比较了目前市场上制作光纤接收芯片可供选择的四种工艺: CMOS 工艺、BiCMOS 工艺、GaAs 工艺和 BCD 工艺后, 最终采用 BiCMOS 工艺进行 POF 接收芯片的设计开发。

4.3 接收芯片可靠性设计

可靠性是电子元器件的关键，需要从产品研制的各个环节进行考虑。整个可靠性设计包括：电路可靠性设计、版图可靠性设计、工艺可靠性设计和封装可靠性设计等。

(1) 电路可靠性设计

电路可靠性设计是在完成功能设计的同时，着重考虑所设计的集成电路对环境的适应性和功能的稳定性。半导体集成电路的电路可靠性设计是根据电路可能存在的主要失效模式，尽可能在电路设计阶段对原功能设计的集成电路网络进行修改、补充、完善，以提高其可靠性。如半导体芯片本身对温度有一定的敏感性。因此，在进行可靠性设计时，必须对电路中元器件进行灵敏性分析(一般可通过 SPICE、SPECTRE 和有关模拟软件来完成)，有针对性地调整其中心值，并对其性能参数值的容差范围进行优化设计，以保证在规定的工作环境条件下，半导体集成电路整体的输出功能参数稳定在规定的数值范围，处于正常的工作状态。

电路可靠性设计的一般原则是：

1) 电路设计应在满足性能要求的前提下尽量简化；

2) 尽量运用标准单元器件，选用单元器件的种类尽可能减少，使用的单元应留有一定的余量，避免满负荷工作；

3) 在同样的参数指标下，尽量降低电流密度和功耗，减少电热效应的影响；

对于可能出现的瞬态过电应力，应采取必要的保护措施。如在有关端口采用钳位二极管进行瞬态电压保护，采用串联限流电阻限制瞬态脉冲过电流值。

(2) 版图可靠性设计

版图可靠性设计的主要内容是按照不同结构的晶体管(双极型或 MOS 型等)可能出现的失效模式来审查版图结构的合理性。如电迁移失效与各部位的电流密度有关，一般规定有极限值，应根据版图考察金属连线的总长度，要经过多少爬坡，预计工艺的误差范围，计算出金属涂层最薄位置的电流密度值以及出现电迁移的概率。此外，根据工作频率在超高频情况下平行线之间的影响以及对性能参数的保证程度，考虑有无出现纵向或横向寄生晶体管构成潜在通路的可能性。对于功率集成电路中发热量较大的晶体管和单元，应尽量分散安排，并尽可能远离对温度敏感的电路单元。

(3) 工艺可靠性设计

为了使版图能准确无误地转移到半导体芯片上并实现其规定的功能，工艺设计非常关键。一般可通过工艺模拟软件来预测出工艺流程完成后实现功能的情况(即工艺后仿真)，在生产过程中进行质量控制，具体做法是在设计时考虑足够的工艺误差，版图后进行工艺仿真，并设置 PCM 测试图形用以监控流片结果。

(4) 封装结构可靠性设计

封装质量直接影响到半导体集成电路的可靠性。封装结构可靠性设计主要是根据具体产品的质量要求对封装外协工作进行以下要求，并实施控制：

1) 键合的可靠性，包括键合连接线、键合焊点的牢固程度，特别是经过高温老化后性能变脆对键合拉力的影响；

2) 芯片在管壳底座上的粘合强度，特别是工作温度升高后，对芯片的剪切力有无影响。此外，还应注意粘合剂的润湿性，以控制粘合后的孔隙率；

- 3) 管壳密封后气密性的保证;
- 4) 封装气体质量与管壳内水汽含量, 有无有害气体存在腔内;
- 5) 功率半导体集成电路管壳的散热情况;
- 6) 管壳外管脚的锈蚀及易焊性问题。

(5) 可靠性筛选

仅有以上可靠性设计还不够, 还必须有可靠性筛选。集成电路器件的失效可分为三个阶段, 即早期失效阶段、偶然失效阶段和耗损失效阶段, 通过对产品实施 100% 非破坏性筛选试验, 剔除具有潜在缺陷的早期失效产品。

在实际的筛选工作中, 可靠性筛选是 100% 的试验, 而不是抽样检验, 而且, 可靠性筛选本身不能提高产品的固有可靠性, 但是可靠性筛选可以提高整批产品的可靠性, 因为把潜在的早期失效产品从整批产品中剔除以后, 能够确保出厂产品具有原设计的较高的可靠性。

所以, 高可靠电子元器件产品的获得主要是靠对电子元器件实施以上的可靠性设计和严格的工艺控制, 而不是靠可靠性筛选, 但可靠性筛选又是必不可少的。而且, 要根据可能出现的失效情况, 适当加强相应的筛选试验。

5. 塑料光纤光收发器件工艺流程

塑料光纤光收发器件工艺流程如图 3 所示。

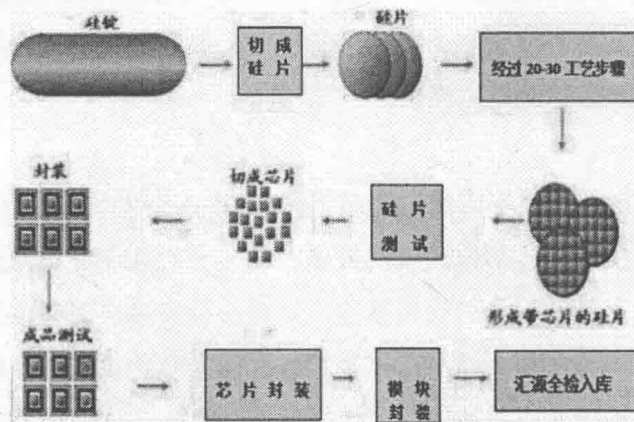


图 3 光收发器件生产工艺流程图

产品封装后的成品如图 4 所示。

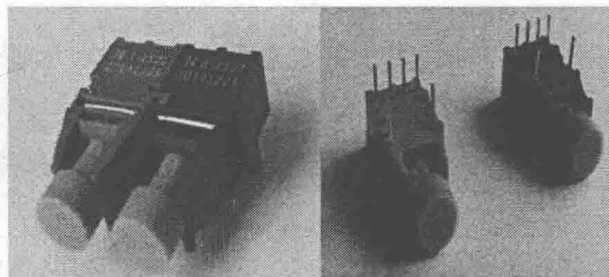


图 4 光收发模块成品图

6. 成品性能测试

650nm 光收发器性能测试, 测试方法参考《塑料光纤电力信息传输系统技术规范 第 3 部分: 光电收发模块》GB/T 31990.3-2015[1]。光收发器件指标测试结果见表 1。