

顾问

曹健林

中国科学技术部副部长

母国光

中国科学院院士，原天津南开大学校长、中国光学学会理事长

周炳琨

中国科学院院士，中国光学学会理事长

贺晓明

中国贺龙体育基金会主席

曲维枝

国务院参事，中国电子商会会长，原国家信息产业部副部长

粟继红

中国贺戎集团主席

专家委员会

徐至展

中国科学院院士，中国科学院上海光学精密机械研究所学术委员会主任

刘颂豪

中国科学院院士，原华南师范大学校长

姚建铨

中国科学院院士，天津大学激光与光电子研究所所长

赵梓森

中国工程院院士，武汉邮电科学研究院高级技术顾问

牛憨笨

中国工程院院士，深圳大学光电子学研究所所长

陈创天

中国科学院院士，中国科学院理化技术研究所研究员，北京人工晶体研究发展中心主任

相里斌

中国科学院光电研究院院长

王 军

中国科协新技术开发中心主任

王 宁

中国电子商会常务副会长

倪国强

北京理工大学教授、中国光学学会秘书长

毛 谦

武汉邮电科学研究院和烽火科技高级顾问、教授级高级工程师

骆清铭

武汉光电国家实验室常务副主任，华中科技大学副校长

樊仲捷

中国国科光电科技集团公司总裁

王殿甫

中国电子商会副会长，深圳LED产业联合会会长



2011年第1期 总第52期

主 办：中国科协新技术开发中心
中国国际光电博览会办公室

协 办：中国科协
中国科学院
中国电子商会
中国贺戎集团公司
中国科学院光电研究院
中国电子科技集团公司
中国兵器工业集团公司
中国国科光电科技集团公司
中国光学学会（下属18个专业委员会）
中国光学光电子行业协会
武汉光电国家实验室（WNLO）
广东省光学学会
深圳市光学学会
深圳光学光电子行业协会
环球资源（Global Sources）
深圳贺戎环资展览有限公司

总 编：阳 子
主 编：赖 寒
编 辑：于占涛 王雅娴
美 编：王 刚
发 行：李朝霞 李 洁

地 址：中国广东省深圳市南山区海德三道
海岸大厦东座607室
邮 编：518059
电 话：（0755）86290865 86290901
传 真：（0755）86290951
E-Mail: edit@cioe.cn
网 址：http://www.cioe.cn

目录 CONTENTS

2011年第一期

征稿启事

《中国光电》是中国国际光电博览会（CIOE）主办的光电领域专业刊物，意在关注产业发展、加强业界交流。刊物内容涵盖光通信、激光红外、光显示与LED、精密光学等光电产业链的上下游企业和市场信息，面向光电产业的国家有关部委办、机构、协会、科研院所、光电企业单位和个人发行。

《中国光电》栏目包括专题报道、市场观察、访谈、理论研讨、产品推荐等栏目，真诚欢迎业界专家学者、研发设计人员和其它相关企业同仁为本刊供稿或提供素材。

来稿稿件要求观点新颖、资讯及时、信息准确，文责自负。技术性文章不超过8000字为宜。请在文中注明作者姓名、联系地址、电话及E-mail地址，以便寄赠样刊。

特别报道

(1-2)

- P1 中国光学学会2011年学术年会将与光博会同期举行
- P2 光博会多举措助推产业链融合

市场观察

(3-18)

- P4 年终盘点：光器件业的2010
- P6 光通信：通信设备行业的长期投资亮点
- P8 2011年光通讯发展趋势之详细分析
- P10 三网融合与光通信的发展相辅相成
- P11 中兴通讯2011年重点发展光通信
- P12 2011年LED照明大厂布局营运方向朝集团化趋势愈加显明
- P13 全球绿色节能风潮狂袭 LED照明市场竞争白热化
- P14 因应节能需求的LED TV背光光源应用趋势
- P16 成本下滑加技术突破 LED主照明市场金光闪耀
- P17 2010年全球激光器市场强劲反弹27%

技术

(19-36)

- P19 激光研究的最新发展趋势
- P25 大口径高精度平面光学元件精密加工技术
- P28 光子晶体光纤及其在光纤光源中的应用
- P32 脉冲光源在工业民用领域的应用
- P34 超声波清洗在光学镀膜工序中的重要作用

产品推荐

(37-42)

强强联合打造光电盛宴

中国光学学会2011年学术年会将与光博会同期举办

来 自中国国际光电博览会 (CIOE) 组委会的最新消息, 经中国光学学会常务理事会决定, 2011年中国光学学会学术年会将于2011年9月5日至8日与第十三届中国国际光电博览会 (CIOE2011) 在深圳会展中心同期举行。

本届会议由中国光学学会主办, 中国国际光电博览会、深圳大学和深圳市光学学会联合承办, 中国国际光电高峰论坛 (CIOEC) 协办。《光学学报》、《中国激光》、《中国光电》等9家光学领域的专业性期刊全程参与报道大会盛况。

中国光学学会学术年会被认为是业界最顶级、规模最大的学术大会, 每两年举行一次, 2011年中国光学学会学术年会将设立20个专题分会, 涵盖光学及光学工程领域近100个子专题研究方向; 参会人员将包括大学、央企、科研院所、军工单位、企事业单位等从事光学及光学工程领域的专家、科研人员、生产人员、研究生、博士生及企业管理人员和商业人士等。

会议将同期举行院士、专家与企业研发、管理人员参加的高峰论坛、企业发展

恳谈会等, 为企业创新能力的提高及发展空间的拓展提供专家的咨询及建议。

本届会议与深圳光博会同期同地举行, 意在构筑产、学、研三位一体的多层次、多视角、多渠道的交流平台, 促进光学与光学工程领域的科技创新和成果转化。

会议将出版论文摘要集光盘版。提交会议的稿件将由中国光学学会指定的编委会审定, 并根据论文质量择优收录到指定期刊中发表。

会议将组织与会人员赴香港进行参观访问, 具体组织事宜另行公布。请关注中国光学学会网站和中国国际光电博览会官方网站及时更新的相关信息。

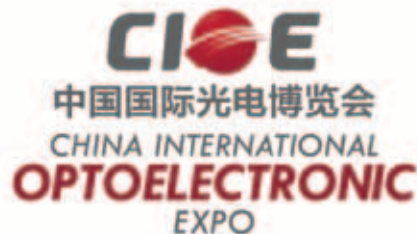
关于中国光学学会 (COS)



中国光学学会是我国光学与光学工程等领域科技工作者的民间学术团体,

以团结国内外科学家为光学与光学工程等领域推动与实现科技发展为宗旨。由著名光学专家、两院院士、中国国际光电博览会终身名誉主席王大珩先生等人于1979年创建。学会每两年召开一次国内学术年会。详情请登陆: <http://www.cncos.org>

关于中国国际光电博览会 (CIOE)



中国国际光电博览会 (中国光博会, CIOE) 1999年创办于深圳, 每年9月6日至9日在深圳会展中心举行, 迄今已成功举办过12届。CIOE是目前全球最大规模的光电专业展览, 国际展览联盟 (UFI) 成员。CIOE2011总展出面积100000m², 光通信与激光红外展、精密光学展、LED展、消费电子展等专业展览同期展出。详情请登陆: <http://www.cioe.cn>

光博会新年给力

多举措助推产业链融合



已经成功举办至第13届中国国际光电博览会(CIOE, 光博会), 在展会规模、影响力和知名度等均在业界奠定坚实基础后, 近年来已逐步尝试多元化发展, 利用各种形式和活动为参展企业提供增值服务, 以研讨、论坛、新产品专场等多手法促进现场业界同仁的交流与互动。而2011年中国光学学会学术年会届时与CIOE2011同期召开, 更将上演一场强强联合的光电盛会。突破光博会举办时间和空间的限制, 为参展商等光电业界同仁提供展览会以外的交流平台, 是光博会近年来始终致力于尝试的新服务项目。将于三月初在深圳举办的2011中国(深圳)移动互联网终

端应用论坛, 即由中国国际光电博览会(CIOE)、中国国际光电高峰论坛(CIOEC)、中国通信工业协会(CCIA)、中国南方互联网基地(蛇口网谷)以及深圳市天天付科技有限公司共同策划举办, 将在会上全面探讨手机智能技术革新、三网融合给互联网带来的影响等。

一年一度的光博会, 短短四天时间实在难以满足业界的交流与合作需要, 而即将成功推出的光博会网上展厅项目, 则更是为参展商提供了真正能够永不落幕的展览平台, 所有参展商可在网上展厅获得独立域名, 更大空间、更长时间并随时更新展示的产品及公司新闻, 将是又一项有利地推广产品、提升

企业形象的新渠道, 而买家在这样的网上展厅也能够更加方便自如地“逛”展会, 所有参展商企业产品都可在网上展厅搜索并了解及与企业交流, 如此便利的展会平台, 大大方便了参展和买家双方的交流, 提高效率更是相当给力。随着传统的三月展会旺季的开始, 新一年的会展行业很快又将进入高峰。光博会市场推广人员将始终活跃在市场第一线, 全年参与行业展会和论坛收集一线信息, 宣传光博会并邀请观众和买家, 并将远赴日韩、欧美等多国交流。相信今年的光博会, 更将是好戏连台、精彩不断。九月的深圳, 因光电而闪亮。■



24小时关注视界
Top Your Vision

TY6

室内全彩租赁LED显示屏的新突破

让美丽的画面无限延伸

Infinitely Expandable SMD LED Display

THE BREAKTHROUGH OF ULTRA-LARGE COMMERCIAL
DISPLAY for Indoor Applications

深圳市大眼界光电科技有限公司

电话 (Tel) +86-755-29774118

邮箱 (E-mail) : sales@tvdisplay.com

www.tvdisplay.com

年终盘点： 光器件业的2010

2010年已经过去。盘点我们光器件行业，千言万语不知从何说起。套用政府有关部门的报告用语说：“在过去的一年，光器件行业取得了平稳而又快速发展。”只不过这句话不是官方措辞，在2010年，3G建设余波未散，三网融合一锤定音。在无线城市、FTTx等建设的助力下，光通信行业今年在去年高位发展下依旧取得了较快的发展。我们光器件业自然也是受益良多，上市、扩产、招聘、参展、举办论坛……光器件厂商在行业景气的情形下，各显其能，奋力抢占市场份额，为将来的可持续发展打好基础，为成为国际一流厂商做好铺垫。

业绩突飞猛进 高端研发仍需给力

今年三网融合的确立，为光器件厂商带来了重大的发展机遇。分析人士认为，未来3年内光纤宽带网络建设投资超过1500亿元。其中接入网1000亿元，传输网500亿元，按照相关投资比例，光器件行业每年可分得 $(1000 \times 4\% + 500 \times 30\%) / 3 = 63$ 亿元。而2009年中国光器件市场约为56亿元，因此，分析人士预测光器件市场在2010年将获得100%的增长。这从光器件商预计的销售额可以看出：

WTD（武汉电信器件公司）预计

今年销售额超过10亿元，相比去年增长40%以上；

华工正源预计今年销售额达5.5亿元，相比去年增长50%；

四川光恒预计今年销售额达3亿元，明年将达4亿元；

极致兴通预计今年相比去年销售额增长150%到200%，达近1.5亿元；

……

除了这些大厂，据了解，一些相对较小的厂商销售额由于基数较小，增长率更高。不仅是销售额增长，厂商们还忙着扩产。光迅、华拓、易飞扬、昱升……不胜枚举。据了解，厂商们对人才的需求很殷切，人才市场供不应求。

在一些高端器件产品的研发上，中国光器件商也取得了不小的突破。WTD的2公里短距离40Gbps光模块已经获得批量应用，6公里和40公里的也已经出成品，更长距离和100Gbps CFP模块也将在明年推出。苏州旭创40Gbps已经能够量产，传输距离达到10公里或40公里的100Gbps光模块产品预计在明年推出。在10GPON上，不少厂商也取得了突破。

今年中国光器件商取得的成就值得称道，但不足以沾沾自喜。相比国际顶尖厂商，我们还有很大的差距。大部

分厂商还在10G及以下产品线上激烈竞争，价格战令所有厂商苦不堪言。一些核心器件仍然依赖进口，尤其是光芯片，国内厂商只能提供2.5Gbps及以下芯片，高端芯片基本是从欧美和日本进口。一位代理国外器件的资深业内人士曾对记者感叹到，国内的一些大厂在前些年只知道做量，不注重高端器件和芯片的研发，错失了宝贵的机遇，结果后来在高端产品上节节失利。幸好他们已经开始正视这个问题，他认为国内光器件还是有机会可以迎头赶上。在2011年即将来临之际，我们也希望国内光器件商能加速发展，突破国际厂商的藩篱，在高端器件和芯片上，扩大自己的领地。

年终盘点：光器件厂商收账忙

2011春节即将到来，各家公司都到了清算账目，检点收成的时候。这不仅仅是各公司的老板、合伙人或者股东关心的问题，也是所有员工关心的问题，因为这可能关系到他们的年终奖、明年的工资、公司的发展前景和“钱景”，等等。我们光器件业自然也不例外。盘点即将过去的2010年，我们发现中国光器件公司发展势头依旧良好，部分细分的产业如PON产业发展更是迅猛，虽然



仍旧面对激烈的价格竞争，但在三网融合和FTTx建设加速的大背景下，大部分厂商在2010年都取得了较快的发展，销售额呈现水涨船高之势。

然而一个头疼的问题大家却不得不面对：那就是到了年底的收账问题，这可能是不少光器件商一年的“收官之战”。一家厂商的高层对记者表示，公司销售状况需要看现金流的，年底一般要清账，一到年底，大家都在忙着收款，你催我我催你，大家都心力交瘁。该人士表示希望能够改变现状，减轻收款之苦。笔者据此咨询了一些光器件商以及光芯片和原材料商，发现他们有深受其苦的，也有不疾不徐的，看法大相径庭。

一家PLC器件商表示，目前他们收账情况总体良好，在行业内几家大型设备商回款账期都很稳定，华为是105天，中兴通讯是210天，烽火采取“3+6”模式（即3个月的账期，但是还有6个月是由银行担保，若是想提前支取需要向银行支付相应的利息），一些长期合作的客户账期都在1个月左右，客户一般按照约定时间付款，基本上不会出现坏账（据了解，一些大型设备商的付款都是采用自动控制的，账期一到就自动付款）。当然他也表示，有些客户可能因为质量问题或者供货物流延迟等原因拖延支付，但不会出现“赖账”的现象。

而另一家大型模块商则表示，该公司的大客户账期基本稳定，因此款项方面不存在拖延问题，有一些客户可能因为资金周转等原因无法及时回款，但基本不影响公司的整体现金流。该公司表示，对目前国内的账期还比较满意。

而另一家器件商则颇有微词，认为国内光通信业的账期虽然稳定，但是“过长”。

一家光芯片厂商认为，目前该公司的账期基本控制在1~2个月，但是有些客户无法按时付款，他们也很无奈。他表示：“客户也在催款，他们账上也没钱，我们催他又有什么办法？”对于设备商的账期，他表示过长，“这样子岂不是表示我大半年都无法收款？”

而一家做光纤干涉仪等辅助设备的厂商则表示，虽然他们的客户的账期是1个月，但是很多都是要3~6个月才能收到款，有些客户经常寻找借口拖延付款，让他们无可奈何，十分烦恼。

各厂商对于账期长短和收账难易各执一词，对于账期的稳定性，都持肯定态度，认为行业内“赖账不给”的现象是几乎没有的。那么这种平稳的、相对较长的账期对厂商有何影响呢？

一位不具名的业内人士分析道：“比如一家公司，如果预计月产值50万的话，一般只要准备1个月的账期，加上固定投资（比如100万），这样150万多一点就可以把事情做下来了。但是如果是3个月的账期，那么需要的资金就是100万+50万×3月=250万，投资金额就会多了100万。如果账期再长一些，那就更可怕了！”他说，“振兴光通信行业，国外需要的资金比如说是100亿，那国内可能就需要200亿以上了！”他认为，这种账期模式会大大增加中国光器件的研发成本。笔者咨询了其他厂商，也得到了同样的答案，认为资金紧张影响了研发的投入。

该人士还表示，10G的模块国内现在只有几家厂商在做，其实至少5年前

就有不少厂商掌握了相关技术，但是无法量产，这跟资金投入过少有很大关系。其中，因为账期过长影响了研发资金的投入，增加了运营成本，也在部分原因上导致了国内光器件厂商的研发落后。

据了解，在国外的光通信业，大约有90%的合同是采用现款支付，光器件商包括芯片商在内，若不考虑人工成本等方面差异，相比国内，由于回款及时，在研发上拥有不对等的资金优势。

若是分析原因，有业内人士认为，器件商一直都站在相对比较弱势的地位，没有足够的谈判优势，在账期上只能迁就设备厂商。该人士分析，中兴、华为和国外竞争，除了价格和服务优势外，还有账期优势，这个优势让中国电信等运营商解决了快速发展的燃眉之急，也让中兴华为获得了巨大的成功。但站在他们下游的器件商，由于利润较低，这两年产线又比较繁忙，饱受资金无法周转之痛楚，发展步履艰难。

那么，该如何解决这个问题？

上述业内人士认为，现在行业发展了，三大运营商拥有了雄厚的实力，中兴华为等设备商也成长起来，成为了国际通信设备领域的巨头。为了促进中国光通信产业链的健康发展，他们应该扶持国内器件厂商，让他们把更多的资金用于研发上，而不是用于放账上。

而目前，多家光器件商在10G模块上取得了突破性进展，已经能够实现批量出货。但是在40G、100G的研发和产品化上，中国光器件商还有很长的道路要走。■（光纤在线）

光通信： 通信设备行业的长期投资亮点

在 3G网络投资热潮过后，通信网络的建设重点从3G无线接入网转移至以光通信技术为代表的有线接入网、传输网和骨干网的全面升级扩容。基于未来宽带市场的长期快速增长，FTTx等技术标准的不断成熟和三网融合背景下广电投资力度的加大等多方面因素影响，光通信设备行业将迎来长期景气繁荣，明年光通信仍将是通信设备行业中最闪亮的板块。

（一）宽带市场： 光通信的主要驱动力

随着因特网的迅速发展和音频、视频、数据、多媒体应用的增长，数据传输带宽呈指数增加。由于光通信技术完全适应宽带数据传输所要求的大容量、长距离、分组化、智能化、宽带化的特点，而成为宽带网络建设中不可或缺的组成部分。

我国宽带市场正蓬勃发展，截至今年9月，宽带市场用户规模达到1.21亿，同比增长21.95%，宽带渗透率超过8%。虽然快速成长，但同发达国家相比，普

及率仍有较大差距，提升潜力巨大。另外，从宽带接入速度来看，国内以xDSL为主的接入带宽仍在2M~4M/秒左右，与发达国家相比仍很落后。而xDSL方式能够提供的最大带宽为8M，提升空间有限，进一步升级必将依赖光纤到户的推广。因此，我国目前宽带市场的发展空间仍然巨大，这给光通信的发展提供了广阔的发展前景。今年4月，七部委印发的《关于推进光纤宽带网络建设的意见》明确提出到2011年，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。

中国联通上半年用于宽带网络的投资达到118.6亿元，同比增长200%，中国电信在年中表示，2010、2011年将分别追加50亿元、100亿元投资用于部署宽带接入。相对于2010年390亿元预算进一步大幅提升。

（二）FTTx： 升级道路上的助推剂

FTTx尤其是FTTH可以提供100M以上的双向对称带宽，同xDSL相比，不仅速度有较大提升，同时还具有传输距离远，维护成本低，可靠性好，安全性高等诸多优点，是宽带接入方式长期的发展方向。虽然优势显而易见，但在08年以前，FTTx的推广停滞未前，主要原因是相比之下xDSL具有较高的成本优势，而且其提供的2M~4M左右的带宽基本能满足用户对高速上网的需求。但随着近年来光纤和光器件价格不断下降，FTTx每线价格以不断接近xDSL。按照中国电信采购数据显示，近一年来FTTx的综合成本已经减少25%，其中有源设备OLT与PON接口价格下降50%左右，其中ONU下降40%。FTTx已经降到用户可以普遍承受的价格水平，规模化启动已经条件成熟，目前新增宽带当中FTTx已超过xDSL，而且xDSL向FTTx升级将是增量加存量的市场，未来FTTx市场空间巨大。中国电信、中国联通继续加大FTTx采购力度。中国联通8月启



动的宽带接入网PON设备集中采购规模再次提高，宽带端口达1300万线，超过去年1100万线EPON设备招标，创全球之最。中国电信在10年完成2000万线PON设备招标，2011年继续新增150亿元用于宽带建设。中国移动2010年部署600万线FTTx设备，用于光纤宽带接入的投资额将达到100亿以上。

由于中国目前FTTx的建设相比发达国家还差得很远，市场潜力巨大。根据Pyramid Research报告显示，未来3年，我国光纤接入建设规模将达到5000万线，产业规模将超数千亿元，中国将成为全球FTTx的领导市场。

（三）三网融合：家庭信息化需要提供可靠的带宽保证

2010年6月和7月，三网融合试点方案及试点城市名单分别公布，广电和电

信运营商在网络融合的道路上迈出了重要的第一步。根据发展规划，2012年前推广广电和电信双向进入试点、2015年全面实现三网融合发展。

长期来看，家庭信息化、数字化、多媒体化将成为三网融合未来发展的源动力，是三网融合发展的灵魂，而为家庭用户提供融合、无缝的通信服务及综合的信息化服务是三网融合未来竞争的核心。

信息化家庭将能通过家庭信息化平台，实现信息设备、通信设备、娱乐设备、家用电器、自动化设备、照明设备、监控装置，以及水电气热表、家庭求助报警等家居设备互联和管理，数据和多媒体信息共享的系统。由此可见，宽带作为家庭信息化的重要基础设施，是承载各种信息化应用的重要载体。数字多媒体家庭将不仅仅满足于宽带上网的需求，可视电话、视频会议，大流量

视频信息传送、远程医疗、视频监控、智能家电和云计算等，都需要高带宽的支持，都依赖于家庭网络环境不断的改善和提高，因此也必将拉动宽带网络的建设和扩容。

目前，世界各国已提出了明确的家庭宽带计划。如美国《国家宽带计划》目标是2020年至少1亿家庭实现下行大于100Mbit/s上行大于50Mbit/s的宽带接入。欧盟也计划到2020年，最少一半的家庭宽带速率超过100Mbit/s。

广电总局也已提出我国NGB网络发展新规划。“十二五”期间，将加快有线电视网络数字化和双向化改造，到2015年城市80%以上将实现网络光纤到楼，30个大中城市将建成基于有线网络的下一代广播电视网示范工程，提供家庭接入速率100Mbps、企业接入速率1Gbps的能力。■

（王晓艳/中国经济网）



2011年光通讯发展 趋势之简要分析

作为日常生活中不可缺少的网络和移动设备，在2011年的持续增长给光通讯行业带来了新的机遇和挑战。

2010年网络与移动设备打破了原先记录，而在2011年此趋势将继续保持。例如，2011年有7200万人在线观看长篇电视剧，同时他们希望拥有快速、可靠的高清服务。2010年有人预测电视收视率约占收视高峰期总带宽的37%，而在线收视率的持续增长使得此言论黯然失色。思科（Cisco）预计在2013年，全球网络流量将达到767 EB（Exabyte）。模拟这种大量数据是有难度的，因为该数据量比覆盖在地球上所有沙粒的数量还要多100多倍。

而在移动电话方面，美国电话运营商Verizon在2010年12月推出了其4G LTE网络，号称性能比其3G网络的性能要高10倍之多。随着当前市场畅销产品如iPhone 4的推出，网络带宽也出现了飙升。

用户关注的永远只有速率与性能。只要工程师们能够研发出新的设备，运营商们将在第一时间采用这些新设备来提高其服务。

同时，在一些发展地区，部署2G网络的成本将持续降低；2011年在新兴市场的网络扩展将持续加速。

因此，2011年对于光通讯行业来说，首要任务就是支持更快数据速率、更强大的转换以及更智能的网络框架，从而能够处理一些无法预测的、瞬息万变的数据流量模式并提高成本效益。

随着电信市场而生的光学市场将继续转向其他已有的新的领域；行业将会研发出新的产品和技术。能够将产品创新与优化供应链结合起来的供应商在所有这些领域中，无疑会占领绝对优势。

现在，让我们进一步详细讨论2011年光通讯的发展趋势。

光通讯行业已经效率化，但是仍然期待着更完善的供应链

低迷期前后网络设备厂商（NEMs）的合并将在2011年获取利润，因为届时将会有更少的大型企业能够获取网络行业的利润。阿尔卡特朗讯与华为将互相争夺2011年通讯行业的领先地位；同时Ciena通过其成功收购北电（Nortel）而持续缩小与其余两个领头羊（阿尔卡特朗讯与华为）之间的距离。

2011年网络设备厂商将坚持从少数光电供应商获取元件的策略，简化供应链。小器件供应商很可能会遭遇挑战，除非他们能够提供特殊定向产品。

光器件供应商们在2011年将继续面对供应链中需求波动的挑战。所有的供应商都意识到了有必要减少回收时间、提高预测性、实施战略库存持有。即使是需求增长趋势强烈，生产过程的改善



将在来年减少大部分主要产品的生产周期至一到两个星期。

感知型网络的出现

2011年将研发出能为网络传输物理层添加智能的元件与系统。研发这些新的光学器件的目的是为了创建感知型网络；这些感知型网络拥有一个灵活的光子层，能够适应持续改变的流量模式、新的应用以及突发的带宽波动。

三个行业的流行术语——任何波长（colorless），任何方向（directionless）以及任何竞争（contentionless）很形象地描述了感知型网络的重要特点。这些特点赋予了在任何方向任意类型的网络波长都能达到任何通信目的地的能力。

目前正在研发复杂的光学转换器，来构建网络与节点体系结构，进而提供灵活而且自动端对端波长、收发器以及路由器。这些新器件以及体系结构将建立在波长选择开关（WSS）的基础上并完善WSS。

网络设备厂商将加速采用把更多光学功能和硬件融入小型封装的光学电路包。这种智能设备线路卡已被证明能通过在子模块层面的融合提供成本与密度优势。

有望在2013年与2014年向包含上述光学元素的感知型网络转型。

传输速率越来越快、模式越来越灵活

今年40G网络将占领主流地位，价格将下降，同时带宽将突升。相干调制

技术将改善40G网络链接波长，并且作为大量部署100G相干调制技术的先行者。

100G市场将紧随40G网络市场。更多主要网络设备厂商将开始部署第一批网络，同时试图将第二代设计外包给光学元件供应商。许多业内人士都相信，在2011年，100G网络将大放异彩，占据高速网络市场的大部分份额。

就100G网络客户而言，形成了两种对立的观点。Brocade，Google，JDSU以及Santur在2010年12月达成了10X10多源协议（MSA），指出10G网络的10个通道要共同支持才能达到100G传输速率。其他观点则支持4X25G系统结构，尽管关于这种做法的整体成本效率还存在疑问。

在100G网络技术方面，相干探测双极化四相相移键控（DP-QPSK）得到了新宽带部署的广泛支持与应用。促使了对高速光学元件，包括调制器、窄带宽激光器以及无源复用设备的需求。

一些标准协会将在这方面取得一些进展——尤其是国际电信联盟（ITU）以及电气与电子工程师学会（IEEE），如何管理以及分配100G以上的传输速率。在未来，ITU电网与50 GHz之间将会出现分歧，促使对未来网络设计与管理的重新定位，进而支持长距离网络以更高速率传输；与此同时，2011年，网络设备商将更多的倾向于拉曼以及其他先进的放大技术的研究。

NEMS将会迅速采用可调XFP，因为可调XFP具有高灵活性、小尺寸以及吸引人的价格优势。可调XFP将占据固

定波长市场，同时也将占领300-pin 转发器大部分份额。

光通讯将从电信转向手势识别与清洁能源

去年，新兴市场开始促使光学技术发生改变。手势识别，以后通过手势或身体动作来进行控制的技术，就是2010年末在游戏应用领域作为新兴市场首次亮相的技术。

一般来说，手势识别系统能将玩家的身体动作数字化，进而与其余游戏或者电视的操作系统相融合。个人虚拟化成为虚拟环境的一部分，并能与现实世界中的身体动作进行无缝链接。

游戏、计算机、家庭娱乐以及移动电话行业的规模为手势识别公司提供了一个巨大的商机。而此时，人们已经开始了第二代以及第三代手势识别技术的开发。

另外一个促使光学技术发生改变的因素是清洁能源。例如，聚光太阳能电池能够将太阳能电池板上的太阳光进行有效聚集。在未来几年里，将会有更多的太阳能系统一体化会采用CPV技术进行量产，从而降低成本；这也是使该技术得到广泛应用的关键。在2011年，也期待看到对CPV技术的进一步改善。

能够成功进入新兴市场的供应商，应该是那些大型的、多元化的公司，因为他们拥有在多个领域创新的资源，同时还能减轻价格以及量产压力。

在不久的将来，期待在其他新兴的已有市场中看到光学技术的应用，这样将会提高人们日常用品的质量。（Sinclair Vass, JDSU. 原载于《LIGHTWAVE》）

三网融合与 光通信的发展相辅相成



三网融合是一场史无前例的跨行业跨专业整合和建设,也为光通信产业的发展 and 衍生的业务形态提供了巨大的市场空间。

2010年年中几经周折的三网融合试点方案终于获得了国家三网融合领导小组的认可。国家政策层面对三网融合的支持势必加速广电和电信运营商对网络升级改造的进程,而光通信网作为通信基础网络建设的重要组成部分,也将迎来全新的发展机遇。

广电网络将加速整合

由于政策对广电系统的倾斜,使得广电部门除加快已有的有线电视网络数字化和双向网改造的进程外,还将加快网络的整合进程。

由于历史的原因,广电网络地区分割、各自为政,各地发展很不平衡,全国上下大小有线网络运营商达数百家。按照国家广电总局的部署,所有的省份都要在今年年底前完成全省有线电视网络的整合,进而逐步实现全程全网,并

组建国家有线电视网络公司。因此,从国家干线、省网到城域网,各级网络建设都将陆续铺开。

广电系统早在2008年就与科技部联合提出NGB(下一代广播电视网)的概念,目前已经正式出台了具体的试点实施建设方案,并于2009年7月在上海正式启动了NGB试点建设。从NGB网络架构看,其基本特征与电信网络的发展趋势是一致的,除接入网最后100米可能结合广电特色采用EOC(Ethernet over Coax,以太网在同轴电缆传输)技术外,在基础网络部分的骨干网、城域网、接入网的主要网络架构、组网模式、技术选择等方面,二者都基本相同,因此WDM/OTN、MSTP/PTN、PON等当前电信网络上已经广泛采用的主要传送和接入产品均能满足其现在及未来的广电基础网络建设需求。

2012年后100G成主流

广电进入宽带和VoIP领域直接触动了电信业的核心利益,故电信业将会奋起自卫。

IPTV一直被电信业视为三网融合业务的切入点,同时也是应对即将到来的宽带竞争的有效手段之一,即通过宽带、语音加视频业务的三重捆绑,增强已有宽带用户的黏性。这是电信运营商当前最大的优势,也是避免陷入价格战的有效手段。同时,电信业也加速扩大宽带业务市场,加速FTTx进程。今年4月,工业和信息化部联合六部委共同发布《关于推进光纤宽带网络建设的意见》,指出“要充分认识到光纤宽带网络建设的重要性,加快网络建设”。到2011年,光纤宽带端口超过8000万,城市用户接入能力平均达到8Mbps,农村用户接入能力平均达到2Mbps,商业楼

户用户基本实现100Mbps以上的接入能力。此政策意味着光纤宽带网络建设2010年后将进入高峰期,分析人士认为未来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,目前电信运营商的“光纤到户”宽带升级大战已开始实际布局。

由于IPTV高清视频对带宽的拉动以及设备成本的进一步降低,FTTH已经开始在发达地区的新建小区规模部署,同时10GPON等产品也随之即将走向商用,从而为IPTV等视频业务的开展提供良好的保障。当然,接入层带宽的增长也将进一步刺激和带动底层光网络的扩容、改造和升级换代,并进一步引发对40G、100G高速传输系统的需求。目前,40G设备已经获得商用,权威专家估计未来5年我国干线网容量需要扩大10-20倍,故100G设备需求将在2012年后逐渐成为主导。

三网融合是一场史无前例的跨行业跨专业整合和建设,也为光通信产业的发展 and 衍生的业务形态提供了巨大的市场空间。作为国内知名的光通信设备提供商,烽火通信在提供全系列光传送、光接入、光纤光缆产品的基础上,新近推出IPTV系列产品,从而为电信及广电运营商提供从线路、终端、系统到业务层的三网融合的整体解决方案。

展望未来,三网融合之路依然任重道远,烽火通信将抓住机遇,在相关领域持续加大投入,并进一步在提高产品质量、降低成本,提升客户满意度上狠下功夫,为国家三网融合建设及宽带战略的实施做出央企应有的贡献。■

(姚琦/慧聪通信网)

中兴通讯 2011年重点发展光通信

1月12日,一位内部人士在电话采访中对记者透露,中兴通讯(000063.SZ)2011年业绩将持续稳定增长。

他解释说,公司的固网设备和移动网络设备、终端手机方面收入将继续增长;全球FTTH(FiberToTheHome)未来几年的大规模建设以及印度、中国3G市场继续大规模建网将会推动高宽带的光网络铺设,这为中兴通讯的光通信设备带来大幅增长机会。

一位通信行业资深人士对记者表示,在国内,宽带设备投资面临2011年到2015年的5年景气度,中兴在传输网和接入网市场份额均超过1/3,位居国内前二,这块业务未来复合增长预计在30%左右;3G投资尽管高峰期已过,但未来3年网络升级和扩容将保持平稳增长,中兴在3G收入将于未来3年处于平稳趋势;终端设备面临智能手机爆发性需求和运营商大规模定制的黄金周期,中兴在终端手机收入增长保持30%以上的增速可能性较大。

他还认为,在海外市场,从业务分类来看,未来中兴海外业务主要增长

亮点来自于WCDMA、光通信、宽带接入、数据通信和3G终端等产品的增长;从区域分布特征看,中兴下一步拓展的战略区域主要为欧洲、独联体、北美市场,以及亚太的发达市场,特别是欧美发达市场的突破尤其重要,因为发达市场占全球份额比例超过50%,另外发达市场的设备更新和网络升级带来的刚性需求是确保中兴长期可持续性发展的重要来源。

工信部二季度发布《关于推进光纤宽带网络建设的意见》指示,到2011年,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。

中兴通讯截至2010年9月30日止的前三季度业绩报告显示,报告期内,集团实现营业收入460.62亿元人民币,同比增长7.51%;实现归属于母公司股东的净利润为13.61亿元人民币,同比增长14.21%;基本每股收益为0.49元人民币。■

2011年LED照明大厂布局 营运方向朝集团化趋势愈加显明

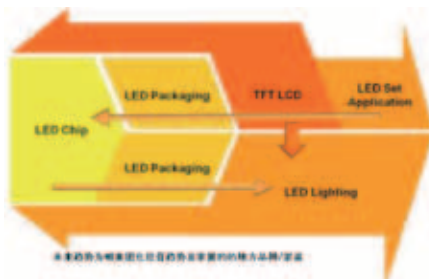
虽然LED TV为2010年LED应用别增长最迅速的产品之一，不过2011年许多企业开始着重在LED照明领域发展，主要原因为供应链较前者开放、客户群广，且毛利率相对较高。

LED产业链型态近两年也产生很大变化。除原LED照明大厂仍具有主流地位外，原TFT LCD厂商也开始进军照明领域；而原先专门生产LED Chip或封装等厂商，多朝向下游LED照明产品整合。因此，未来LED照明产业链朝集团化经营趋势愈来愈明显。

日本市场不仅领先其它区域发展LED照明，且日本照明厂商自2009年起也大幅扩张LED照明产品线。日本照明品牌大厂Panasonic电工、东芝（Toshiba）Lighttech不仅大幅提升2015年LED照明事业部营收目标，与2009年相较将有10倍增长，且海外市场营收比重将上看3成。

2010年韩国新兴LED厂商三星（Samsung）LED及LG Innotek的LED照明应用营收比重虽不高，分别仅10%、2%，但为维持未来营收稳定增长，2011年两家企业LED照明应用比重将调升至25%、10%。2010年三星LED已与北美、欧洲、亚洲等照明及渠道厂商取得合作；LG Innotek初期则优先扩大LED Chip产能，以满足其未来广大的LED照明产品线需求。

未来LED照明产业竞争趋势：垂直整合为主



资料来源：DIGITIMES，2010/12

欧美照明大厂如飞利浦（Philips）、欧司朗（OSRAM）、Cree，为最早采一贯化生产方式的厂商，因上述厂商主要以生产高功率（high-power）LED为主，因此，在上游技术发展着重于高电流密度驱动下，仍可维持高且稳定的发光效率。而下游布局方面，则是大幅提升LED照明营收比重，并着重情境照明发展，也就是随环境需要调整色温值。

2011年LED照明市场展望 产值渗透率将突破10%

虽然LED照明占整体照明市场产值仍小，2010年预估230为3.2%，然在全球环保意识高涨下，LED照明已成为许多国家主要发展的政策之一，在国家政策力推动下，将有助于LED照明产值提升。

以美国能源部（DOE）所订LED发展时程来看，2010年订目标为140 lm/W、2020年为243 lm/W，厂商预估若每年发光效率以15~20%幅度提升下，DOE于2020年所订243 lm/W目标有很大机会往前推进。

又以近期LED照明发展颇为迅速的日本为例，与美国DOE共通处在于2015年所订目标为LED发光效率将达200 lm/W水平，不同处在于日本NEDO明订LED照明终端市场导入时程，如2020年

2009~2013年LED照明市场规模暨预估



资料来源：DIGITIMES，2010/12



目标为市面上所销售的照明产品，100%将采用高效率的固态照明。

在各国所推动的LED照明计划中，LED灯泡将为优先导入产品之一，若不考虑技术类别，全球整体灯泡容纳量约200E颗。值得注意的是，CFL灯泡仍然具有许多优势，虽然2011年LED灯泡渗透率仅约3%，但以数量看，将可达6亿颗；2013年随着40W及60W传统灯泡迈入淘汰时程，预估LED灯泡市场规模可达25亿颗。

继LED灯泡后，许多厂商亦已开发LED灯管。初期卖场、工厂等导入意愿较高，当未来LED灯管价格每年有3成以上降幅，再加上LED发光效率大幅提升下，DIGITIMES预估2013年出货将达2.6亿支。

若以整体LED照明市场发展来看，过去LED照明应用以便携式照明、装饰灯照明、间接照明等为主。时至2011年，为因应白炽灯于2012年禁产禁售规范，LED灯泡出货量将显著增长，产值预估将高达约80亿美元，再加上北美、日本、韩国等国家对于LED照明等绿色产品实施补贴政策，及卖场、商店及工场等有较高意愿置换成为LED照明等因素驱动下，以产值而言全球LED照明市场渗透率有很大机会突破10%。

2012年后，LED大厂如飞利浦（Philips）、欧司朗（Osram）、Cree等主攻一般照明市场，及许多国家开始编列预算置换LED路灯，再加上LED照明每年价格跌幅将达30%以上等，预估2013年全球LED照明产值渗透率进一步提升至近2成。 ■

全球绿色节能风潮狂袭 LED照明市场竞争白热化

在全球环保意识高涨下，LED照明已成为许多国家的主要发展政策之一，在国家政策的推动下，将有助于LED照明产值提升。因此能够确实掌握各国补助计划方向、迅速将各种规范因应于产品上的厂商，想要抢滩插旗将非难事。

综观LED产业发展，2010年全球LED照明产值占整体照明市场比重约3.8%，预计2011年全球LED照明渗透率将可超过10%以上，而LED照明使用颗数也将由2010年的48亿颗，增至2011年的124亿颗，显见2011年LED灯泡取代传统白炽灯的效应开始显现。而各国相继祭出的补助政策又将带来怎么样的差异呢？LED照明发展就区域别来看，目前以北美、欧洲、中国及日本发展最快，下列针对这几个国家发展现况做简单介绍。

欧美政府发展计划明确 稳健成长

美国照明市场规模相当大，不分技术类别来看产值约200亿美元，占全球比重16%，因此美国能源部所订LED发展时间表，也成为许多LED厂商重要参考指标之一。目前美国订出的发展计划，LED照明将于2012年全面取代白炽灯具，而欧盟更于2009年起限制100瓦白炽灯具的销售，最迟也将于2012年全面禁用白炽灯具。

日本专利技术本位 政府利多辅导

相比其它国家，日本LED产业因为研发技术相对领先、拥有多项专利技术保护的关系，再加上政府政策支持、消费者环保意识抬头等因素，促使日本LED灯泡市场发展快速，从2009年第3季渗透率不到3%，在2010年第1季快速提升至12%，2010年日本LED灯泡渗透率已达20%，估计2011年更将倍数成长来到30~40%水平。

中国经济转型 政府破釜沉舟 铁腕扶植

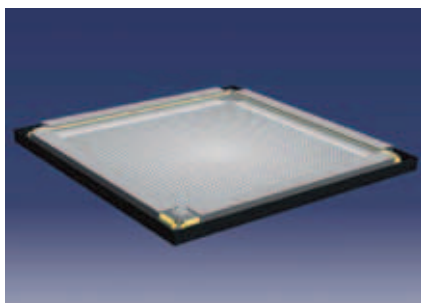
中国LED产业呈现跳跃式增长，其主要推动力来自于政府的高度支持，由于认识到能源需求高涨及电力不足等危机，2003年LED产业被列为中央“十五”国家科技发展重大项目，并成立5大照明基地，期间对LED产业补助金额达人民币4.8亿元，2006年起陆续推出“十一五”等计划，将半导体照明工程列为重点发展项目，补助人民币10亿~15亿元投入研发，目的在于建立LED产业群，使半导体照明具备国际竞争力。特别以路灯市场来看，中国大陆约在2007年投入LED路灯建设，中国政府对政策主导与执行力高，大区域路灯LED化工程，使它成为全球最积极设置LED路灯的国家之一。 ■

因应节能需求的 LED TV背光光源应用趋势

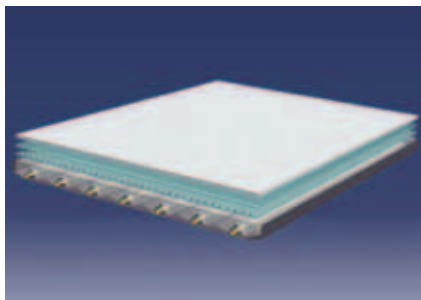
LED光源，近来不只是在日常用光源获得进展，在组件本身的发光特性与效率，也得进行大幅度改进，但即便目前发展LED替代性环保光源已是绿色能源产业中相当重要的一环，但实际上LED光源应用市场仍处于开发阶段，反而是目前使用最大量的LCD TV背光设计成为LED光源的重点应用，改善设计对于节能目的有更显著效益。

在开发各式绿色能源应用方面，可以从电能的来源、应用的模式多方着手，目前电能的来源可自水力、风力、太阳能等汲取丰沛的能量，但水力发电在大用电量的都市区域，可能因为土地开发密度较高，或是需仰赖环境因素问题，造成其发展上的限制较多；风力发电的部分可能会有季节因素环境差异，影响期发电量；太阳能虽具备较高可行性，但目前能源转换率还需更多技术突破，或是需仰赖更完善的政策补贴，才有可能成为较佳的绿能来源。

综观现阶段绿色能源发展趋势，在产制能源的方面，光从能源的来源端着手，目前普遍在成本面、效率面并无法达到消费者的期待，反而从终端产品进行节能产品的开发，甚至透过政策与认证规范着手，去进一步强化用电效能，其中以家电中最普及的电视在此趋势



Backlight 4Side设计示意。Integra



CCFL背光设计样式。Integra

下的发展最为显著，尤以LCD TV改以LED光源的发展趋势，最为明显。

CCFL逐渐以LED取代

LCD TV在产品的发展趋势下，逐渐朝大画面、高对比、高反应速度等趋势演进，而LED在发光效率持续提高、使用寿命延长及广色域需求发展下，持续推动发光二极管LED取代冷阴极荧光灯管CCFL，成为液晶显示平面电视的背光选择。

为提供大尺寸LCD TV足够的背光亮亮度，LED的背光设计方案，需要实行大量LED数组方式设计，根据排列的形式，LED背光单元（BackLight Unit；BLU）可分为侧光式LED BLU（上/下或4 Side）和直下式LED BLU两种，一般LCD TV背光多采CCFL在面板背面采等距排列形成背光形式，搭配导光板将棒状光源改善成接近面光源，相同的LED TV背光也可采取相对的取代方式，利用LED Light Bar去取代CCFL，但多数设计改用高亮度LED处理，通常省成本的作法仅安排面板上方与下方两个侧向光源处理即可。

而在侧光式LED BLU中，最关键的就是需要将LED的发光效率发挥到最高水平，即必须在供电部分需要高效率、高升压比的DC-DC转换，来驱动大量串联的LED Light Bar串，虽然串联的DC-DC转换器可以因应这些设计需求，但相对的，也因为这类用法带来一些新的挑战，例如，电路复杂度提高、多个离散组件造成的成本提升。

兼具成本与效能目的 的背光电路设计

观察LCD TV开发与产制成本，会发现BLU对应用总成本影响相当大，因

为BLU的组件、电路成本，已占了LCD TV的总成本超过30%。BLU的设计与设置方式，对于LCD TV最后实体产品的运行效能也有举足轻重的影响，例如，虽然侧光源可以减少LED用量，但却对于最终产品呈现的显示效果，如角亮度（angular luminance）、对比度、亮度影响颇大。

在BLU光源的技术与科技，CCFL被LED取代，在还没有比LED更环保的光源来源前，已是无法避免的发展趋势，作为CCFL的替代品，LED在色彩表现力、产品使用寿命各方面，均优于CCFL组件表现，因为LED拥有不会与实际RGB波长的峰值重叠的RGB波长，另外LED还很容易被小型化制作，组件本身非玻璃灯管，在物理特性方面具抗震能力，但LED也有部分缺点，例如，现阶段实行的设计，高亮度LED组件成本较高。



以LED取代CCFL，可以让大尺寸LCD TV的省电效能更加显著

以大尺寸LCD TV为例，BLU采边缘排列若使用50~60个LED，这必须提供一个高压、稳定的电流供应来源！而为了将交换式电源供应器提供的24V输出，利用DC-DC倍压方式将电压提升

至至少130伏，常见方式会实行串联升压转换来完成相关电路设计，但这类设计方案还是有部分限制，尤其在成本与驱动LED的电路设计复杂度，始终是这种设计方案较难克服的关键。而解决这类设计需求，另一个方向是选择使用具高升压比的DC-DC升压转换器，藉此简化电路设计，建构相对高效率、具成本效益的BLU电路解决方案。



若采直下式LED背光搭配区域背光调整，可让显示对比相对提升

针对LED性能及热管理最佳化设计

目前想提高LCD TV BLU的LED亮度，有两种方式，分别是增加单一LED芯片亮度，或是采取多颗密集排列方式去设计，但这些方法都面临到需输入更高的电能，以目前的技术来说，输入LED的能量约20%会转换成光源，剩下80%转成热能散逸，若能在单颗封装内送入倍增电流，其组件发热也会呈现倍增状况，尤其LED的散热面积积极小，散热问题会逐渐恶化。

以LCD TV BLU应用环境观察，

使用LED数量超过50个，即使实行高亮度LED，也要密集排列并长时间点亮，因此更需积极面对有限散热空间内的高效散热需求，但很不幸的，LED产生的热对LED芯片本身也会造成严重问题，当芯片温度升高时，量子转换效率导致发光强度下降、寿命也跟着下降，连带造成放射波长改变、色彩稳定性降低，加上LED因受热时不同材质膨胀系数差异，组件本身会有热应力累积，同时让产品可靠性降低、使用年限降低，在机构设计方面，除需考虑外观的设计要求，加入主动散热机制也是一个有效的改善方法。

而LED组件最大的问题在于其为「点」状光源，但LCD TV BLU的应用场合中，设计方案需要的是均匀的「面」状光源，而LED的有效光辐射（发光度和/或辐射通量），也会严重受其组件的结温影响，而产生影响寿命的问题与光衰现象。

一般而言，单颗LED封装，通常会被以「一级LED」称之；多颗LED的芯片共同装配在同一组金属基板上，这类LED组件通常会用「二级LED」称之，二级LED用途相当多，可采模块化设计因应各式对光源应用的设计需求。当然，多数的设计方案，均可利用一级LED的电、热与模型进行二级LED（模块）的热、电特性测试与模拟，但前提是需要在实验室进行更多的参数调整，例如，针对实际散热环境，于测试项目加入参数条件影响，如此建立的模型才有进一步调修的效益，而不会与实际现况相差过大。■

成本下滑加技术突破 LED主照明市场金光闪耀



图1 Gartner研究副总裁Dean Freeman (左)表示, LED主照明市场将远大于LED背光应用。右为Gartner研究总监Steve Ohr

在官产学研全力投入发展下, LED的发光效率提升与成本下滑进展快速, 市场研究机构皆认为, LED一般照明将接棒LED背光的增长态势, 在2012年开始大放异彩。

继发光二极管背光源液晶电视(LED TV)之后, 主照明将接棒成为再创LED产值高峰的动能, 然而价格仍为驱动增长力道的关键, LED灯泡售价现已降至约20美元, Gartner指出, 若欲扩大市场普及率, 单价须低于5美元, 届时安装LED灯所带来的省电效益将会益发突显, 可望全面取代白炽灯泡, 且预期3年内可望回收建设成本。

Gartner研究副总裁Dean Freeman (图1)表示, LED主照明可区分为路灯、商业及居家照明, 主要采购的考虑

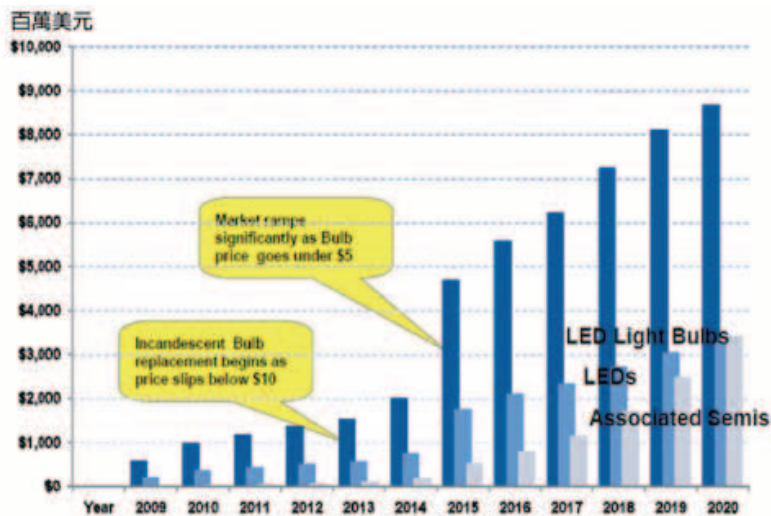
为价格, 当价格跌至甜蜜点时, 市场需求就会急速引爆。现阶段LED灯泡价格约20美元, 若价格下滑至不到15美元, 消费者采用意愿才会提高, 一旦价格下降至5美元以下, 安装LED灯源节省的能量成本将非常显著, 届时, LED灯即可取代白炽灯泡。

未来LED主照明的市场规模将远大于LED TV, Freeman认为, 受惠于各国政策推波助澜与补助扶持, 加上路灯需长时间照射, LED路灯投资回收期仅1~2年。相比之下, 在LED灯泡价格仍高于传统光源之下, 商业、工业和居家照明市场的投资回收期较长, 但随着LED灯泡价格持续下跌, 可望于3年内回收安装成本。

受惠于中国政府政策扶持, 中国现已成为全球最大LED路灯市场。Free-

man指出, 政策是推动LED市场增长的要素之一, 2010年, 中国大陆预计更换六十万盏LED路灯, 北美则可能汰换二十万盏LED路灯。

然而, 中国大陆LED路灯大饼看似庞大, 不少厂商却抱怨营收贡献不如预期。对此, Freeman分析, 2009年LED产值逼近65亿美元, 其中日系厂商囊括45%比重, 最大为日亚化学(Nichia), 其它尚有松下(Panasonic)、东芝(Toshiba)等。值得注意的是, 5年内, 中国大陆将会是具有潜力的LED主要制造国, 同时台湾亦仍会是生产的主要地区。然过去众多台商与中国大陆企业合资LED公司, 但碍于台湾法规, 在中国大陆持股不得超过50%, 因此往后台商陆续在中国大陆寻找外包资源, 并在台湾完成最后的组装态势会更趋明显。



2009~2020年全球LED及相关灯泡与半导体组件产值分析



2012年照明市场起飞

随着LED逐步朝向高效率及低成本发展，其产品应用层面也越发广泛，根据光电科技工业协进会（PIDA）的预测，其应用范围将于2012年扩及至一般照明（General Lighting）。目前高亮度LED主要用于手机背光、车用与标志三大市场，未来则以液晶显示器（LCD）背光、照明增长率最高。

光电科技工业协进会产业暨技术组组长林颖毅表示，成本仍为LED照明的推广关键，不过根据美国的研究数据显示，2012年，LED每百万流明小时的成本将与一般荧光灯差不多，因此他推断，2012年以前，LED照明仍会以局部、重点的照明为主，2012年后将发展至一般照明的应用，在2020年后应可顺利进入主照明领域。

林颖毅甚至预估，就日本最近针对灯泡厂商所做的抽样调查来看，目前日本LED灯泡的出货量已达20%，辅以配套措施后，可能会加速上述发展时程，使LED于一般照明应用在2012年达到10%。

就现况而言，市场的关注焦点皆集中液晶显示器的应用上，其中LED在笔记本电脑的背光渗透率更近逼100%。至于未来增长空间最大的一般照明市场，目前八个应用区块中的前三大，包括30%的居家照明、16%的商业用照明以及12%的办公室与工厂用照明。

林颖毅进一步说明，近年来对LED路灯炒得最火热的非中国大陆莫属，但始终雷声大雨点小，因此相较于LED路灯，LED一般照明的发展应会更为快速。目前LED路灯仍有效能、标准与商业模式问题待解决。 ■

2010年全球激光器市场 强劲反弹27%

来 自《Laser Focus World》杂志进行的一年一度的激光行业回顾与展望调查报告显示，2010年全球激光器市场的销售额大约将达到64亿美元，这或多或少地弥补了2008/2009年经济衰退对该部分市场的影响。64亿美元的销售额估计值包括了用于金属切割与焊接、矫正视力、光纤通信、蓝光播放机等各种应用领域的激光器产品。

此外，基于行业内领先的激光器厂商如罗芬（Rofin-Sinar）、相干（Coherent）、JDSU和Newport等公司近期的强劲销售趋势，预计2010全球激光器的销售收入将有望比2009年增长27%。随着整个行业利润的巩固和2008/2009年经济衰退后发生的反弹，预计2011年全球激光器市场将会继续复苏之路。

“今年市场上涌现出了几个潜在的发展力量。”市场调研公司Strategies Unlimited公司负责激光器市场的分析师Tom Hausken博士表示，“中国客户对2010年激光器市场的复苏起到了非常重要的作用。半导体晶圆制造市场自2007年初开始下降后，终于在2010年出现了前所未有的反弹；另外，新兴消费产品的发展也对市场的发展起到了一定的推动作用。”

Hausken补充说，“在很多情况下，很多公司在今年都选择投资以激光生产设备，这些设备能帮助用户在不必雇佣新员工的情况下提高生产力——当然这也是失业现象复苏的一个征兆。”

展望未来，尽管大多数制造商表示2011年的市场发展前景尚不明朗，但



是从目前在许多终端市场——如激光制造、生命科学以及消费产品的发展趋势来看，这似乎足以驱动2011年激光器市场实现两位数的增长。

Strategies Unlimited：未来几年激光市场将获得9%的复合年增长率

来自光电行业领先的市场调研公司 Strategies Unlimited 的一份关于2010年激光行业调查的报告中指出：在激光华诞50周年之际，全球激光市场有望在2014年从26亿美元增加至88亿美元，复合年增长率为9%。这个数据相比激光市场平均14%的增长率来说，是比较正常的。世界激光行业销售量在2009年下滑了25%；在2000年首次下滑，但是2009年依然位于激光史上6大财政收入年之列。

2009年光纤激光器的销售额仅下滑了5%，跌至2.8亿美元，比其他领域情

况好很多。光纤激光器销售供应商领先者IPG的销售额跌至其2007年的水平，失去一些市场份额。但是在经济复苏中，IPG以其千瓦级光纤激光器的广泛覆盖率（半导体与显示器设备、通信器材、生物医学仪器）以及军事与科技激光器行业的好转，才会有此次复苏的出现。材料处理行业复苏缓慢。由于网上资源以及闪存越来越普及，数据存储激光器将处于艰难时期。激光器市场将会继续以较低增长率增长，同时经济循环的作用将比以前更加重要。表1说明了市场规模缓慢增长的趋势。

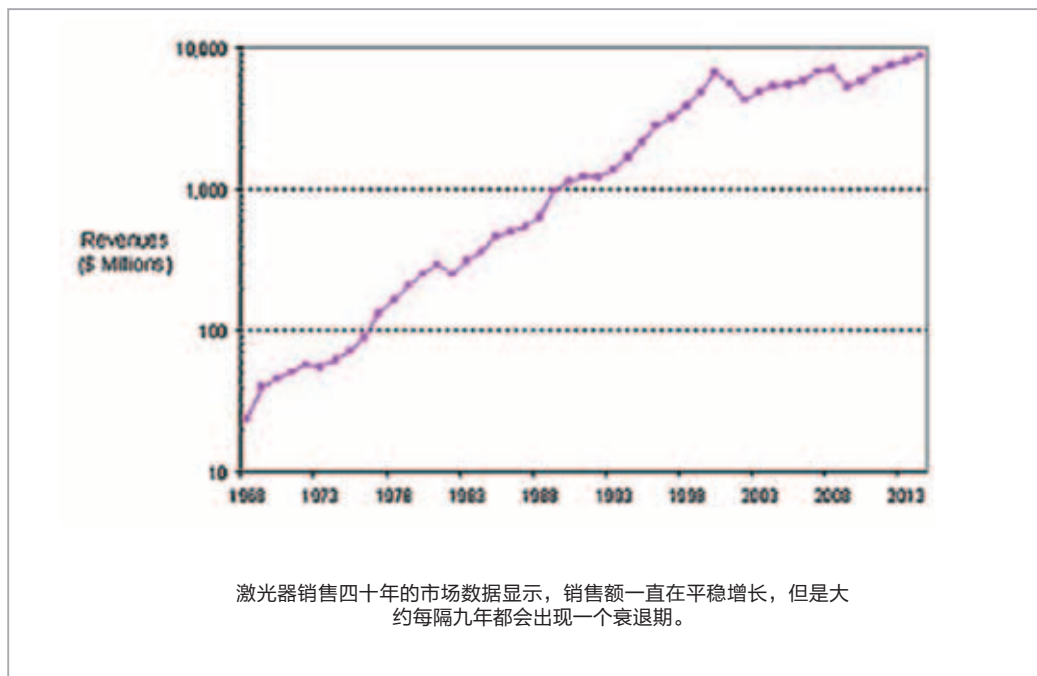
激光器市场的一些细分市场早在2007年就开始下滑，而整体市场下滑出现在2009年。由于库存的耗尽加上巨大的潜在需求，尤其是在半导体与电信行业的巨大需求，在2009年中期出现了明显的上升趋势。但是由于供应链混乱，使得市场需求处于混乱期。中小型企业

信用依然处于紧缩状态。

激光器行业管理程度出奇的集中。约87%的激光器收入都流向总部位于美国、德国和日本三个国家的公司。仅有五家公司收入超过激光行业总收入的50%：Coherent、IPG Photonics、Newport、Rofin-Sinar 以及 TRUMPF。受到机床市场的负面影响，激光器行业10强供应商因此失去了一些市场份额。信用紧缩加上不稳定的经济局势，表现较好的供应商都收购了大部分小型公司。

Oclaro 的兼并与收购仅是一个例外。

每个市场领域即将出现一些新的应用。尤其值得关注的是医疗与消费市场领域：头发染色剂以及皮肤保养用具激光器、新式触屏显示传感器、英特尔 LightPeak 界面用户产品、白内障以及老花眼手术、光助磁记录法、以及绿光、中红外领域的新激光技术。 ■



激光研究的最新发展趋势

□ 文 / 中国科学院 上海光学精密机械研究所 楼祺洪 周军 袁志军 张海波

【摘要】：本文讨论了激光技术近年来的发展趋势。包括以透明陶瓷为代表的新型激光材料，以光纤激光为代表的新型激光器结构，波长位于3~5微米的中红外激光器。同时给出上述激光的应用前景，并重点讨论激光在光伏产业中的应用。

【关键词】：激光材料，激光陶瓷，光纤激光器，光伏太阳能

引言

日本产业振兴协会经常组织对光电子技术发展的趋势进行调查。近年来，中国被选为一个调查分课题，该协会特别成立了一个海外研究小组在武汉、深圳、香港、上海作实地调查。所调查的光电子领域包括：

- 1) 光学设备和材料，包括太赫兹波段、中红外波段、可见到紫外波段新材料；
- 2) 光通信材料，包括光子网络、局域网光纤、量子密码通信、空间光无线通讯；
- 3) 光存储和光信息处理，包括母盘制作和复制、蓝光光盘、新一代大容量存储技术等；
- 4) 显示器，包括液晶显示、有机发光电子纸张显示、投影显示；
- 5) 用户界面，包括图像传感、防灾系统、光生物测定、家庭安全保密设备；
- 6) 激光应用和光学测量，包括新型激光源、光纤传感、激光冷却原子束、激光加工；
- 7) 光伏技术，包括薄膜电池、有机光伏电池、高效光伏电池；
- 8) 环境光子学；
- 9) 照明技术，LED白光照明。

其中，第一、第六、第七部分和激光研究的发展趋势有较为密切的关系，本人就以上几个方面分析讨论最新发展趋势。

1 以透明陶瓷为代表的新型激光材料

在固体激光技术及其相关领域的发展中，固体激光工作物质的开发是研究基础和先导，对于产生高性能的激光振荡具有决定性的意义。探索优秀的激光材料并应用于研发新型激光器件始终是激光研究的发展方向。近年来迅速发展的新型陶瓷是继单晶、玻璃之后又一值得瞩目的激光材料。

虽然早在上世纪六十年代，材料研究者从理论上论证了各向同性的光学陶瓷能够产生激光作用，但由于陶瓷材料是多晶体，其颗粒边界、气孔率、成分梯度及晶格的不完整性所引起的内部散射损耗过大难以实现有效的激光输出，此后数十年来激光陶瓷的研究一直未有突破性进展。直到1995年，利用固相反应结合真空烧结的方法获得了低散射损耗的Nd³⁺:YAG透明陶瓷，从而出现了世界上第一台LD泵浦固体陶瓷激光器。1999年，日本Konoshima化学有限公司采用纳米技术制备出吸收、发射光谱以及荧光寿命与单晶基本一致的多晶Nd:YAG陶瓷^[1]。透明陶瓷光学品质的突破性提高，在国际上引起广泛关注，显示出光明的发展前景。

从激光陶瓷的制备来看，目前商业化激光陶瓷已经出

现,而且其气孔率密度、均匀性和内部散射损耗等性能已经赶上或者优于同种化学组分的单晶商品。不仅如此,陶瓷材料的掺杂种类(多种激活离子和基质)及掺杂形态也大大丰富,复合结构和多功能材料层出不穷。这些优点给予了高性能固体激光器前所未有的高性/价比和能够满足各种应用要求的灵活设计优势,使得长期以来光学工程师希望按照特定激光性能要求来进行材料分子设计以获取合适激光材料的梦想即将成为现实。激光陶瓷的迅猛发展极大的推动了陶瓷激光器的研制发展。新型陶瓷材料不仅推动传统的固体激光器向更高、更快、更强发展,而且各种新型陶瓷材料激光器(如低温烧结高熔点铈系倍半氧化物 Re_2O_3 : $\text{Re}=\text{Y}, \text{Lu}, \text{Sc}$)和一体化微片复合陶瓷激光器(Nd 、 Cr 共掺YAG自调Q陶瓷; Yb 、 Er 共掺人眼安全激光器等)不断出现。

1.1 高效率陶瓷激光器

2001年,日本电信大学Ueda课题组采用掺杂浓度分别为1.0at.%和2.0at.%的 Nd^{3+} :YAG透明陶瓷,以端面泵浦方式,获得了高达61%和58%斜率效率的高效激光输出;2004年,中科院上海光学精密机械研究所采用超均匀侧面泵浦技术在1at.% Nd :YAG陶瓷棒中获得输出功率236W,斜率效率62%的连续激光输出^[2]。2006年,德国柏林技术大学采用芯掺杂 Nd :YAG复合陶瓷棒获得输出功率140W,斜率效率67%的高效率激光输出。

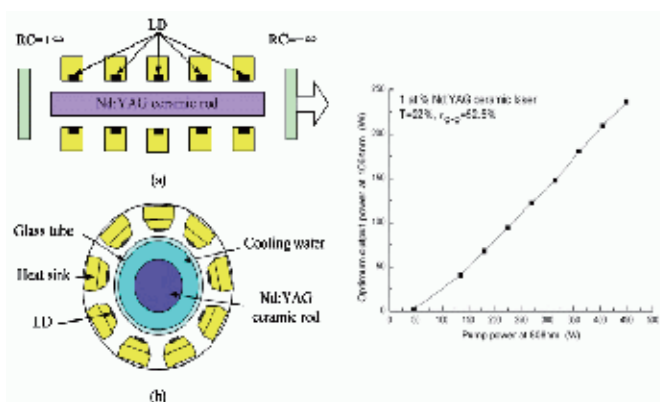


图1 中科院上光所高效率Nd:YAG陶瓷激光器
Fig 1 High efficiency Nd:YAG ceramic laser at SIOM.

1.2 高功率陶瓷激光器

2003年,日本电信大学激光科学研究所与俄罗斯科学院的晶体研究所合作,采用LD阵列侧面泵浦用 $\Phi 8 \times 203\text{mm}$

Nd^{3+} :YAG陶瓷棒,获得了1.46 kW,斜率效率达49%的激光输出;2005年,美国达信公司采用 Nd :YAG陶瓷板条激光器,实现了5 kW的高功率连续激光输出,并以此获得了美国军方关于激光定向能武器的研制订单,目标是实现100kW激光输出。2006年,美国利弗莫尔实验室采用 Sm^{3+} 包边 Nd :YAG复合结构陶瓷热容激光器实现了5Hz, 67 kW激光输出^[3],持续时间10s。

1.3 超短脉冲陶瓷激光器

日本东京大学ueda课题组采用 Yb : Y_2O_3 和 Yb : Lu_2O_3 透明陶瓷分别获得188fs和357fs锁模激光输出。目前 Yb :YSAG透明陶瓷也已获得脉冲宽度280fs,平均输出能量为62mW的锁模脉冲激光输出。

1.4 全陶瓷自调Q脉冲激光器

Cr^{4+} :YAG因具有热导性能好、吸收截面大、掺杂浓度高、饱和光强小、损伤阈值高、光化学性质稳定、寿命长、易实现高峰值输出功率和高脉冲重复频率等优点,并在1064 nm处有较强的吸收,因而可作为 Nd :YAG透明陶瓷激光器的被动调Q开关。此外,还可将 Cr^{4+} 离子和 Nd^{3+} 离子掺杂在同一陶瓷基质中,构成组合型全陶瓷自调Q微片激光器,如图2所示。它具有体积小、结构紧凑、输出高峰值功率高重复率的激光脉冲的特点,在军事、航空航天、工业等领域具有广泛的应用前景。

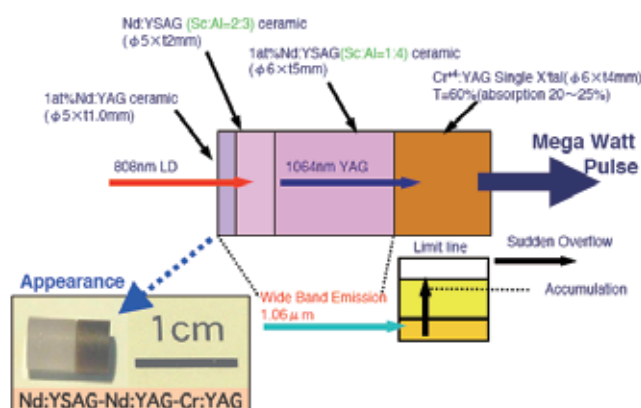


图2 微芯片Nd,Cr:YAG双掺杂自调Q全陶瓷激光器
Fig 2 Q-switch Nd,Cr:YAG microchip ceramic laser.

1.5 陶瓷光纤激光器

日本World-Labo. Co实验室Ikesue课题组提出陶瓷光纤激

光器的构想，并成功制备出双端冷却帽结构的Nd:YAG陶瓷光纤。由于YAG陶瓷的热机械性能远优于传统光纤所用的石英基质，陶瓷光纤单位长度所能承受的功率密度（8W/cm）远高于石英光纤（约1.3W/cm），对于光纤激光器向高功率、高能量发展具有潜在的应用价值。

2 以光纤激光为代表的新型激光结构

薄片和光纤是近年来新型的激光结构，本文重点讨论光纤激光。

双包层光纤激光器是国际上新近发展的一种新型高功率激光器件，由于其具有光束质量好、效率高、易于散热和易于实现高功率等特点，近年来发展迅速，已成为高精度激光加工、激光雷达系统、光通信及目标指示等领域中相干光源的重要光源，在国防军事领域更有着广泛的应用前景。因而，高功率光纤激光器已经受到各国政府、科学界和企业界的高度重视。

由于光纤的纤芯很细，一般的泵浦源（例如气体放电灯）很难聚焦到芯部。所以在上世纪八十年代前，光纤激光器没有得到很好的发展。随着半导体激光器泵浦技术的发展，以及光纤通信蓬勃发展的需要，1987年英国南安普顿大学及美国贝尔实验室实验证明了掺铒光纤放大器（EDFA）的可行性。由于要将半导体激光泵浦入单模光纤的纤芯（一般直径小于 $10\mu\text{m}$ ），要求半导体激光也必须为单模的，这使得单模EDFA难以实现高功率。为了提高功率，1988年左右提出光泵由包层进入。初期的设计是圆形的内包层，但由于圆形内包层完美的对称性，使得泵浦吸收效率不高，直到九十年代初矩形内包层的出现，使激光转换效率提高到50%，输出功率达到5瓦。近几年，随着高功率半导体激光器泵浦技术和双包层光纤制作工艺的发展，单根光纤激光器的连续输出功率迅速提高。目前，采用单根光子晶体结构的双包层光纤，已经实现了2.5千瓦级的激光输出。上海光机所在国内高功率光纤激光器的研究领域处于领先地位^{[4][5]}，2006年单根光纤激光的连续输出功率达到千瓦级水平，脉冲光纤激光的输出平均功率达到百瓦量级^[6]，且在高功率光纤激光的相干组束方面

做了系列创新性工作^[7]。

由于非线性效应和热效应等的限制，单根光纤激光器的输出功率毕竟有限，将多个高功率光纤激光器的输出进行组束，则可以获得更高功率的激光输出。为了在提高总的激光功率的同时，保持光纤激光良好的光束质量，发展提出了高功率光纤激光的相干组束技术。美国、德国等国家正在鼓励和支持这类研究的开展，但到目前为止，多束光纤激光的相干合成技术还未取得实质性的突破。由于高功率光纤激光相干组束技术在军事国防方面具有重要的应用背景，将是今后高功率光纤激光系统发展的重点内容之一。

以下重点介绍光纤激光器在激光打标、金属雕刻、焊接和切割等领域的应用。

目前，在全球市场上应用的光纤激光器已经超过百种型号，应用范围广泛。按照输出功率可以依次分为三个层次，低功率光纤激光器（ $<50\text{W}$ ），主要应用于微加工、打标、调阻、精密钻孔、喷码、金属雕刻等；中功率光纤激光器（ $>50\text{W}, <500\text{W}$ ），主要应用于薄金属板的切割，打孔，焊接和表面处理。高功率光纤激光器（ $>1000\text{W}$ ），主要应用于厚金属板材的切割，特殊板材的三维加工，金属表面的熔覆等。

2.1 激光打标

目前激光打标已广泛应用于集成电路芯片、电脑配件、各种汽车零件、家电、五金工具、电线电缆、食品包装、首饰、烟草等众多领域的图形和文字的标记。与传统的CO₂和YAG激光打标机相比，光纤激光打标记的光束质量非常好，聚焦后的光斑非常理想，具有直径小、圆度高、能量稳定和轮廓规则清晰等特点，同时由于激光重复频率可调谐（10kHz~数百MHz可调谐重复频率），因此在对深度、光滑度、精细度要求较高的领域有着不可替代的优势。此外，光纤激光打标机的尺寸非常小，体积只有普通台式电脑大小。

金属雕刻是激光打标领域的一项典型应用，即用激光光束将特定部分的金属材料去除，从而实现想要达到的效果。光纤激光器与其它类型的激光器相比，光纤激光器由于

具备脉宽短、重复频率高、峰值功率大等优点，在雕刻加工时，大大减少了热效应带来的负面影响，使得加工品质更加卓越，加工效率也大大提高。根据一般的工艺要求，加工后的银饰制品要经过打磨抛光处理，而这一工序可用高频率，高速度，低功率的激光束进行抛光，从而大大简化了工艺过程，提高了效率，使得金属制品更加美观。

2.2 激光焊接

表 1 不同类型激光器参数对比

	CO2	LP-Nd-YAG	DP-YAG	HPFL
输出波长 μm	10.6	1.06	1.06	1.00-1.10
输出功率kw	1-20	0.5-5	0.5-5	0.5-10
光束质量BPP (mm*mrad)	>100	50-80	25-50	1-20
输出光纤um	无	600-800	400-600	50-300
聚焦光斑mm	0.2	0.1	0.1	0.01
体积	最大	大	较大	非常小
电光效率 %	5-15	1-3	5-10	12-20
维护周期khrs	1-2	<1	3-5	40-50
寿命/hr	10000	1000	10000	100000

当激光焊接工艺能够向工作传输高于10KW/mm2的功率密度时，激光焊接能够形成深宽比较大的、小孔状的熔深。这对于传统的激光焊接工艺来说有两大缺点和难题，即很高的成本和较低的能量转换效率。光纤激光器与传统的激光器相比，如表1所示，具有维护周期长，能量转换效率高，光束质量高的优点，可以很好解决激光焊接工艺中的缺点和难题。

目前千瓦量级的连续光纤激光器逐渐被大型设备制造商所接受，并逐渐占领传统高功率YAG固体激光器与CO2气体激光器的市场。

2.3 激光切割

波长1070nm的掺镱光纤激光器是激光切割的理想光源，

光纤激光器在切割领域的优点包括工作波长、数千瓦功率、良好的光束质量，有效功率范围大、功率稳定、光斑小。脉冲光纤激光主要用于薄金属的精细切割，而连续光纤激光则用于切割各种厚度的材料，最厚可达1.5英寸。光纤激光器的动态工作功率范围非常大，即使激光功率发生变化，光束焦点及其位置依然保持固定，从而使每次的处理结果始终保持一致。通过改变光学装置的可大范围的改变光斑尺寸，从而允许终端用户根据切割材料和壁厚选择相应的功率密度。光纤激光器光束质量高、光斑小、脉冲能量高，非常适合薄材料的精细切割。脉冲切割方式产生的熔渣和热影响区极小，是许多微加工领域必不可少的切割方式。光纤激光器脉冲调制可以实现对心血管支架、太阳能电池板硅片、模具等的切割。高功率多模激光通常用于薄板材和厚板材的连续切割。由于景深大、光斑小，因而厚金属切割时形成的切口小，切壁直。高功率多模激光的常见应用领域包括汽车车身零件的3D切割，航空领域铝、钛合金材料的铆钉孔切割，造船和钢铁行业的厚钢板切割。

3. 以掺铒光纤激光为代表的新激光波长

激光应用发展的早期大部分局限于1.06 μm和10.6 μm。近年来，新的激光波长不断开拓，包括长波长的太赫兹波段，可应用于器材检测、医药、农业等领域，在可见和紫外波段，蓝光、半导体激光、短脉冲紫外激光也引起广泛的兴趣；另外中红外波段有很多气体吸收谱线，在大气环境研究中被作为研究的重点。中红外光纤激光器（波长处在2-5 μm之间）的输出功率在不断增长，从而使得其应用领域更加广阔，已经引起了各个国家的广泛关注。

因为水对2.7-3 μm光谱区的光吸收较强，所以该波长的中红外激光器在医学手术上具有重要的应用价值。工作在1.9-2.1微米波段的掺铒光纤激光器有望使激光器进入人眼视力无害级别，而且在工业和军事定向能应用方面具备超过传统激光器的潜在优势。除此之外，2 μm激光作为光参量产生中红外（3-5微米）的泵浦源一直是国内外研究热点，因为后者在

军事战略上具有重要意义。

目前,随着光纤制造技术、激光器的泵浦技术以及泵浦源不断发展,中红外光纤激光技术特别是 $2\mu\text{m}$ 附近的掺铥光纤激光器日趋成熟。下面以 $2\mu\text{m}$ 附近的掺铥光纤激光器为例重点介绍中红外激光器。

石英光纤中铥原子的两个主要泵浦带位于 $0.8\mu\text{m}$ 和 $1.6\mu\text{m}$ 。因为高功率 $1.6\mu\text{m}$ 的激光器二极管技术不够成熟,此波段的泵浦通常利用Er、Yb共掺的光纤激光器来实现,因此系统的整体光学效率受到Er:Yb激光器的效率制约。相反,由于铥和钕掺杂晶体泵浦的大量市场需求, $0.8\mu\text{m}$ 的Al-GaAs二极管工艺和技术相当成熟。实际上,高功率 $2\mu\text{m}$ 激光输出大多是通过二极管激光器泵浦得到的。掺Tm光纤激光器可以通过适当地增加掺铥离子浓度来获得较高的量子效率, $0.8\mu\text{m}$ 泵浦产生效率为60–65%。

截至目前为止,采用掺铥光纤能够得到 $2\mu\text{m}$ 中红外激光的输出功率不断攀升(图3),最近报道已接近800瓦,IPG公司已经报道了500W的 $2\mu\text{m}$ 全光纤激光器,但是目前这些产品对我国禁运。因此研制国产的高功率 $2\mu\text{m}$ 掺铥光纤激光器势在必行。

上海光机所用两个波长790nm的LD,对长度8米的国产掺铥双包层光纤双向泵浦。在近130W泵浦功率下获得55W激光输出,斜效率45.8%。

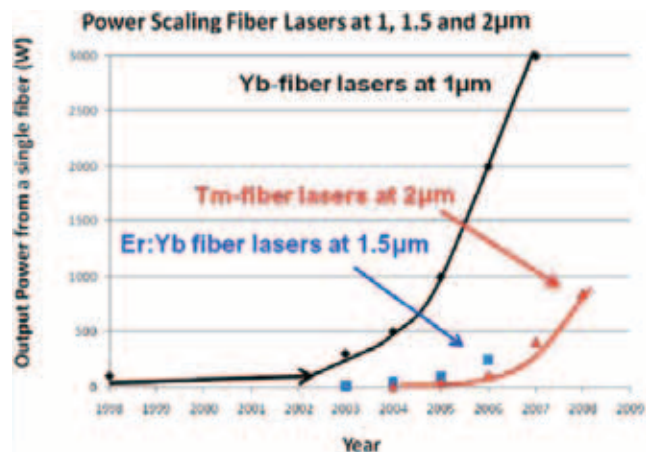


图3 高功率光纤激光器近年来的研究进展
Fig. 3 recent record for output power of fiber lasers

4.激光技术在光伏太阳能产业的应用

提高效率和降低成本是光伏太阳能行业的两个永恒主题,激光技术因其快速、精确、零接触以及良好的热效应等优势,在太阳能硅电池的切割、划线及表面加工、钻孔、激光晶化等方面取得了重要应用。目前国内外多家激光制造厂商和研究机构都在积极发展各种新型激光技术及其在太阳能电池领域的新应用。基于包层抽运技术的高功率双包层光纤激光器以其光束质量好、效率高、结构紧凑等优点,在太阳能电池制造领域将发挥越来越重要的作用。

从激光与物质相互作用这一应用目标考虑时,连续波光纤激光所能提供的功率密度较低,热量沉积明显,而窄脉宽、高峰值功率的脉冲光纤激光器应用面更广。

重复频率为几十到数百千赫兹、脉宽为十几到几十纳秒、平均功率为数十瓦的脉冲激光在薄膜太阳能电池制造领域具有广泛应用背景。考虑到光纤激光本身的技术特点,以高性能小功率激光器为种子光源,以双包层光纤为功率放大器的种子光—振荡放大(MOPA)技术,是实现这一技术指标的理想方案。MOPA式脉冲光纤激光器的结构如图4所示。

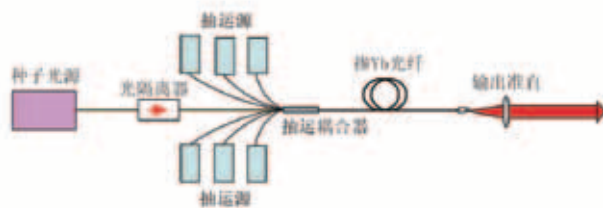


图4 MOPA式脉冲光纤激光器的结构示意图
Fig. 4 schematic diagram of MOPA based fiber laser

在高重复频率脉冲光纤激光器研究方面,我们分别对脉冲调制的单模LD、固体激光调Q、光纤激光声光调Q,这三种方式的种子源技术及其高功率放大特性进行了实验研究[6][8][9]。以脉冲调制单模LD光纤级联放大模块为种子光源,设计和采用高增益双包层光纤,实现了101 W平均功率的全光纤化脉冲光纤激光器,重复频率大于50 kHz,脉冲宽度小于15 ns。

激光技术在太阳能产业中的应用主要包括激光钻孔、刻

槽、划片、薄膜太阳能电池激光划线系统等，脉冲光纤激光器在上述应用中均有上佳表现。

对于新型的背接触型硅电池，激光打孔是目前唯一技术手段，使用激光背面打孔作背接触的单晶硅及多晶硅电池，效率可超过20%。采用平均功率80 W，重复频率80 kHz，脉冲宽度700 ns的脉冲光纤激光器，获得了理想效果，如图5。每秒钟可打孔4000~5000个，每个孔需要15~20个脉冲。通过缩小激光脉冲宽度，提高峰值功率，打孔速率可进一步提高，达到每秒钟1.5万个孔的典型要求。

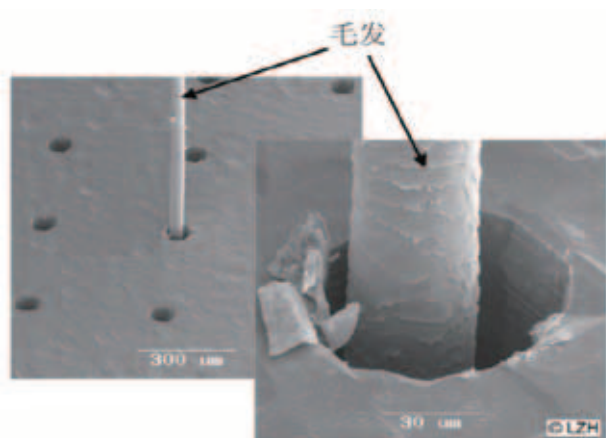


图5 脉冲光纤激光打孔的典型结果
Fig. 5 micrograph of holes drilled by pulsed fiber laser

高峰值功率的脉冲光纤激光器可用于硅片切割或划线，用20 W平均功率脉冲光纤激光器，在重复频率65 kHz、脉冲宽度为75 ns时（对应峰值功率4.1 kW），以200 mm/min的速度就可对200 μm厚的晶圆进行高质量切割。另外，高重复频率的脉冲光纤激光及其倍频绿光激光的光束质量好，聚焦光斑小，易于实现薄膜电池50 μm的线宽要求，在大型阵列互联型电池板的制备方面优势明显。

对于MOPA结构的脉冲光纤激光器，在尽可能保持光束质量的前提下，提高脉冲能量和峰值功率的有效途径是设计和采用新型大模场直径的有源双包层光纤。目前，在欧盟资助的“用于强化太阳能工业加工的高级激光器”计划（AL-PINE）中，光子晶体光纤激光器已被作为要实现低成本CdTe and CIS电池而主要发展的一种新型激光器。同纳秒量级，波长在1 μm波段的激光相比，皮秒超短脉冲和绿光甚至紫外波

段波长的激光，可以提高划线精度，同时减少由于热效应造成的损伤（或微裂）。掺镱光纤在超短脉冲激光输出方面优势明显，高平均功率的超短脉冲光纤激光器及倍频绿光光纤激光器近年来发展迅速，将在高效率晶体硅太阳能电池制造领域发挥重要作用。

参考文献

- [1] T. Yanagitani, H. Yagi, M. Ichikawa, et al., Japanese patent, 1998, 10-101333.
- [2] Y. Qi, X. Zhu, Q. Lou, et al., Nd :YAG ceramic laser obtained high slope-efficiency of 62% in high power applications, Optics Express, 2006, 13(22), 8725-8729.
- [3] K. Ueda, Welcome and Opening Remarks, the 2nd International Laser Ceramic Symposium, Tokyo, 2006.
- [4] Qihong Lou, Jun Zhou, Bing He, et al, Fiber lasers and their coherent beam combination, Opt.&Photonics News , 2008, 19, 46-51
- [5] 高功率光纤激光器及其应用, 楼祺洪编著, 中国科学技术大学出版社, 2010年3月第1版
- [6] 周军, 潘蓉, 杜松涛 等, 基于MOPA方式的150 W高重复频率、窄脉宽光纤激光器, 中国激光, 2009 36(4)
- [7] B He, Q Lou, W Wang, et al, Experimental demonstration of phase locking of a two-dimensional fiber laser array using a self-imaging resonator, Applied Physics Letter, 2008, 92, (25):1115-1117
- [8] Hongming Zhao, Qihong Lou, Jun Zhou, et al, Stable pulse-compressed acousto-optic Q-switched fiber laser, Optics Letters, 2007, 32(19):2774-2776
- [9] Y Qi, C Liu, J Zhou, Q Lou, et al, Single-frequency linearly polarized master-oscillator fiber power amplifier system and its application in high fill factor coherent beam combining, Applied optics, 2009, 48(29):5514-5519

大口径高精度平面 光学元件精密加工技术

□ 文 / 上海光机所 陈卫华 包蕾 张浩斌 钱红斌 朱健强

【摘要】：大型高功率激光装置中需要大量的平面类光学元件。环抛加工技术由于其具有加工精度高，加工质量好等优点，使其成为获得高精度大口径平面光学元件的主要手段，但环抛加工也面临着可控性差的问题。本文重点介绍环抛加工的工艺及加工过程中关键技术参数的控制，并通过加工大口径平面光学元件，获得了面形精度优于 $\lambda/4$ 的技术指标，验证了环抛加工的工艺和技术参数。

概述

大型高功率激光装置中需要大量的平面类光学元件，并且对承受高功率激光负载的各类光学元件表面特性和透反射波前畸变提出超常规的特殊要求，这对光学加工的加工质量和效率提出了新的挑战。美国 NIF 需要七千片以上的大口径平面光学元件，其精度要求透过波前优于 $\lambda/4$ ，表面粗糙度RMS优于0.4nm。通过NIF工程的带动，美国在大尺寸光学元件的精密加工单元技术方面完全处于国际领先地位。在加工设备方面，国外对于大口径平面光学元件的精密抛光基本采用环抛加工技术，其环抛加工设备最大达到4.4米。国内以上海光机所为主的上海地区具备大口径高精度光学元件的加工能力，现有口径达2.4米的环抛机多台（见图1），最大加工尺寸的直径可达1米，加工精度为通光口径内透过波前误差PV优于 $\lambda/3$ （ $\lambda=0.6328\mu\text{m}$ ）。本文通过对环抛加工过程中影响加工精度的一些关键因素进行分析，通过实验验证的方式，确定了一些关键的工艺参数，实现了大口径平面光学元件的精密高效加工。

1. 环抛理论

环形抛光加工所依据的理论是Preston方程和转速同步理论。Preston方程是抛光产生的充分条件，依赖于Preston方程的三个参数为：伪常量、相对压力和相对速度，这三个参数决定了抛光过程中的材料去除率，不同的参量变化对去除率的影响不同。一般地抛光去除率随相对压力和相对速度的增

加而增加，而伪常量是除相对压力和相对速度之外的其它因素，如抛光粉颗粒、抛光液的流动特性和化学抛光因素等。转速同步是环形抛光加工的必要条件，在理想接触状态下工件的转速和机床台面的转速同步时，工件各点的线速度一致，使得工件在抛光中产生均匀磨削，获得平整的平面。另外通过调整校正板相对于台面的径向距离调整局部压力使胶盘平整。在相对压力和相对速度满足preston方程的情况下，伪常量成为影响环抛加工精度和效率的关键因素，其包括校正板的材料及厚度，抛光蜡盘的硬度及厚度，抛光粉的粒度，温度等。通过对这些重要参数的工艺实验和探索，找到一套合适的工艺参数，在此参数下，环抛加工变得可控。



图1 国内2.4m环抛机群

2. 关键参数实验及分析

2.1 校正板参数

校正板对抛光中的工件面形的影响是复杂的。在抛光时主要是通过将校正板推进或拉出改变抛光盘的面形以修整工件的面形。校正板的材质，大小及厚度对加工有直接的影响。为

了确定校正板最优化参数,进行了校正板参数控制实验,采用 $\Phi 25\text{mm}$ 小口径平面光学元件和 400mm 口径平面光学元件分别在 1.2m 环抛机、 2.4m 环抛机上研究校正板厚度、校正板材料对平面光学元件加工的面形控制性能、表面粗糙度以及表面疵病等影响。需要考虑的几个问题是:通过调整校正板进出控制面形变化,要求可控性高,面形随调整改变的快,以及在抛光一段时间后面形能稳定;采用同一抛光粉,不同校正板材料对平面光学元件表面粗糙度是否有影响;采用同一抛光粉,不同校正板材料对平面光学元件表面疵病是否有影响。实验结果见表1所示,从实验结果可见,校正板厚度增加,平面加工的面形控制性能可以提高;采用石英材料和花岗岩材料作为校正板面形稳定性都很好,但是花岗岩材料在抛光过程中杂质容易造成光学元件表面出现划痕;目前使用的这几种校正板材料对光学元件的表面粗糙度没有影响。

2.2 抛光蜡板

目前大型环抛机采用沥青为主要成分的抛光盘,即蜡板。在 2.4m 环抛机上进行了抛光蜡板性能实验,对抛光蜡板的性能进行研究,采用了3种不同针入度的抛光胶制成抛光蜡板,并添加不同比例塑料粉,进行环抛实验,实验结果如表2所示。采用2#抛光胶做的蜡板,由于抛光胶太软,在 3m 环抛机上使用1周左右蜡板即软塌变形,面形无法控制;采用3#胶做的蜡板,软硬适中,面形可控制,但是抛光1个月后开槽发生扭曲变形,通过增加塑料粉比例,可以改善蜡板开槽扭曲变形情况;采用4#抛光胶做的蜡板,抛光胶过硬,钹玻璃抛光过程中容易出现划痕和道子。其中2#~4#抛光胶根据针入度值范围表示,针入度值越大,抛光胶越软。

2.3 抛光粉粒度

对平面光学元件超光滑表面抛光的工艺参数进行研究,先对 $\Phi 25\text{mm}$ 小样品采用不同粒径抛光粉、不同性能抛光胶以及抛光垫进行抛光等效实验。再将实验优化参数应用于 2.4m 环抛加工过程中,进行工艺验证和改善,实验结果见表3,表面粗糙度采用ZYGO的NV7200型表面轮廓仪检测。

2.4 环境温度

环境的温度和气流也是在实际加工过程中非常重要的因素,尤其是温度梯度是大口径光学元件加工工艺中一个非常重要的控制参数。环境温度的高低对抛光蜡板会照成直接的影响,温度过高使的抛光蜡板变软,温度过低蜡板变硬,蜡板的

软硬都会对加工效率和加工质量造成直接的影响,因此对与大口徑高精度平面光学元件的加工,环境温度的控制尤其重要,通过对环境温度长时间的监控记录,发现温度稳定在 20 度到 23 度时,环抛加工在可控范围之内,当温度超出此范围,整个加工质量和加工效率变的不可控。除了对环境温度的要求以外,对温度变化梯度也有严格的要求。温度短时间的剧烈波动会对加工造成直接的影响。不管是圆形平面光学元件还是方形平面光学元件都会出现明显的边缘效应,即边缘的塌陷或翘起。对于温度梯度过大造成的边缘效应,主要是由于玻璃本身的膨胀系数较大和玻璃校正盘膨胀系数过大造成,从实际观察中发现,温度梯度变化较大时,膨胀系数较大的玻璃边缘效应更加明显。因此对于大口徑高精度平面加工来说,环境温度的稳定性对加工来说至关重要。

3. 环抛加工结果

采用优化定型工艺对大口徑平面类光学元件进行加工实验,实验包括 $\Phi 550\text{mm}$ 圆形光学元件, $400\text{mm} \times 400\text{mm}$ 方形光学元件及 $500\text{mm} \times 400\text{mm}$ 长方形光学元件。最终面形检测采用ZYGO的 600mm 口径数字干涉仪和ZYGO轮廓仪,得到结果见图2~图5。

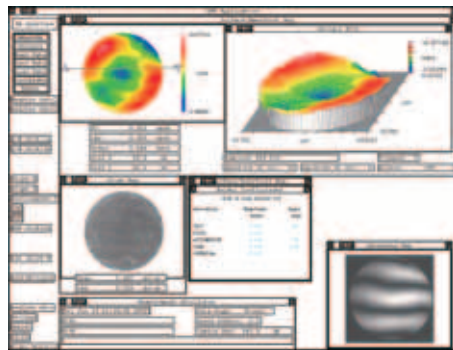


图2 $\Phi 550\text{mm}$ 平面反射镜 $PV=0.153\lambda$

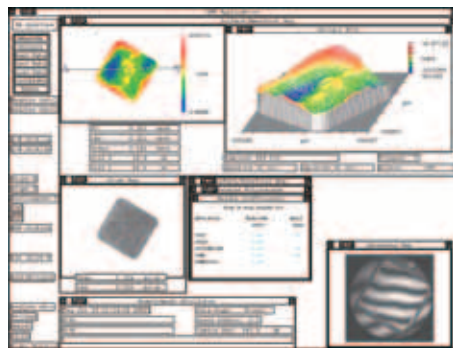


图3 $400\text{mm} \times 400\text{mm}$ 窗口 $PV=0.121\lambda$

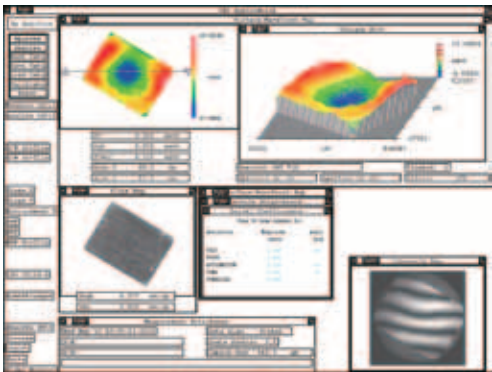


图4 500mm×400mm反射镜PV=0.206λ

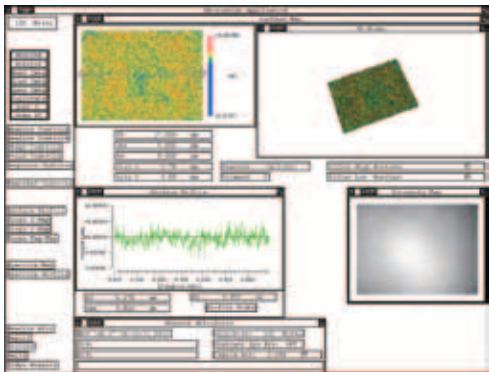


图5 光学元件表面粗糙度 rms=0.835nm

实验结果表明，通过对环抛加工过程中关键参数的控制，利用环抛加工方式可以获得大口径平面光学元件的抛光面形精度和较高的加工效率。

4. 结论

环抛是获得大口径高精度平面光学元件的最主要的方法之一。环抛加工的各个参数对加工的质量有至关重要的影响，通过对加工过程中各个参数的实验，确定了一套完整的参数方案，通过在环抛机上大量的加工验证，证明了其参数的正确性和准确性。

参考文献

[1] Quantang Fan, Jianqiang Zhu, Baoan Zhang, Weixing Shen, Factors of affecting the surface shape and removal rate of workpiece in CMP, Proc. SPIE 6149, 2006

表1 校正板参数变化对光学元件环抛加工的影响

序号	环抛机型	校正板材料	校正板尺寸	面形控制情况	表面粗糙度	表面疵病
1	1.2m	石英	φ580×58mm	可控性差,面形改变慢,稳定性好	0.813nm	无
		石英	φ580×88mm	可控性好,面形改变快,稳定性好	0.854nm	无
		K9	φ580×88mm	可控性好,面形改变快,稳定性差	0.840nm	无
		花岗岩	φ580×58mm	可控性好,面形改变快,稳定性好	0.835nm	偶尔出现划痕
2	2.4m	K9	φ1280×110mm	可控性差,面形改变慢,稳定性差	/	偶尔出现亮路划痕
		K9	φ1280×130mm	可控性好,面形改变快,稳定性差	/	偶尔出现亮路划痕
		花岗岩	φ1280×110mm	可控性好,面形改变快,稳定性好	/	出现亮路划痕次数较多

表2 蜡板性能对光学元件环抛加工的影响

序号	抛光胶牌号	针入度 (mm)	塑料粉比例 (%wt)	面形控制情况	表面疵病
1	2#	0.9~1.1	5	蜡板软榻,面形无法控制	-
			10	蜡板软榻,面形无法控制	-
2	3#	0.6~0.8	5	蜡板软硬适中,长时间抛光后开槽发生变形,面形可控制	偶尔出现划痕
			10	蜡板软硬适中,长时间抛光后开槽变形较少,面形可控制	偶尔出现划痕
3	4#	0.5~0.3	5	蜡板稍硬,表面容易开裂,长时间抛光后开槽变形较少,面形可控制	划痕道子较多
			10	蜡板稍硬,表面容易开裂,长时间抛光后开槽变形较少,面形可控制	划痕道子较多

注:针入度测试条件:环境温度25℃,配重150g,时间60s。

表3 抛光粉性能对光学元件表面粗糙度的影响

序号	抛光粉			抛光模	表面粗糙度	表面疵病
	型号	中位粒径	纯度 (%)			
1	莱冀300目(旧)	2um	70	沥青	1.233nm	无
2	恒益400目	1um	99	沥青	0.840nm	无
3	恒益400目	1um	99	聚氨酯	1.120nm	无
4	恒益PGF110	1.2um	99.9	沥青	0.928nm	无
5	恒益PGF500	0.8um	99.95	沥青	0.710nm	无
6	莱冀400目	1um	90	沥青	0.708nm	易出现划痕

光子晶体光纤 及其在光纤光源中的应用

□ 文 / 王爱民^{1,3} 刘弘度^{1,2}

1. 华拓光研科技(北京)科技有限公司 2. 北京大学现代物理中心光学中心 3. 北京大学信息科学技术学院量子电子所

【摘要】：本文简要介绍了国内光子晶体光纤在各类超连续光纤光源、高平均波长稳定超辐射光纤光源以及超快高能量光纤激光器中的最新发展、应用以及今后的趋势。

简介

作 为具有全新导光机理的新一代光纤，光子晶体光纤自从90年代中期被提出和成功演示以来，一直是人们关注的一个热点。随着加工工艺的提高和趋于成熟，光子晶体光纤已经被广泛的应用在光纤通讯、光纤传感及光纤激光器等几个重要应用领域。虽然目前光子晶体光纤的工作大部分集中在科研层面，但是仍凭借着其奇异的调控的色散、高低可控非线性系数、高双折射及无截止单模等优良的特性，光子晶体光纤在很多领域展现了巨大的应用潜力，尤其是在各类光纤光源中的应用，其中利用光子晶体光纤产生超连续以及高能量超快光纤激光器等应用已经进入商业化生产阶段。本文分别介绍光子晶体光纤在超连续光源、光纤陀螺光源、高能量超快光纤激光器以及光频梳等领域的最新的发展和应用情况。

1、在各类超连续光源中的应用

超连续谱是指强短光脉冲通过非线性介质时，由非线性效应与光纤群速度色散的共同作用而使脉冲频谱展宽的一种现象。利用超连续效应而制作的宽带光源在光学器件特性研究、相干光成像、微观成像、光谱学以及生物、军事光电对抗等领域展示出了巨大的应用潜力。自从20世纪70年代以来，人们一直致力于研究超连续产生机理以及为获得宽带宽、超平坦、高功率的超连续光源而投入了大量的研发资源。初期人们主要是利用晶体或传统的光纤来产生超连续，

由于作用物质的色散条件与非线性性质难以得到很好的匹配，并没有取得实质性突破。到了90年代后期，光子晶体光纤的诞生^[1]掀起了新一轮的超连续研究的热潮。光子晶体光纤继承了光纤的传统优点，并有其独特的性质，包括无截止波长的单模传输性质、大范围可调的色散特性以及高度的非线性，使得它成为产生超连续光谱最理想的介质。

21世纪初，英国Bath大学研究人员率先制造出性能优异的光子晶体光纤，在其推动下，超平坦，超宽带（400nm—2000nm以上）的超连续光谱产生取得重大进展^[2]，参见图1。2005年德国科学家Hänsch教授获得了诺贝尔物理学奖，其中应用到的一个核心技术就是Bath大学研究者们提供的光子晶体光纤超连续光源^[3]。近年来，利用拉锥^[4]以及高占空比^[5]的光子晶体光纤产生纯白（克服蓝紫光成分较弱的问题）的超连续等也得到更深入的研究。在可见光短波长方面，利用几个厘米长的拉锥光纤而产生可见光的超连续已见报道^[6]。在中红外长波方面，人们也把兴趣发展到高非线性的软玻璃材料制作的光子晶体光纤上，比如碲玻璃光子晶体光纤，并把超连续的长波边扩展到中红波段（5微米以上）^[7]，以供生物指纹、天文以及军事等方面的应用需求。与此同时，超连续光源的商业化产品也崭露头角，并在各个领域开始积极推广（比如英国Fianium公司的产品就是利用光子晶体光纤实现超连续光源）。

虽然光子晶体光纤的出现极大的推动了超连续光源的产生以及商用化，但是大功率的可见光波段的超连续一直是一

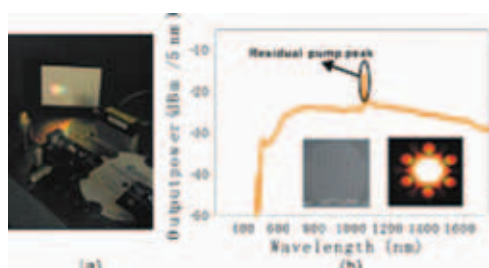


图1 利用光子晶体光纤产生的超连续光源（从400 – 2000nm波长范围）
(a) 实验装置 (b) 超连续光谱图及所用光纤和近场光斑。

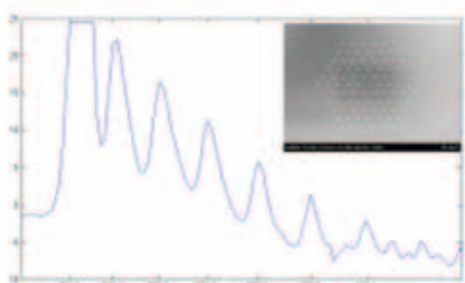


图2. 利用全固光子带隙光纤产生可见光超连续

个难以攻克的难题，目前最高的商用产品为6W，而且主要能量不在可见光），主要是因为色散与泵浦源波长的匹配要求光纤直径将非常细（零色散波长移至可见光，芯径约为1微米），这样更高的功率可能会超出光纤本身的损伤阈值，从而无法实现。然而，大功率的可见光超连续白光源在照明、生物及军事光电对抗方面具有很大的应用前景，也是超连续产生的一个研究和应用方向。我们得到自然科学基金资助，尝试利用全固光子带隙光纤来解决这一难题。全固光子带隙光纤结合了传统光纤以及前两种光子晶体光纤的多重优点，没有空气孔，加工制作非常简单方便，易与传统光纤接续与集成。另外，全固光子晶体光纤能够同时拥有合适的色散曲线与足够大的纤芯直径，从而有可能解决上面提到的多孔光子晶体光纤无法实现短波长区（可见光）的大功率超连续输出这一问题。更进一步，全固光子晶体光纤能够实现多个零色散波长在整个频谱范围内的分布，这样就非常有利于人们选择想要的波长范围，从而有针对性去实现超连续产生。图2展示了我们制作的全固光子带隙光纤以及在可见光波段非线性的产生的初步结果，进一步的结果还在进行中。

光子晶体光学产生超连续的另一个重要应用是在光学频率梳方面。光学频率梳（光梳）^[8]可作为很多高端研究的基础科学仪器，例如原子跃迁频率的精密测量、光钟的频率测

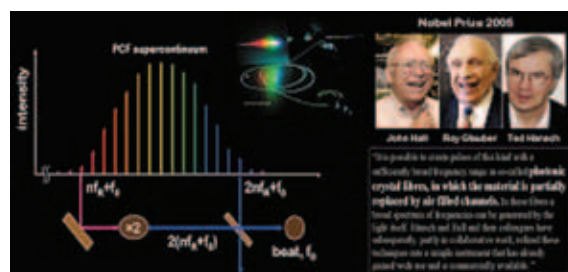


图3 光子晶体光纤的应用解决了光频梳扩频的核心技术问题，为2005年诺贝尔物理学奖作出了贡献。

量、精细结构常数测量、引力波测量、微重力测量、系外行星探测、高精度绝对距离测量、高精度快速傅里叶变换光谱学、光频与射频之间的转换装置、导航定位、时间频率标准传递等。20世纪90年代飞秒激光器的发展以及光子晶体光纤的发明，为光梳的研究带来了契机。国外光梳的研究以Max-Planck研究所和Colorado大学、美国国家标准局NIST的研究最为著名。Max-Planck研究所的T. Hänsch 和Colorado大学的J. Hall因为在光梳方面的杰出贡献而被授予2005年诺贝尔物理学奖。

国内光梳的研究始于2003年，自然科学基金委员会设立了《新一代光学频标物理及技术的基础研究》重大基金项目，集中了科学院物理所、北京大学、武汉数学物理所、华东师范大学等单位开展了钛宝石激光光梳以及以光梳为基础的原子频标的研究。除了基于钛宝石激光器的光梳研究，北京大学研究组也率先在国内开展了基于掺Er和掺Yb光纤光梳的研究。截止到目前为止，我们已经成功利用拉锥的光子晶体光纤，实现了掺Yb光纤激光器输出的飞秒脉冲光的扩谱工作，仅利用几十厘米的拉锥光子晶体光纤就实现了从500–1400nm的宽带扩谱光源，为下一步光钟的锁定奠定了基础。

2、在光纤陀螺光源中的应用

高精度干涉型光纤陀螺光源必须保持非常稳定的平均波长以确保光纤陀螺稳定的标度因数。导航级光纤陀螺甚至要求长时间的标度因数稳定性达到 10^{-6} ^[9]，这对宽谱光源提出了很高的要求。基于掺Er光纤自发辐射效益（ASE）的超辐射光纤光源（SFS）是目前高精度光纤陀螺的首选。但是从已有的研究成果看，超辐射光源要想平均波长变化小于10ppm相当困难。我们通过利用全固光子带隙光纤的作为可调节宽带滤波器的特点，把其集成在掺Er光纤光源中，使其成功补偿了原有

掺Er光纤光源的平均波长随温度的变化,达到在全温(−40到70度)范围内平均波长编号10ppm以内,满足实用的要求。

我们采用双程正向的基本光路结构^[9],参见图3。其中,1550/980nm WDM把980nm的泵浦LD(波长974.2nm,功率60mW)输出光耦合至8m长的Er光纤(fibercore M12光纤,吸收:11dB/974nm),WDM的另外一端接连Faraday旋光镜,用来消除偏振带来的平均波长不稳定。同时,Er光纤直接焊接高隔离度的双极隔离器作为输出。隔离器之后的光纤焊接一端全固光子带隙光纤用于补偿输出光谱随温度的变化。

双程正向掺Er光纤光源,在60mW的泵浦下,Er光纤8m长,其输出功率为14mW。把Er光纤置于高低温箱中进行温度循环,光纤在10℃和70℃时的输出光谱分别为图4(a)中的实线和虚线。此结果也从侧面说明1529nm发射峰更容易受温度影响而发生相对剧烈的变化,而1558nm发射峰几乎不受温度变化的影响。此SFS光源其平均波长热系数呈现抛物线型变化,具体情况如图5所示。



图3 集成全固光子带隙光纤双程正向掺Er超辐射光纤光源

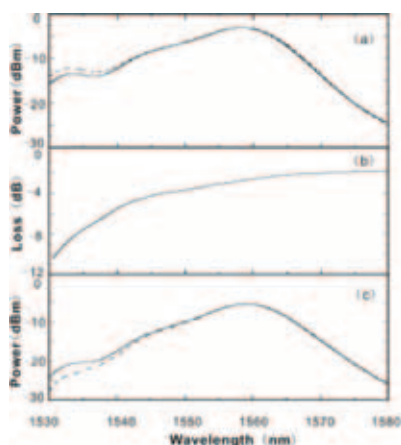


图4 (a) 未补偿的SFS光源输出谱 (10℃: 实线, 70℃ 虚线); (b) 全固光子带隙光纤的插损; (c) 把集成全固光子带隙光纤的SFS光源的全固光纤置于高低温箱中, 测量输出光谱 (10℃: 实线, 70℃ 虚线)。

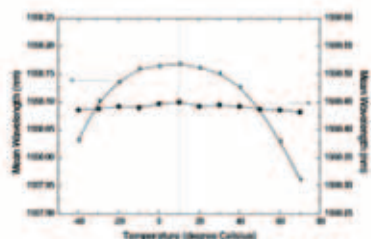


图5 补偿前和补偿后的SFS光源平均波长随温度变化

平均波长温度曲线的中心对称温度约在10℃左右^[17],这种非线性的平均波长变化很难使用通常的光纤光栅加以补偿,比如长周期光纤光栅等。全固光子带隙光纤被用来成功补偿此SFS光源平均波长的变化,此光纤的高折射率棒和高折射率周期分别为3.8 μm和8 μm,芯径为12.3 μm。取4cm长的此种光子带隙光纤,两端分别焊接上两段传统单模光纤(SMF28),通过截断法测出此段光子带隙光纤在1530–1580nm范围内的插损随波长的变化,如图4(b)所示。此波段正对应着全固光子带隙光纤的第一个带隙的短波长边到中心部分,1580nm处的插损经测量为1.85dB,其主要是由光纤两段的焊接损耗引起的。然而在靠近短波边部分,比如在1530nm其插损就已经达到12dB,这是由于带隙导波机制引起的。通过此段全固光子带隙光纤,掺Er超辐射光纤光源的1529nm发射峰被大大的抑制了,而1558nm发射峰几乎没有影响(见图4(c)),这样就能够降低更易受温度变化影响的1529nm发射峰对最终SFS光源平均波长温度效应的影响。

此全固光子带隙光纤被固定在一个特殊设计的热双金属片上。此双金属片在10℃的情况下,能够保持平直。我们仅把固定于双金属片上的全固光子带隙光纤置于高低温箱中,测量集成光子带隙光纤的SFS光源输出谱的情况,如图4(c),图中显示的全固光纤在温度高于10℃以后,会发生弯折,引起其输出谱短波边的损耗增加,此时宽带光源本身的平均波长减小,而双金属片弯曲能够弯折光子带隙光纤从而增加其通光带在短波边的损耗,相当于增大通光谱的平均波长,起到补偿的作用;当温度降低的时候,宽带光源本身的平均波长也减小,这时双金属片也会弯曲同样能够弯折光子带隙光纤从而增加其通光带在短波边的损耗,起到平均波长的补偿作用。最后平均波长在全温(−40到70度)能够被控制在10ppm以内,达到光纤陀螺的使用要求。

3、在高功率超快光纤激光器中的应用

超短脉冲激光技术从上世纪80年代开始,经历染料飞秒激光和固体飞秒激光的发展,开辟了飞秒激光的应用时代。但其昂贵的成本,庞大的结构,复杂的操作严重阻碍了飞秒激光的应用。所以,探索新机理,突破现有飞秒激光局限,研制新一代飞秒激光成为世界范围内热门研究课题。

随着光子晶体光纤的问世，新一代飞秒激光研究于2000年后蓬勃发展起来，光子晶体光纤在超快激光领域展现了一系列的优势：

第一、光子晶体光纤激光可以由LD 直接泵浦实现，转换效率从固体飞秒激光的1%提高到50%~80%，使成本、体积和重量大大降低；

第二、飞秒激光器所需要的增益、色散补偿和非线性三大功能可在一根光子晶体光纤中完成，实现飞秒激光器由众多分离元件向一根光纤集成；

第三、光子晶体光纤飞秒激光系统的光束完全被封闭在纤芯中，大大减小了周围环境的影响，便于野外及工业界使用；

第四、光子晶体光纤散热极好，可以做成高功率器件，目前光子晶体光纤CW 激光输出高达2500W，光子晶体光纤飞秒激光放大系统的平均功率已达131W，比钛宝石飞秒激光放大系统的1~5W 平均输出功率高出2 个数量级；

第五、双包层大纤芯光子晶体光纤在高功率情况下的单模运转和高的光束质量 ($M^2 < 1.1$) 是普通双包层大功率光纤激光器所无法比拟的。

目前利用光子晶体光纤研制的振荡级和放大级所用增益光纤都是掺Yb3+大模场面积双包层光子晶体光纤^[10, 11]，所用光子晶体光纤的端面图如图6所示。最外层环绕着“空气包层”作为外包层，相邻空气孔之间支撑臂很薄，为百纳米量级，使内包层获得高达0.6 左右的数值孔径，提高了泵浦光的耦合效率。增益光纤具有10 dB/m 左右的泵浦光吸收系数。内包层直径为200 μm ，分布着六角型周期性排布的空气孔。空气孔直径为0.9 μm 左右，孔间距为9 μm 左右，空气填充率为10%。空气孔中心区域为激光传输纤芯，纤芯直径为29 μm ，对应660 μm^2 的模场面积，数值孔径为0.03。通过在光纤内包层中引入应力双折射材料构成保偏结构。



图6 掺Yb3+单偏振大模场面积双包层光子晶体光纤端面图

光子晶体光纤飞秒激光系统的结构如图7所示。系统由振荡级、放大级和压缩器组成，采用非线性放大技术，系统省去展宽器，并且增益介采用相同的结构的光子晶体光纤，更加紧凑。国内天津大学的研究结果显示：在37W 泵浦下，最高输出28W；直接输出脉冲宽度2ps，压缩后110fs，最窄压缩至39fs。在加入声光调制器降低振荡级的重复频率到1 MHz，在放大系统抽运功率为18.3 W 时，输出脉冲的平均功率为4.4 W，再压缩得到最短脉冲宽度124 fs、单脉冲能量1.56 μJ 、对应峰值功率12.6 MW的输出。

光子晶体光纤飞秒激光技术的发展以其低廉的成本，能抗击外部环境影响的封闭式结构，无需繁琐调试的集成化以及高功率高光束质量等突出优势决定了其工作的稳定性、可靠性、简约性和普及性，从而将开创一个飞秒激光应用普及的新时代，在众多的基础学科、高新技术、国防应用以及重大科学工程中发挥其不可替代的重要作用。

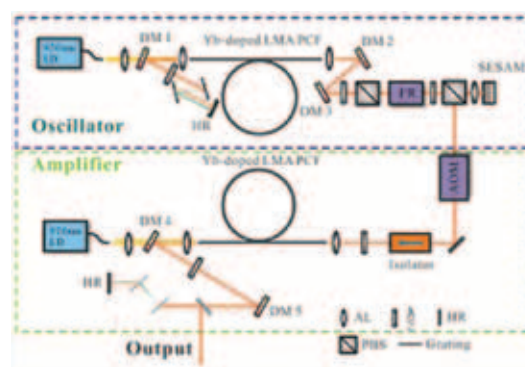


图7 光子晶体光纤飞秒激光器谐振和放大部分光路

总结

本文通过论述光子晶体光纤在超连续光纤光源、高平均波长稳定超辐射光纤光源、超快高能量光纤激光器以及光纤频率梳中的应用，展现了光子晶体光纤多变的奇异光学特性，以及其这种特性与不同的实际应用良好的结合。

致谢

感谢北京大学张志刚教授,国防科技大学侯静副教授,天津大学胡名列副教授、栗岩锋副教授对作者工作的支持,以及感谢国家自然科学基金青年基金的资助(基金号60907040)。

脉冲光源在工业民用领域的应用

□ 文 / 深圳市蓝谱里克科技有限公司 秦瑞军

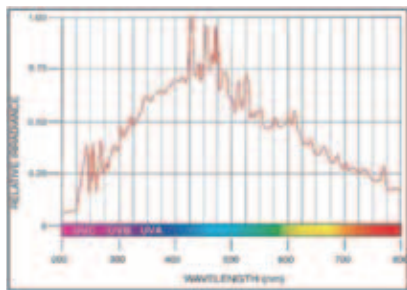
一、绪论

随着经济社会的不断发展,工业生产和人们生活水平的日益提高,更加“环保”“节能”“高效”“安全”的生产、生活方式越来越受到人们的推崇。紫外辐照固化领域亦如此,传统的高压汞灯在使用中“高能耗”“高热量”“高污染”的弊端日益显露,寻找一种更节能、高效的方法显得至关重要!低温脉冲光源作为辐照固化领域中的新技术,其应用优势及应用前景愈加明显!

二、脉冲光源技术、原理及优势

1、脉冲光源定义

脉冲光源是一种以脉冲放电方式激发惰性气体“氙”气输出脉冲光的气体放电灯。脉冲强光技术是一种利用瞬间放电以脉冲形式激发强烈的



脉冲光源200-800nm波段光谱图

白光,瞬时产生高强度的脉冲光能量。其光谱分布近似太阳光,光谱范围在200-1100nm,其中紫外波段尤为丰富,其余波段起到辅助、加强作用。该技术为工业产品表面固化提供了一种更加高效、节能的方法。

脉冲强光技术出现在80年代,发展至今已成为一项强大的工业技术,该技术可应用在光固化、水处理、食品加工、农副产品保鲜等众多领域,特别是在光固化领域固化效果优于传统紫外线固化。

2、脉冲强光的原理

脉冲强光光源基本结构是由两部分组成:一是动力模块;另一个发光模块(含惰性气体的灯管)。动力模块是向发光模块提供高电压高电流脉冲的部件,为脉冲灯管提供所需的能量;惰性气体灯在高电压高电流脉冲的基础上,发出由紫外线至近红外线区域的光线,紫外线波段尤为丰富,其光谱与太阳光光谱十分相近,但强度要超出数千倍至数万倍。

脉冲强光的产生需要两部分装置完成,其一是具有功率放大作用的能量贮存器,它能够在相对较长的时间内(几分之一秒)积蓄能量,而后在短时间内(微秒或毫秒级)将该能量释放出来做功,这样在每一工作循环内就会产生相当高的功率,从而起到功率放大的作用;其二是光电转换系统,它将产生的脉冲能量贮存在惰性气体灯中,由电离作用即可产生高强度的瞬时脉冲强光。

3、紫外脉冲强光固化技术的优势

3.1 即开即用,可控性高

脉冲光源即时打开就可以用,无需预热,避免了不必要的时间浪费。在产品的固化过程中光源的工作参数包括:固化时间、脉冲强度、脉冲频率、脉冲宽度、光谱的分布均可按生产要求设置。

3.2 渗透性强,有助于深层固化

由于脉冲强光具有极高的峰值能量,很短时间可以内释放出大量的能量,其穿透性极强,对于UV粘胶剂、涂层深层固化一步到位。

3.3 发光强度高，固化速度快

脉冲强光以脉冲形式输出能量，其光电能转换率高达45%~50%，其中紫外线的能量占38%左右，高强度的紫外输出使固化过程更快。

3.4 光谱丰富，固化效果更优

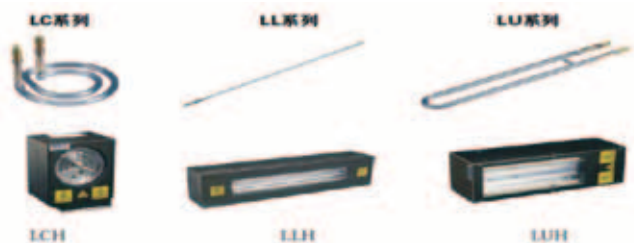
脉冲光源带宽丰富，对于当前油墨、涂层光引发剂波长不一的状况，多波齐下固化效果更优。

3.5 脉冲工作、低温照射

脉冲强光脉冲次数和脉冲时间可调，由于作用时间很短，热量来不及堆积，再加上脉冲强光不需要像汞灯有足够高的温度对汞进行汽化，属于低温瞬间照射，消除了温度升高对产品品质的影响。

3.6 适配性高，满足个性化生产

客户可根据需要选择不同形状和规格的脉冲光源，目前常用的有如下几种供参考：



3.7 节能环保，安全性高

采用脉冲方式，即开即关，比连续汞灯发光方式节电40-60%；脉冲光源灯管不含汞，不含高压气体，使用更安全。高效、节能、环保的同时就是为企业节约了成本，提高了效益。

脉冲光源和汞灯优劣势比较

脉冲紫外光源	高压汞灯光源
不含汞、不含高压,更安全	含重金属汞、含高压气体,有污染
无需预热、即开即关、可控性高、节能	需要预热、浪费能源、工作方式单一
光输出强度大,固化速度更快	光输出较弱,固化较慢
光效能高,脉冲时间短,发热很小	电光转化低,热量产生多

紫外脉冲光源应用领域

1. 产品凝胶固化（光学、激光、光通讯、医疗产品、通讯器材等的黏胶固化）
2. UV油墨、UV涂料涂层固化
3. 家具产品表面固化（真空镀膜、滚涂）
4. CD、DVD表面处理（光碟固化漆、DVD粘接、蓝光光盘面漆固化）
5. 半导体制造行业（圆晶制造、去除胶带）
6. 模拟太阳光（科研用太阳光模拟器、太阳能电池老化实验）
7. 食品及蔬菜保鲜
8. 污水处理

四、紫外脉冲技术的发展趋势及应用前景

目前全球辐照固化产业化进度参差不齐，国内企业在生产过程中所用的传统型固化设备较多，企业追求生产效率、生产效益和落后的生产设备之间的矛盾日益突出，在全球气候变暖，节能、减排、创新、增效的大环境下，更加高效、环保的生产设备、生产技术必将受到企业的青睐。

而脉冲紫外固化技术作为一种新型的冷光源固化技术，将给传统制造业提供一种高效、便捷的加工方法，加快辐射固化产业化进程。同时在汽车车身和零部件涂装、飞机机身喷漆、建筑装饰等领域也有很大的应用空间。

脉冲紫外固化技术作为一种更先进的辐照固化技术，以其“高效”“节能”“低温”“安全”的技术优势，在工业和民用领域的应用有重大意义和广阔空间。

五、关于蓝谱里克

深圳市蓝谱里克科技有限公司致力于节能、环保、高效的特种光源的开发和生产，在LED-UV、脉冲紫外线光源领域取得国内绝对的领先地位，提供全行业的紫外线照射应用方案，引领国内辐照固化行业的绿色方向，为中国的节能减排、倡导低碳节约的生产方式做出巨大贡献。 

超声波清洗在 光学镀膜工序中的重要作用

□ 文 / 深圳市诺赛德精密科技有限公司 俞广志



厂房外景

在光学冷加工中, 镜片的清洗主要是指镜片抛光后残余抛光液、黏结剂、保护性材料的清洗; 镜片磨边后磨边油、玻璃粉的清洗; 镜片镀膜前手指印、口水圈以及各种附着物的清洗。传统的清洗方法是利用擦拭材料(纱布、无尘纸)配合化学试剂(汽油、乙醇、丙酮、乙醚)采取浸泡、擦拭等手段进行手工清擦。这种方法费时费力, 清洁度差, 显然不适应现代规模化的光学冷加工行业。这迫使人们寻找一种机械化的清洗手段来代替。于是超声波清洗技术逐步进入光学冷加工行业并大

显身手, 进一步推动了光学冷加工业的发展。

超声波清洗技术的基本原理, 大致可以认为是利用超声波换能器产生的巨大作用力, 在洗涤介质的配合下, 促使物质发生一系列物理、化学变化以达到清洗目的的方法。当高于音波(28~40KHz)的高频振动传给清洗介质后, 液体介质在高频振动下产生近乎真空的空腔泡, 空腔泡在相互间的碰撞、合并、消亡的过程中, 可使液体局部瞬间产生几千大气压的压强, 如此大的压强使得周围的物质发生一系列物理、

化学变化。这种作用称为“空化作用”：

(1) 空化作用可使物质分子的化学键断裂，引起各种物理变化（溶解、吸附、乳化、分散）和化学变化（氧化、还原、分解、化合）等；

(2) 当空腔泡的固有频率和超声频率相等时，可产生共振，共振的空腔泡内聚集了大量的热能，这种热能足以使周围物质化学键断裂而引起物理、化学变化。

(3) 当空腔泡形成时，两泡壁间因产生极大的电位差而引起放电，致使腔内气泡活化进而引起周围物质的活化，从而使物质发生物理、化学变化。

超声波场为清洗提供了巨大的能量，但还需化学洗剂作为介质。一般将化学洗剂分为两类，一类是有机溶剂，主要是根据相似相溶的化学原理，对有机物如：黏结剂（沥青、松香等）、保护性材料（沥青、树脂等）、磨边润滑油进行溶解。在光学洗净中，最初用三氯乙烯、芳香烃、氟里昂等作为清洗剂，这类物质虽然溶解性强，但有的易挥发，毒性大，有的对大气臭氧层有破坏作用，被逐步禁用。现国内多采用一些上述物质的改进产品或某些碳氢化合物做溶剂。

目前使用较多的另一类清洗剂是以表面活性剂为主要成分的水基清洗剂，其清洗原理简单地说是由于表面活性剂的分子结构中同时含有亲油基的亲水基，具有极性和结构不对称的特点。正是这种特点使得它能极大降低水溶液的表面张力，使物体表面易于润湿，表面污物易于被溶解，分散在清洗液中而达到洗涤的目的。超声波清洗就是在液体清洗介质中，利用超声场产生的巨大能量，通过物理、化学的综合作用而达到洗净目的的一种洗净手段。

那么，在光学冷加工中，超声波清洗是如何实现洗净目的的呢？一般来说，清洗工艺主要以干燥的方式命名，如IPA工艺，是指利用IPA（异丙醇）蒸汽进行脱水干燥的清洗工艺，纯水工艺是指利用热纯水慢提拉或冷纯水甩干的方式进行干燥的清洗工艺。当然，还有其他的命名方式。经过不断的变化、发展，光学冷加工中的清洗工艺主要以IPA工艺和纯水工艺为主。

IPA工艺包括四个流程：洗涤、漂洗、脱水、干燥。

(1) 因为洗涤过程分溶剂清洗和水基清洗，所以有不同的工艺：有先进行溶剂清洗、溶剂蒸汽干燥再进行水基清洗；也有先进行溶剂清洗，再用乳化剂溶解溶剂，再进行水基清洗的。显然，后者在流程上更流畅、紧凑，对设备要求也简单。经过洗涤后的镜片表面不会有结合牢固的污垢，仅可能有一些清洗剂和松散污垢的混合物。

我们知道，无机光学玻璃是一种过冷的熔融态物质，没有固定的分子结构，它的结构式可描述为二氧化硅和某些金属氧化物形成的网状结构。其骨架结构为键能很大的硅氧共价键，外围是键能小、易断裂的氧与金属离子形成的离子键。在洗涤时，由于超声场和化学洗剂的共同作用，某些硅氧键含量少或者外围键能特别小的材料易于在清洗过程中发生变化而导致洗涤效果不良。所以，选择性能温和的洗剂、合适的洗剂浓度、温度、超声功率、洗涤时间对保证镜片的清洗质量十分重要。

(2) 利用流水将洗涤后镜片表面的洗剂和污物溶解、排除的过程称为漂洗。影响漂洗效果的因素有以下几个：洗剂的漂清性能，漂洗水的纯度、温度以及流动性、超声波频率等。一般在40KHz时，在常温下，电导率为 $0.1\mu\text{s/m}$ 的纯水可以保证漂洗的要求。

(3) 经过漂洗后的镜片表面的洁净度应和漂洗水洁净度一致。当它进入IPA后，虽然IPA能和纯水进行无限度的相混溶，但在超声波的作用下，这种混溶能进行得更快速、彻底，从而使得镜片表面的状态和混溶后IPA相同。这一过程称为脱水。所以影响脱水的主要因素是IPA的纯度、超声波频率、脱水时间。一般IPA的最低浓度要高于97%。

(4) 脱水后的镜片进入IPA蒸汽槽干燥。蒸汽槽的结构大体如右图所示。

槽体下部为IPA液体，四周是高沸点油加热腔，上部是由若干圈冷凝管围绕成的冷凝区，冷凝管内是由冷水机提供的循环冷水，镜片由链条驱动的托架带动在干燥槽内运行。干燥的原理及过程如下：蒸汽槽IPA在高温油的加热下沸腾，蒸汽向上进入冷凝区，在冷凝区形成浓度、温度相对稳定的蒸汽区，脱水后表面附有液体IPA的镜片进入蒸汽区时，蒸汽



IPA干燥槽体外观



IPA干燥槽体内部

区的蒸汽在低温的镜片表面冷凝液化，冲刷镜片表面，如同"淋浴"，当镜片表面温度和蒸汽温度相同时，已不再附有液态IPA，而全转化为IPA。此时，镜片在托架的带动下上升回到冷凝区，在这一过程中，由于温度的渐低，镜片表面IPA蒸汽冷凝液化，液化的IPA一部分在表面张力和重力的作用下离开镜片，一部分在夹具散热时挥发离开镜片表面，经以上过程后，镜片表面得到干燥。由此可见，影响干燥的因素很多：IPA的纯度、干燥位置、链条的提升速度、冷水机的水温、冷凝行程的长短、干燥时间、夹具材料、形状的选用等等。

以上是IPA工艺的四个流程简介，纯水工艺由三个流程组成：洗涤、漂洗、干燥。洗涤和漂洗与IPA工艺相同，不再重复。区别在于干燥。干燥分两种情况，热纯水慢提拉和冷纯水甩干。

(1) .电阻率大于 $15\text{M}\Omega \cdot \text{M}$ 纯水在某一高温下，表面张力能达到最大，漂洗后的镜片浸入其中，表面不被润湿，在倾斜慢提拉离开时，由于极大的表面张力。纯水迅速在表面收缩成球形离开镜片，脱水后的镜片在过滤的热风下而达到干燥。所以，水的纯度、温度、慢提拉速度、工件的倾斜度、热风的洁净度对干燥的影响非常大。

(2) .冷纯水甩干的工艺很简单：经过纯水漂洗后的镜片放入离心甩干机中，在工件取得平衡时，启动甩干机，利用离心分离的原理将镜片表面的纯水分离达到干燥，对要求不高的镜片能取得满意效果，且能节省IPA和场地。但对甩干机的平衡性能要求很高。

能够真正实现工艺的载体是设备，一台设计合理、性能稳定的超声波清洗机能充分发挥超声波清洗工艺的特长。深圳市诺赛德精密科技有限公司是专业从事超声波清洗设备、精密清洗设备、太阳能光伏设备、电镀设备、纯水设备等上下游产业链的研发、制造、营销及服务于一体的大型制造企业，长期以来致力于全球低碳环保事业，凭借领先的技术开发平台、丰富的设备工艺经验及强大的设备制造能力，为各行业客户提供最适合的工艺解决方案、设备及服务，并致力于推动清洗设备自动化、智能化领域的不断发展。详情请可登陆该公司网站<http://www.nsdnewstar.com>了解更多信息。■

华嘉（香港）有限公司

MOORE Nanotech超高精度金刚石加工机床

机床可用于各种精密光学零件、材料和各种玻璃以及矿物材料的加工。可进行非球面、环形圆纹曲面、菱形面和衍射镜面等冷加工。

- 1、机床具有2, 3, 4轴功能, 可完成非常复杂的精密光学曲面加工, 工作行程: X=200毫米, Z=200毫米;
- 2、激光全息线性光栅尺, 全闭环控制, 反馈分辨率0.034纳米;
- 3、Delta Tau移位控制系统, 触摸式彩色平面显示器及远程监测软件。可透过Modem在任何地方进行远程诊断;
- 4、天然花岗岩床身, 良好的吸震性和极低的热变形, 不锈钢防护罩;
- 5、全封闭式静压一体式矩形导轨, 高刚性;
- 6、精密线性电机驱动, 快速往返速度, 提高表面质量和低维护成本;
- 7、10000转/分高刚性主轴。



地址: 北京朝阳区光华路7号汉威大厦西区26层
 邮政编码: 100004
 电话: 010-65613988
 Email: tech.cn@dksh.com

科密特科技（深圳）有限公司



KEMET 15" 平面研磨机



XJ36精密抛光机

科密特（KEMET）拥有65年的平面研磨抛光技术, 工艺不断更新并且得到客户的一致支持. 我们可以为客户提供全套的平面研磨制成技术知识. 并且配合我们研发的各种各样金刚石研磨材料一起使用（如钻石岩浆/钻石液/钻石悬浮液/钻石膏和钻石混合物）以及传统的研磨粉和研磨膏（如碳化硅/氧化铝粉）. 同时, 我们也为客户提供各种不同的研磨盘, 平面测量仪和抛光布, 除此之外, 我们的实验室还可以为客户提供样品测试和演示研磨抛光技术, 以此为客户提供和推荐最经济实用的平面研磨抛光机器和耗材、技术等等。



地址: 深圳市宝安区龙华大浪街道鹏腾达工业园五栋一楼东
 电话: 0755-26528455
 传真: 0755-26528477
 网址: www.kemet-china.cn
 电子邮箱: sasa@kemet-china.cn

深圳市蓝谱里克科技有限公司

一、大功率UV-LED光源产品：

产品：

- 1、波长可以选择（365nm、395nm、405nm）
- 2、多波段光源波长可以任意选择
- 3、光源规格：“点”“线”“面”可选

特性：

- 1、LED冷光源，无热辐射
- 2、大功率LED发光强度更高，3W、8W、10W、40W可选
- 3、使用寿命长，维护更经济
- 4、节能、环保、高效

应用：

- 1、光学、光电子、医疗产品固化粘接
- 2、UV喷墨、印刷、涂装
- 3、美容、医疗、科研、刑侦用多波段光源
- 4、视觉、防伪、无损检测分析
- 5、空气、污水净化



二、强脉冲光源：

脉冲光源规格：

控制电源：长*宽*高=420*400*210（mm）

直管灯箱：长*宽*高=933*143*143（mm），出光面积：630*112（mm）

U管灯箱：长*宽*高=633*146*198（mm），出光面积：420*80（mm）

螺旋管灯箱：长*宽*高=402*230*200（mm），出光面积：直径150毫米的圆面积

特性：

- 1、不含汞的发光技术
- 2、脉冲发光、节能40-60%
- 3、光输出强度大，瞬间固化
- 4、即开即关，无需预热

应用：

- 1、光盘表面固化
- 2、家具、外壳、油墨固化
- 3、污水处理
- 4、模拟太阳光



地址：深圳市福田区竹子林金民大厦2004-2005室

电话：0755-82871176 82871179

传真：0755-82871175

网址：www.szlamplic.com

邮箱：liriver@163.com

苏州天魁电子科技有限公司

我公司是一家年轻，充满活力和创新精神的民营科技企业，位于苏州高新区狮山工业园内。我们拥有从瑞士，日本引进的高精密加工设备，德国进口的检测设备和完善的管理体系。公司主要专业生产加工多线切割机的各种附件，易损件；以及各种规格材料的研磨，抛光用载具（游星轮）。我们的产品。技术和工艺广泛的应用于：光伏产业，半导体工业，光学冷加工，蓝宝石，压电晶体等领域。在这几大领域中，产品的生产加工过程都离不开切割，研磨和抛光等精密加工。而我们的产品就是为这些加工过程提供专业配套。

我们有非常专业的技术，经验丰富的员工队伍，熟知切割，研磨，抛光技术及加工过程中的要求；可以针对您的特殊产品要求进行加工设计，提供最佳的切割，研磨，抛光平面加工技术的配套解决方案。

公司一直将“以人为本，以诚信为基础，开创互赢互利的局面，成为一个具有强烈社会责任心的企业”作为经营理念。期待您的惠顾，垂询！

专业提供研磨、抛光平面加工的配套产品

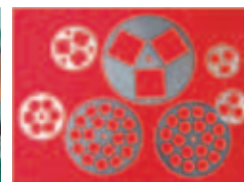
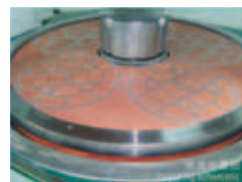
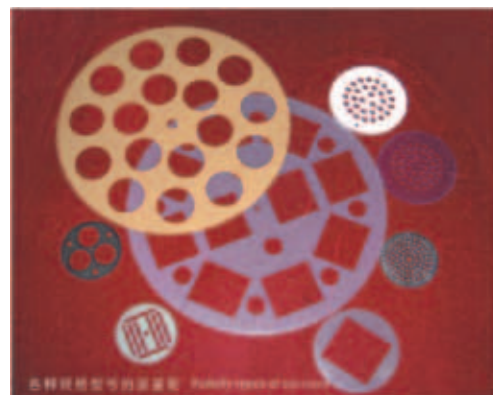


地址：苏州市高新区珠江路855号狮山工业廊5幢

电话：0086-512-66620198 66620398

传真：0086-512-66620298

邮箱：tk@sz-tk.com



无锡市锡斌光电设备有限公司

CW22A平面精密环抛机

本机床属高精度光学、电子、陶瓷、硅片、机械另件等平面脆性元件的大型研磨抛光设备。

机床校正盘采用本公司专利（200920233883.5）减荷装置。

工件环有两大一小共三个工位，大工件环上有本公司专利（20092033881.6）独立主动轮旋转机构，经变频调速各自控制。更多资讯，欢迎致电！

本公司已参加第13届深圳光博会，展位号：9号馆9631 9632，届时欢迎莅临本公司展位。



地址：江苏省无锡市新区坊前新风路15号
电话：0510-85072226
传真：0510-85072276
网址：<http://www.xboecn.com>
邮箱：xboe@xboecn.com

湖南宇晶机器实业有限公司

YJ2M (P) 13B-6L-A视窗专用研磨/抛光机

产品用途：

本机主要适用于手机视窗、硅片、石英晶片、光学晶体、光学玻璃、铌酸锂、砷化钾、陶瓷片等薄脆金属或非金属的研磨或抛光。

产品优点：

- 1、采用交流变频电机驱动，软启动、软停止，平稳可靠。
- 2、油压升降齿圈、非常平稳，太阳轮下有垫片可调整位置，有效利用了齿圈和太阳轮。
- 3、上盘单独设置了缓降气缸，不但有效防止了薄脆工件的破碎，而且还可独立进行压力控制。
- 4、通过使用电子预置计数器，研磨的圈数、要求可准确控制。
- 5、可以采用修盘方式修整研磨盘。
- 6、可与ALC（频率监控仪）连接。



地址：湖南省益阳市长春工业园马良北路341号
邮编：413001
电话：0737-3802333 4329956 3802555 3802666
传真：0737-4322165
网址：www.yj-cn.com
邮箱：zgq@yj-cn.com



苏州舜新仪器有限公司

激光多普勒测振仪

LV-S01激光多普勒测振仪是由新加坡Sunny Instruments Singapore (简称SIS) 公司, 独立研发的一款非接触式物体振动特性精密测量仪器。它采用先进的激光动态干涉技术, 通过非接触式测量, 对各种物体的振动、速度及位移等进行精确测量。LV-S01由激光干涉仪及振动控制系统组成, 并可与通用显微镜系统相匹配, 实现微小物体的显微测试, 也可与望远镜系统相匹配, 实现大型物体的远距离测试。

来自SIS的先进动态特性测量系统, 是包括: 光学系统、数据采集、信号处理及分析软件在内的一整套完善的解决方案。其所配备的振动分析软件, 能够清楚的显示振动的速度、位移和加速度, 并具有先进的FFT振动分析模块。

目前, LV-S01已经广泛应用于机床加工动态检测; 生命科学研究; 电机、变速器、车身、制动轴承等工业自动化系统的动态监测; 硬盘、CD等的动态检测; 桥梁建筑等的振动检测等领域。



SIS中国分公司: 苏州舜新仪器有限公司
地址: 江苏省苏州市吴中科技园研发A楼 A537/539室 邮编: 215104
Tel: +86-512-6921 9866
Fax: +86-512-6921 9805
Website: www.sunnyinstruments.com.sg
联系人: 乔善锴
手机: 13862021097

兰州瑞德实业集团有限公司

X61 1118S1M-7PW型研磨机

本机主要用于视窗玻璃、硅片、砷化钾片、陶瓷片、石英晶体、玻璃及其它硬脆材料的双面抛光/研磨。本机从设备的结构、精度、功能、可靠性、工艺性等方面进行优化设计, 性能优良, 完全能满足用户的使用要求。

X07 250 × 400-1D型全自动多线切割机

该设备主要适用于半导体材料如硅片、砷化镓、磷化铟及陶瓷、玻璃、水晶、宝石等硬脆材料的高速高精度多片切割加工; 该设备收放线系统简捷可靠, 张力控制先进, 主轴线辊两端采用球面顶紧结构设计, 四导柱高刚度工作台结构; 采用贝加莱PCC控制系统, 共配有7套伺服驱动系统, 各伺服系统通过100M工业以太网POWERLINK总线进行实时的通讯, 以200us的同步周期进行数据同步; 变频器通过CAN总线与PCC进行通讯, 进行频率的设定和起停等的控制, 上位显示: 10.4寸彩色触摸屏, 设备操作简单, 保养方便。

X07 250 × 520-2D型多线切割机

该设备主要适用于半导体材料如4" ~ 8" 硅片及其它硬脆材料的高速高精度多片切割加工



地址: 甘肃省兰州市东岗西路705号 邮编: 730000
电话: (0931) 4978829 (0931) 8687857
传真: (0931) 4978859 (0931) 8687997
北京区域公司: (010) 68010874 上海区域公司: (021) 65087672
西安区域公司: (029) 82242520 深圳区域公司: (0755) 83102416

福州华友光电仪器有限公司

产品名称：透镜综合测量仪

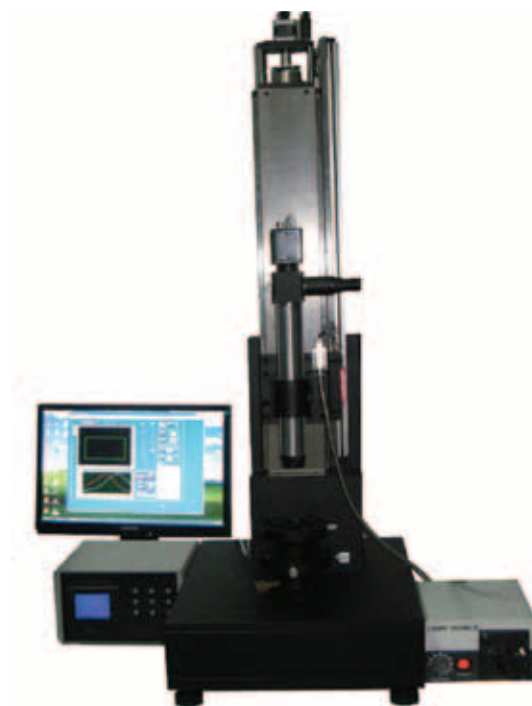
福州华友光仪的透镜/球面综合指标测量仪，以非接触无损伤的测量方式来实现对透镜（或透镜组）的曲率半径，焦距和偏心的精确测量。精心设计的专门软件使实际测量快速简单化，数据采集自动化并能计算结果。测量的重复精度高，对具体操作人员的技能要求低。可用于透镜加工中的加工指标的控制和出货检测，透镜装配的单透镜的功能指标的进料检测和装配精度的精确监控。LensMT 系列依据测量范围的不同分为LensMT-500, LensMT-400, LensMT-300三款,广泛适用于透镜生产厂家，透镜使用厂家的精密测量仪器。

主要功能：

曲率半径测量；有效焦距测量；前后焦距测量；中心偏差测量；角度对比测量



地址：福州市前屿东路77号 邮编：350014
电话：0591-38126079
传真：0591-63313955
邮箱：Sales@HYoptest.com
网址：Http://www.HYoptest.com

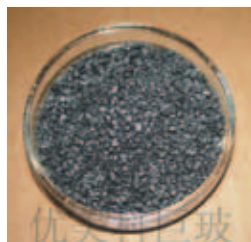


北京优美科巨玻薄膜产品有限公司

ITO（氧化铟锡）



Ta₂O₅（五氧化二钽）



Ti₃O₅（五氧化三钛）



IRF625



IRF900



Everclean



地址：北京市通州区中关村科技园通州园光机电一体化产业基地兴光4街5号
电话：010-81508360
网址：www.thinfilmpproducts.umicore.com www.jubocn.com

沈阳汇博光学技术有限公司

生化滤光片产品主要特点：

进口全自动镀膜机生产
大功率RF离子源辅助镀膜（IAD）
无波长漂移，膜层在水中煮15小时波长无变化
超级防潮、抗霉变；膜层在水中连续浸泡3000小时无变质
波长定位精确，光谱信噪比高
按国际标准规模化生产，质量稳定可靠
多达近百种规格，适合国内外各型仪器
性价比高，供货能力强大，及时快捷

生化滤光片典型波长：

340,380,405,450,492,510,546,578,620,630,690,700,750nm



沈阳汇博光学技术有限公司
沈阳仪表科学研究所
地址：沈阳市大东区北海街242号
电话：+86-24-8871 0538
传真：+86-24-8872 2312
E-mail: sale@hb-optical.com
网址：www.hb-optical.com



香港真明丽集团

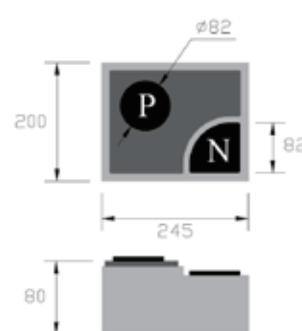
蓝光芯片产品（规格：NNBC80CC-###）

产品特点：

- 户内外应用
- 高亮度、长寿命
- 百分之百测试分选
- 波长和光强良好的一致性

物理参数：

芯片尺寸	200±25 μm * 245±25 μm (8*10mil)
芯片厚度	80±10 μm
焊盘尺寸	82±10 μm
P 电极	金
N 电极	金



光电参数（25℃）：

性能参数	符号	测试条件	最小值	最大值	单位
正向电压	VF	IF=20mA	2.9	3.8	V
反向电流	IR	VR= 5V	0	1	μA
主波长	λd	IF=20mA	450	470	nm
发光强度	IV	IF=20mA	50	70	mcd
			70	90	
			90	110	
反向电压	VR	IR=10 μA	10		V
半波宽度	Δλ	IF=20mA		25	nm
最大电流	IMAX	DC		10	ma



香港真明丽集团
(股票代码：香港01868.HK/台湾911868.TW)

鹤山市银雨照明有限公司

中文网址：http://www.neo-semi.com http://pro.neo-neon.com/

英文网址：http://www.neo-neon.com

电话：(86)750-8300941 8318872

其它说明：

- 芯片封装工艺的温度不得超过270℃，持续时间小于10 秒。
- 该产品属于静电敏感元件，产品传输和封装过程中应有静电保护措施。
- 亮度值是基于真明丽晶片厂裸芯测试台。
- 可根据客户要求定做特殊规格的芯片。